

Krzysztof Miłek, Wiesław Szott, Andrzej Gołąbek  
Instytut Nafty i Gazu, Oddział Krosno

## Symulacyjne badanie procesów wypierania metanu rozpuszczonego w wodach złożowych poprzez zatłaczanie gazów kwaśnych w ramach ich sekwestracji

### Wstęp

Metan rozpuszczony w warstwach wodonośnych może w przyszłości stanowić istotne źródło dla procesu generowania złóż gazowych powstałych w oparciu o różnice rozpuszczalności pomiędzy  $\text{CH}_4$  a zatłaczanym  $\text{CO}_2$ , który łatwiej ulega rozpuszczeniu, wypierając przy tym z fazy wodnej  $\text{CH}_4$ . Jednocześnie podczas zatłaczania  $\text{CO}_2$  do struktur zawodnionych dochodzi do jego sekwestracji, co ma wymierne korzyści zarówno ekonomiczne, jak i ekologiczne.

W związku z realizacją zadania poświęconego laboratoryjnemu wypieraniu  $\text{CH}_4$  rozpuszczonego w solance za pomocą  $\text{CO}_2$  zaistniała potrzeba modelowania tego eksperymentu przy użyciu kompozycyjnego symulatora złożowego, w celu dokładniejszej analizy przebiegu tego eksperymentu.

Celem niniejszej pracy było zweryfikowanie metod niezbędnych do modelowania numerycznego procesu wypierania  $\text{CH}_4$  z solanki za pomocą  $\text{CO}_2$  przy jednoczesnym

odtworzeniu danych eksperymentalnych. W pracy przetestowano oprogramowanie, a w szczególności moduł GASWAT z pakietu ECLIPSE [1] (za pomocą którego możliwe jest symulowanie procesów uwzględniających m.in. efekt rozpuszczalności gazów), będącego w dyspozycji Instytutu Nafty i Gazu.

Dla lepszego zrozumienia zjawisk zachodzących w złożach zbudowano jednowymiarowy, numeryczny model migracji gazów w złożach w oparciu o wykonany w Zakładzie Badania Złóż Ropy i Gazu INiG fizyczny model złoża.

Weryfikacja eksperymentu laboratoryjnego została przeprowadzona w oparciu o modelowanie procesów fazowych zachodzących w trakcie zatłaczania oraz procesów migracji  $\text{CO}_2$  w ośrodku porowatym.

Autorom nie są znane prace, w których podