

Marcin Warnecki

Institut Nafty i Gazu, Oddział Krosno

Rozpuszczalność CO₂ i rodzimych gazów ziemnych w solance złożowej

Wstęp

Na początku lat dziewięćdziesiątych uruchomiono w Polsce pierwszą przemysłową instalację powrotnego zatłaczania gazów kwaśnych do stref złożowych. Technologia ta pozwala na selektywną eksploatację złoża gazu ziemnego, kierując do niego powrotnie szkodliwe dla biosfery składniki odpadowe procesu oczyszczania gazu (H₂S i CO₂). Jej głównym zadaniem jest ochrona środowiska naturalnego, ale równocześnie zatłaczane gazy kwaśne wypierają z wód podścielających rozpuszczone węglowodory lekkie, zwiększając możliwości ich wydobywania.

Zagadnienie sekwestracji CO₂ jest obecnie niebagatelnym i pilnym wyzwaniem w naszym kraju, gdzie około 95% produkcji energii pochodzi ze spalania węgla, czego produktem ubocznym jest ogromna emisja do atmosfery gazów cieplarnianych [1].

Badania laboratoryjnie – mające na celu określenie różnic w zdolnościach do rozpuszczania się CO₂ oraz ro-

dzimych gazów węglowodorowych w wodach złożowych – prowadzono pod kątem potencjalnych projektów dot. sekwestracji CO₂ w głębokich solankowych poziomach wodonośnych, takich jak megazbiornik niecki poznańskiej. Korzystną cechą tej struktury jest szczelność, zweryfikowana w czasie geologicznym – właśnie jej istnienie zapewniło powstanie szeregu mniejszych złóż gazu ziemnego w przystropowej części megazbiornika, uszczelnionego od góry kompleksem ewaporatów cechsztyńskich.

Na podstawie eksperymentów prowadzonych na modelu złoża oraz wyników badań rozpuszczalności, przewidywana jest możliwość wypierania rodzimego gazu węglowodorowego przez zatłaczany CO₂. Praktycznym efektem byłoby uzupełnianie zasobów gazu ziemnego w czapie gazowej istniejących złóż o desorbowany przez dwutlenek węgla metanowy gaz, rozpuszczony dotychczas w wodach podścielających złożo.

Płyny złożowe

Do poboru prób płynów złożowych do badań wytypowano złoża Ujazd (odwiert Ujazd-15) oraz Porażyn (udostępniony jednym tylko odwiertem Porażyn-2A). Na podstawie kart obliczeniowych odwiertów ustalono ciśnienia i temperatury złożowe:

- Ujazd-15
($P_{zi} = 9,07 \text{ MPa} = 91,7 \text{ bar}$; $T_{zi} = 373 \text{ K} = 100^\circ\text{C}$)
- Porażyn-2A
($P_{zi} = 26,49 \text{ MPa} = 266 \text{ bar}$; $T_{zi} = 373 \text{ K} = 100^\circ\text{C}$).

Z odwiertu Porażyn-2A pobrano 2 × 5 dm³ odgazowanej solanki do plastikowych kanistrów bezciśnieniowych, 30 dm³ gazu głowicowego (w tym przypuszczalnie tożsa-

me go ze złożowym) do stalowej butli ciśnieniowej oraz 0,7 dm³ gazu do beztrzęciowego pojemnika ciśnieniowego. Warunki poboru gazu to $P = 18 \text{ MPa}$; $T = 35^\circ\text{C}$.

Z odwiertu Ujazd-15 pobrano 2 × 5 dm³ odgazowanej solanki do plastikowych kanistrów bezciśnieniowych oraz 2 × 30 dm³ gazu głowicowego (złożowego) – pod ciśnieniem 6,8 MPa – do stalowych butli ciśnieniowych.

Po sprawdzeniu i zabezpieczeniu prób przetransportowano je do laboratorium PVT Zakładu Badania Złóż Ropy i Gazu INiG Oddział Krosno. Dostarczone płyny złożowe zostały poddane analizom chromatograficznym (gaz) oraz pomiarom i oznaczeniom chemicznym (woda złożowa).

Tablica 1. Skład gazu [% mol]

Składnik	Ujazd-15	Porażyn-2A
He	0,117	0,136
N ₂	16,953	19,05
CO ₂	0,392	0,308
C1	81,685	79,772
C2	0,793	0,631
C3	0,034	0,034
iC4	0,002	0,003
nC4	0,005	0,005
iC5	0,001	0,001
nC5	0,003	0,003
C6	0,002	0,003
C7	0,003	0,005
C8	0,004	0,021
C9	0,004	0,012
C10+	0,003	0,015

Tablica 2. Wyniki pomiarów i oznaczeń chemicznych solanki

Oznaczenie	Ujazd-15	Porażyn-2A
Gęstość w 20°C [g/cm ³]	1,150	1,132
Odczyn [pH]	5,30	5,66
Sucha pozostałość [g/dm ³]	239,2	211,3
Chlorki [g/dm ³]	136,5	120,5
Siarczany [mg/dm ³]	185	218
Ca [mg/dm ³]	31 090	27 850
K [mg/dm ³]	1 637	1 638
Mg [mg/dm ³]	2 016	1 036
Na [mg/dm ³]	52 220	39 220

Aparatura badawcza

Badania rozpuszczalności prowadzono na nowoczesnej, bezręciowej aparaturze PVT firmy Chandler (rysunek 1). Jej zasadniczym elementem są komory ciśnieniowe umieszczone w powietrznej łaźni termostatycznej.



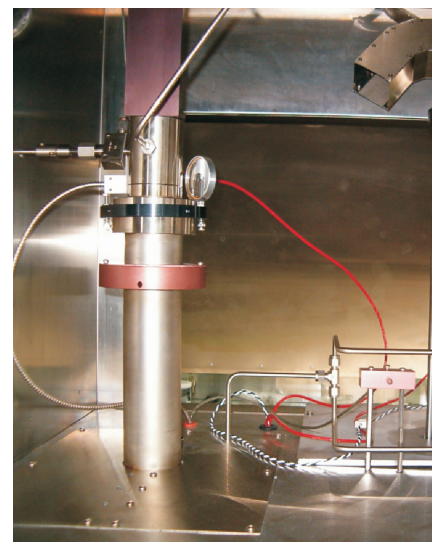
Rys. 1. Aparatura do badań PVT [3]

Aparatura PVT pozwala na prowadzenie badań płynów złożowych w zakresie ciśnień od 0 do 140 MPa, w szerokim zakresie temperatur: od -10 do 200°C. Pożądaną temperaturę badań ustala się z dokładnością do 0,1°C. Pomiaru temperatury i ciśnienia dokonuje się jednocześnie, poprzez zintegrowany przetwornik (PT) – zaprojektowany tak, że obydwa czujniki ciśnienia i temperatury zintegrowane są razem w stalowej, kompaktowej obudowie. Pomiar temperatury oparty jest na zmianie rezystancji wysokiej klasy rezystorów tytanowych. Dokładność pomiaru temperatury wynosi $\pm 0,1^\circ\text{C}$, a dokładność pomiaru ciśnienia $\pm 0,7$ bar.

Komory ciśnieniowe posadowione są na stałe w łaźni termostatycznej i niemożliwe jest poruszanie nimi w celu wymieszania i osiągnięcia szybkiej stabilizacji badanej próbki. W związku z powyższym komory zostały wyposażone w dwa systemy mieszające:

- magnetyczny – pierścień magnetyczny przesuwany mechanicznie w górę i w dół komory porusza metalowy krążek, znajdujący się wewnątrz komory,
- akustyczny – mieszacz akustyczny, generując fale ultradźwiękowe wprawia w drgania menisk gaz-ciecz, powodując poprawę wymiany faz.

Badania rozpuszczalności prowadzono w komorze posiadającej szklany wziernik, który poprzez kamerę umożliwia ciągłą obserwację badanej próbki.



Rys. 2. Komora badawcza w powietrznej łaźni termostatycznej

Rozpuszczalność gazu z odwiertu Ujazd-15 w solance złożowej

Procedura badawcza dla ustalenia rozpuszczalności poszczególnych gazów w solankach złożowych była następująca:

- odmierzoną porcję solanki złożowej wprowadzano do komory badawczej,
- pompą próżniową odpowietrzano próbkę solanki w celu odebrania rozpuszczonego w niej powietrza,
- poprzez układ połączeń ciśnieniowych doprowadzano i nabierano gaz do komory z solanką,
- zamykano komorę ciśnieniową, mając wewnątrz w bezpośrednim kontakcie solankę i badany gaz,
- uruchamiano mieszanie magnetyczne,
- podnoszono temperaturę przygotowanego układu solanka/gaz do pożądanej wartości dla prowadzenia badania,
- podnoszono ciśnienie w komorze do pożądanej wartości – używano funkcji *Constant Pressure*, która pozwala na inteligentne monitorowanie oraz utrzymywanie zadanego ciśnienia badawczego w układzie, bacząc na zmiany temperatury – jest to szczególnie istotne podczas podnoszenia temperatury układu,
- w celu osiągnięcia równowagi fazowej i maksymalnego nasycenia solanki badanym gazem, próbkę utrzymywano w zadanych warunkach ciśnienia i temperatury przez okres ok. 15 godzin – ciągle mieszając,
- po osiągnięciu stabilizacji fazowej (utrzymując zadane ciśnienie) wyłaczano nadmiarowy gaz, który w danych warunkach PT nie zdołał rozpuścić się w wodzie – odbiór czapy gazowej,
- tak przygotowaną nasyconą solankę stopniowo odgazowywano, odbierając i mierząc gaz na poszczególnych krokach ciśnieniowych (odbior różnicowy – DL test). Pozwoliło to na wykreślenie charakterystyki rozpuszczalności danego gazu w solance, w funkcji ciśnienia [3].

Badania rozpuszczalności rodzimych gazów ziemnych w odpowiednich solankach (Ujazd, Porążyn) prowadzono w temperaturze $T_1 = 30^\circ\text{C}$ oraz temperaturze złożowej $T_{z1} = 100^\circ\text{C}$.

Wyniki rozpuszczalności uzyskane podczas badań układu solanka-gaz złożowy z odwiertu Ujazd-15 zestawiono w tablicach 3 i 4 oraz graficznie na wykresie

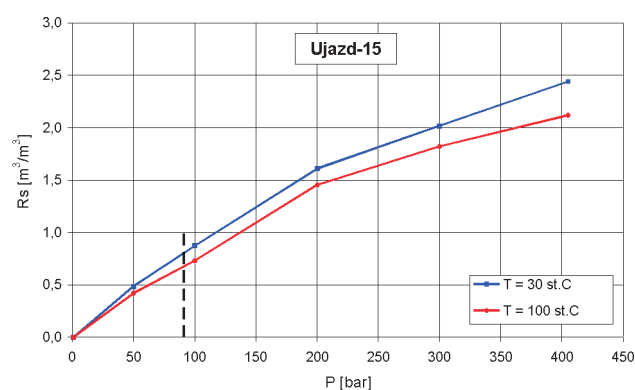
przedstawiającym zależność rozpuszczalności w funkcji ciśnienia (rysunek 3).

Tablica 3. Rozpuszczalność gazu ze złoża Ujazd-15 w solance złożowej

Ciśnienie P [bar]	Temperatura T [$^\circ\text{C}$]	Rozpuszczalność gazu w solance złożowej R_s [m^3/m^3]
405,0	30	2,44
300,0	30	2,02
200,0	30	1,61
100,0	30	0,87
50,0	30	0,49
1,0	30	0,00

Tablica 4. Rozpuszczalność gazu ze złoża Ujazd-15 w solance złożowej

Ciśnienie P [bar]	Temperatura T [$^\circ\text{C}$]	Rozpuszczalność gazu w solance złożowej R_s [m^3/m^3]
405,0	100	2,12
300,0	100	1,82
200,0	100	1,45
100,0	100	0,73
$P_{z1} = 91$	100	0,70
50,0	100	0,42
1,0	100	0,00



Rys. 3. Rozpuszczalność gazu ze złoża Ujazd-15 w solance złożowej

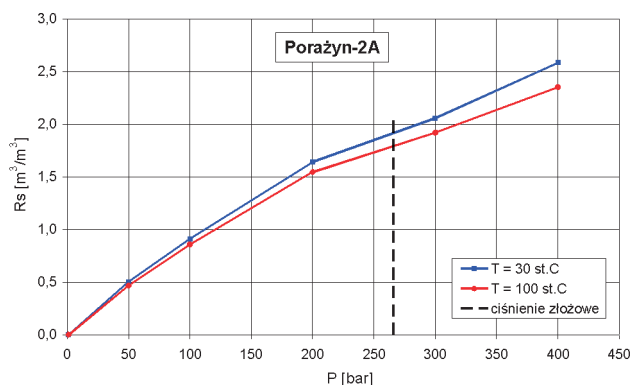
Rozpuszczalność gazu z odwiertu Porążyn-2A w solance złożowej

Wyniki rozpuszczalności uzyskane podczas badań układu solanka-gaz złożowy z odwiertu Porążyn-2A zestawiono w tablicach 5 i 6 oraz graficznie na rysunku 4.

W badaniach, dla porównania, określono również rozpuszczalność gazu metanowego Porążyn-2A i CO_2 w wodzie destylowanej.

Tablica 5. Rozpuszczalność gazu ze złoża Porążyn-2A w solance złożowej

Ciśnienie P [bar]	Temperatura T [°C]	Rozpuszczalność gazu w solance złożowej R_s [m ³ /m ³]
400,0	30	2,58
300,0	30	2,06
200,0	30	1,64
100,0	30	0,91
50,0	30	0,50
1,0	30	0,00



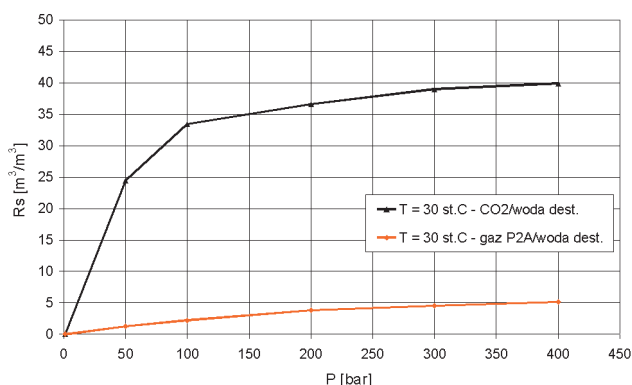
Rys. 4. Rozpuszczalność gazu ze złoża Porążyn-2A w solance złożowej

Tablica 6. Rozpuszczalność gazu ze złoża Porążyn-2A w solance złożowej

Ciśnienie P [bar]	Temperatura T [°C]	Rozpuszczalność gazu w solance złożowej R_s [m ³ /m ³]
400,0	100	2,35
300,0	100	1,92
$P_{zi} = 266$	100	1,80
200,0	100	1,55
100,0	100	0,86
50,0	100	0,47
1,0	100	0,00

Tablica 7. Rozpuszczalność gazu ze złoża Porążyn-2A w wodzie destylowanej

Ciśnienie P [bar]	Temperatura T [°C]	Rozpuszczalność gazu w solance złożowej R_s [m ³ /m ³]
400,0	30	5,2
300,0	30	4,6
200,0	30	3,8
100,0	30	2,2
50,0	30	1,2
1,0	30	0,0



Rys. 5. Porównanie rozpuszczalności gazu ze złoża Porążyn-2A i CO₂ w wodzie destylowanej

Rozpuszczalność CO₂ w solance złożowej z odwiertu Porążyn-2A

Badanie rozpuszczalności CO₂ w solance złożowej (także w wodzie destylowanej) przeprowadzono według tej samej, przedstawionej wcześniej procedury. Zwiększona zdolność ditlenku węgla do rozpuszczania się w wodach złożowych pozwoliła na dokonanie pewnych pomiarów wolumetrycznych mediów w komorze – wyliczono współczynniki objętościowe solanki nasyconej CO₂ w zadanych warunkach ciśnienia i temperatury.

Uzyskane rezultaty badań podano w formie zestawienia wyników badania odbioru różnicowego (*Differential*

Liberation [2], DL test) – tablice 8 i 9. Dzięki przeprowadzeniu stopniowego odbioru gazu z komory możliwe było wykreślenie zależności rozpuszczalności CO₂ w solance w funkcji ciśnienia (rysunek 6). Na rysunku 7 zawarto relacje współczynnika objętościowego nasyconej CO₂ solanki, w funkcji ciśnienia.

Wyniki badań rozpuszczalności CO₂ w wodzie destylowanej przeprowadzono w temperaturze 30°C według wcześniej opisanej procedury badawczej. Otrzymane rezultaty stanowią cenny materiał porównawczy dla innych

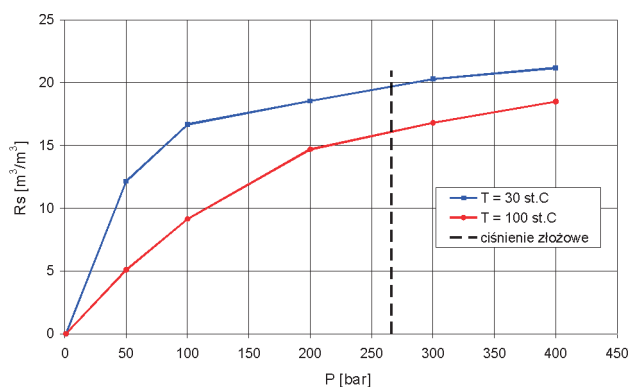
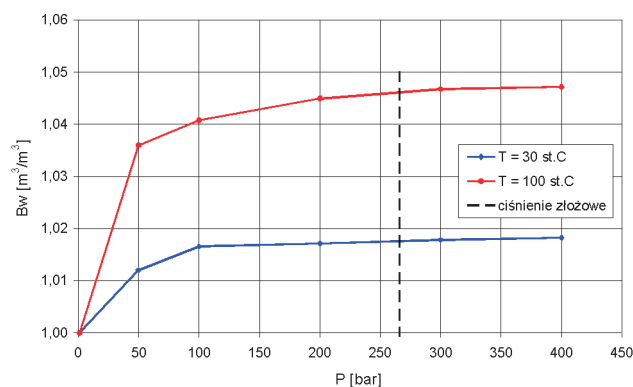
Tablica 8. Badanie różnicowe układu solanka ze złoża Porażyn-2A i CO₂ (T = 30°C)

Ciśnienie P [bar]	Objętość próbki V [cm ³]	Współczynnik objętości solanki nasyconej CO ₂ B _w [m ³ /m ³]	CO ₂ rozpuszczony w wodzie złożowej V _{CO2} [nm ³]	Rozpuszczalność CO ₂ w wodzie złożowej R _s [nm ³ /m ³]	Próbka [faza]
400	203,444	1,0183	4238	21,2	ciecz
300	204,307	–	–	–	ciecz + gaz
300	203,586	1,0179	4059	20,3	ciecz
200	204,534	-	-	-	ciecz + gaz
200	203,418	1,0172	3709	18,5	ciecz
100	204,578	–	–	–	ciecz + gaz
100	203,313	1,0166	3333	16,7	ciecz
50	216,276	–	–	–	ciecz + gaz
50	202,408	1,0120	2431	12,2	ciecz
1	200,000	1,0000	0	0,0	ciecz

Tablica 9. Badanie różnicowe układu solanka ze złoża Porażyn-2A i CO₂ (T = 100°C)

Ciśnienie P [bar]	Objętość próbki V [cm ³]	Współczynnik objętości solanki nasyconej CO ₂ B _w [m ³ /m ³]	CO ₂ rozpuszczony w wodzie złożowej V _{CO2} [nm ³]	Rozpuszczalność CO ₂ w wodzie złożowej R _s [nm ³ /m ³]	Próbka [faza]
400	209,430	1,0472	3699	18,5	ciecz
300	210,691	–	–	–	ciecz + gaz
300	209,346	1,0467	3361	16,8	ciecz
P _{zi} = 266*	209,240	1,0462	3200	16,0	ciecz
200	211,832	–	–	–	ciecz + gaz
200	209,454	1,0449	2937	14,7	ciecz
100	219,000	–	–	–	ciecz + gaz
100	207,887	1,0408	1829	9,2	ciecz
50	227,322	–	–	–	ciecz + gaz
50	207,200	1,0360	1018	5,1	ciecz
1	199,569	1,0000	0	0,0	ciecz

* – dane w wierszu wyznaczone przez interpolację

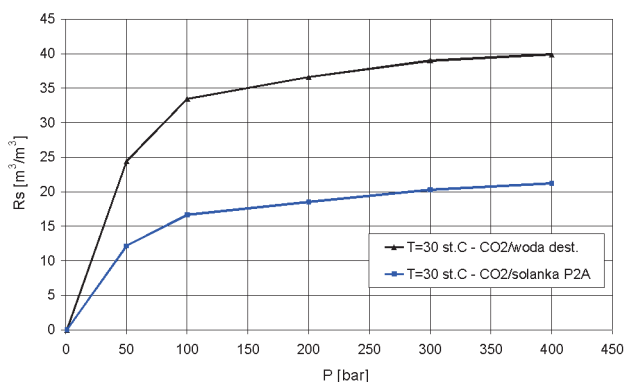
Rys. 6. Rozpuszczalność CO₂ w wodzie złożowej z odwiertu Porażyn-2A – DL testRys. 7. Współczynnik objętościowy B_w solanki z odwiertu Porażyn-2A nasyconej CO₂

badan i potwierdzają ogromny wpływ stopnia mineralizacji na zdolność rozpuszczania się CO₂ w wodzie – w każdych

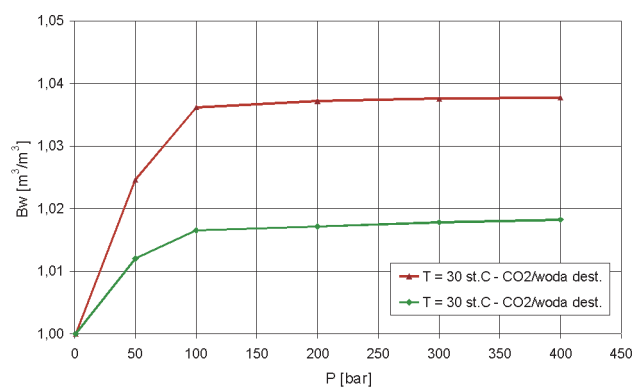
warunkach ciśnienia i temperatury. Uzyskane wyniki badań zawarto w tablicy 10 oraz na rysunkach 8 i 9.

Tablica 10. Badanie różnicowe układu woda destylowana i CO₂ (T = 30°C)

Ciśnienie P [bar]	Objętość próbki V [cm ³]	Współczynnik objętości solanki nasyconej CO ₂ B _w [m ³ /m ³]	CO ₂ rozpuszczony w wodzie złożowej V _{CO₂} [n ³ m ³]	Rozpuszczalność CO ₂ w wodzie złożowej R _s [n ³ /m ³]	Próbka [faza]
400	207,550	1,0378	7976	39,9	ciecz
300	208,286	–	–	–	ciecz + gaz
300	207,518	1,0376	7799	39,0	ciecz
200	208,834	–	–	–	ciecz + gaz
200	207,442	1,0372	7322	36,6	ciecz
100	209,149	–	–	–	ciecz + gaz
100	207,237	1,0362	6686	33,4	ciecz
50	227,322	–	–	–	ciecz + gaz
50	204,933	1,0247	4886	24,4	ciecz
1	200,000	1,0000	0	0,0	ciecz



Rys. 8. Rozpuszczalność CO₂ w wodzie destylowanej i solance z odwiertu Porążyn-2A – DL test



Rys. 9. Współczynnik objętościowy B_w wody dest. oraz solanki z odwiertu Porążyn-2A nasyconej CO₂

W tablicy 11 oraz na rysunku 10 zebrano wyniki wszystkich badań rozpuszczalności gazów rodzimych oraz CO₂ w solankach złożowych i wodzie destylowanej, w różnych

temperaturach. Łatwo zauważyć znaczne zróżnicowanie w zdolności do rozpuszczania się poszczególnych gazów w wodzie.

Tablica 11. Zebrane wyniki badań rozpuszczalności gazów złożowych z odwiertów Ujazd-15 i Porążyn-2A oraz CO₂ w solankach złożowych i wodzie destylowanej

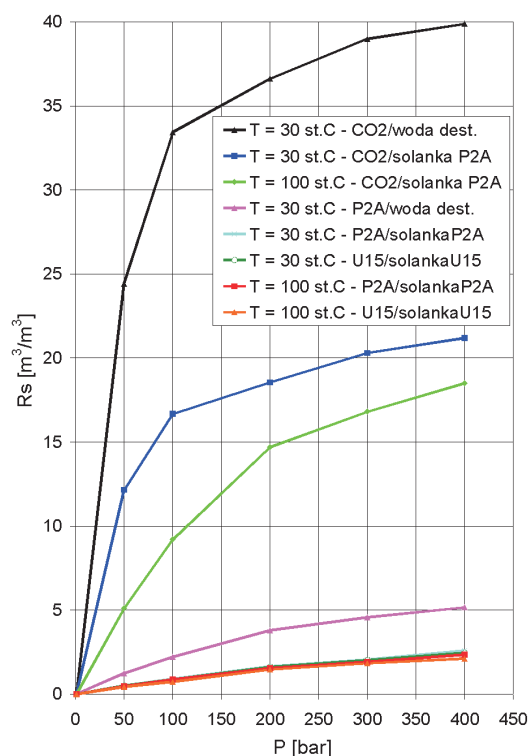
Układ	Gaz – złożo Ujazd-15		Gaz – złożo Porążyn-2A		CO ₂ Solanka – złożo Porążyn-2A		CO ₂ Woda destylowana	Gaz – złożo Porążyn-2A Woda destylowana
	Solanka – złożo Ujazd-15		Solanka – złożo Porążyn-2A		30	100		
T [°C]	30	100	30	100	30	100	30	30
P [bar]	Rozpuszczalność gazu w wodzie [m ³ /m ³]							
400	2,44	2,12	2,58	2,35	21,20	18,50	39,88	5,16
300	2,02	1,82	2,06	1,92	20,30	16,80	38,99	4,55
200	1,61	1,45	1,64	1,55	18,50	14,70	36,61	3,80
100	0,87	0,73	0,91	0,86	16,70	9,20	33,43	2,21
50	0,49	0,42	0,50	0,47	12,20	5,10	24,43	1,24
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Najlepsze wartości rozpuszczalności osiągnięto podczas kontaktowania CO₂ z wodą destylowaną w temperaturze 30°C ($R_s = 40 \text{ m}^3/\text{m}^3$ przy $P = 400 \text{ bar}$). Zdolność CO₂ do rozpuszczania się w solance z odwiertu Porążyn-2A (w tym samym ciśnieniu) była już znacznie niższa ($R_s = 21,2 \text{ m}^3/\text{m}^3$). Widać jak mocny wpływ na rozpuszczanie gazu ma stopień mineralizacji, a co za tym idzie – gęstość solanki.

Także rozpuszczalności rodzimych gazów ziemnych w wodzie destylowanej ($R_s = 5,16 \text{ m}^3/\text{m}^3$) i solance ($R_s = 2,58 \text{ m}^3/\text{m}^3$) znacznie się różnią – różnica ta (w warunkach $P = 400 \text{ bar}$, $T = 30^\circ\text{C}$) wynosi 100%.

Oznaczone rozpuszczalności gazów rodzimych w odpowiadającej im solance złożowej są niewielkie, w porównaniu do rozpuszczalności CO₂. Dla układu płynów pobranych z odwiertu Ujazd-15 w warunkach złożowych ($P_{zł} = 91 \text{ bar}$, $T_{zł} = 100^\circ\text{C}$) odnotowano rozpuszczalność $R_s = 0,70 \text{ m}^3/\text{m}^3$, natomiast dla odwiertu Porążyn-2A ($P_{zł} = 266 \text{ bar}$, $T_{zł} = 100^\circ\text{C}$) wyniosła ona $R_s = 1,8 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Tak znaczne rozbieżności wynikają głównie z różnic ciśnienia złożowego panującego obecnie w tych złożach. Porównując rozpuszczalność obu układów solanka-gaz przy takim samym ciśnieniu (400 bar), widać, że różnice są już znikome – odpowiednio R_s wynosi od 2,1 do $2,35 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

Generalnie można także stwierdzić, iż lepsze rozpuszczanie gazu w solance/wodzie destylowanej zachodzi przy



Rys. 10. Zebrane rezultaty badań rozpuszczalności gazu w wodzie

niższych temperaturach. Z przeprowadzonych badań można wnioskować, że różnice te wynoszą ok. 10-15% pomiędzy temperaturą 30°C a 100°C.

Podsumowanie

Mineralizacja solanki ma zdecydowany wpływ na zdolność rozpuszczania się w niej gazu. Wyraźnie dowodzą tego uzyskane wyniki rozpuszczalności użytych gazów węglowodorowych i CO₂ w solankach i w wodzie destylowanej.

Solanki o niższym stopniu mineralizacji, a co za tym idzie o niższej gęstości, charakteryzują się większą zdolnością do rozpuszczania gazu (w tym CO₂). Gęstość wód złożowych w dużej mierze jest odzwierciedleniem stopnia ich mineralizacji, a mineralizacja z kolei jest tu m.in. pochodną głębokości zalegania warstwy wodonośnej; głębokość determinuje ciśnienie i temperaturę złożową. Z uwagi na powyższe, analizowanie zdolności rozpuszczania się rodzimych gazów ziemnych i CO₂ w danej solance złożowej powinno odbywać się w sposób uwzględniający ogół wymienionych parametrów/właściwości fizyczno-chemicznych. Można także stwierdzić, iż lepsze rozpuszczanie gazu w wodzie zachodzi przy niższych temperaturach. Wraz ze wzrostem temperatury rozpuszczalność gazu spada. Z przeprowadzonych badań można wnioskować,

że różnice te wynoszą ok. 10-15% pomiędzy temperaturą 30°C a 100°C.

Otrzymane rezultaty badań rozpuszczalności gazów w wodzie destylowanej stanowią cenny materiał porównawczy i potwierdzają fakt ogromnego wpływu mineralizacji na zdolność rozpuszczania się gazu w wodzie – w każdych warunkach ciśnienia i temperatury.

Uzyskane wyniki badań rozpuszczalności łatwo odnieść do specyficznych warunków złożowych struktury niecki poznańskiej. Badane płyny (gaz, solanka) pochodziły ze złóż (Ujazd, Porążyn) zlokalizowanych w przystropowych, lokalnych kulminacjach czerwonego spągowca niecki. Ważną cechą poziomu wodonośnego niecki jest nasycenie wód głębinnych rodzimym gazem węglowodorowym. Dla analizowanego złoża Porążyn-2A określono rozpuszczalność rzędu $1,8 \text{ m}^3$ gazu rodzimego (80% metanu), rozpuszczonego w 1 m^3 solanki złożowej. Jest to wielkość, którą bezpośrednio można wykorzystać do obliczenia potencjalnych, pozabilansowych zasobów gazu rozpuszczonego „uwięzionego” w wodach akifera.

Przeprowadzone badania wykazały blisko 10-krotnie lepszą rozpuszczalność CO₂ w solance złożowej, w porównaniu z rozpuszczalnością gazu węglowodorowego. W związku z tym, w sprzyjających procesowi warunkach może zachodzić zjawisko wypierania rodzimego gazu ziemnego z warstw wodonośnych. Daje to możliwość zwiększenia

stopnia szczypania zasobów gazu na istniejących złożach w wyniku desorpcji gazu węglowodorowego przez CO₂ – zatłaczany bezpośrednio do wód podścielających istniejące złoża. Wyparty/uwolniony gaz węglowodorowy będzie tym samym migrował z solanki, uzupełniając zasoby istniejących złóż.

Artykuł nadesłano do Redakcji 13.10.2009. Przyjęto do druku 29.10.2009.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Józef Raczkowski

Literatura

- [1] Lubaś J. i in.: *Doskonalenie technologii powrotnego zatłaczania gazów kwaśnych do zawodnionych stref złóż gazu ziemnego i poziomów ropośnych*. Zlec. wewn. INiG 441/KE, Krosno 1999.
- [2] McCain W.D. Jr.: *The Properties of Petroleum Fluids*. 2nd ed. PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma 1990.
- [3] Warnecki M.: *Badania rozpuszczalności CO₂ i gazu węglowodorowego w solance złożowej oraz modelowanie procesu wypierania go dwutlenkiem węgla*. Zlec. wewn. INiG 26/KB, Krosno 2009.



Mgr inż. Marcin WARNECKI – absolwent Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Pracownik laboratorium PVT Zakładu Badania Złóż Ropy i Gazu w INiG Oddz. Krosno. Zajmuje się zagadnieniami inżynierii złożowej, eksploatacji, badaniami własności fazowych płynów złożowych i symulacjami procesów złożowych.

ZAKŁAD BADAŃ ZŁÓŻ ROPY I GAZU

Zakres działania:

- pobór wglębnych i powierzchniowych próbek płynów złożowych;
- kompleksowe badania i analizy zmian fazowych próbek płynów złożowych na zestawie aparatów PVT firmy Chandler i Ruska;
- modelowanie procesu wypierania ropy gazem na fizycznym modelu złoża, tzw. „cienka rurka”;
- pomiar lepkości ropy wiskozymetrem kulkowym lub kapilarnym w warunkach PT;
- optymalizacja procesów powierzchniowej separacji ropy naftowej;
- laboratoryjne i symulacyjne badania warunków wytrącania się parafin i asfaltenów w ropie oraz tworzenia się hydratów w gazie;
- badanie skuteczności działania chemicznych środków zapobiegających tworzeniu się hydratów;
- laboratoryjne modelowanie procesów wypierania ropy gazem w warunkach zmieszania faz;
- badanie procesów sekwestracji CO₂ w solankowych poziomach wodonośnych nasyconych gazem ziemnym.

Kierownik: mgr inż. Józef Such

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

Telefon: 13 436-89-41 wew. 111

Faks: 13 436-79-71

E-mail: jozef.such@inig.pl

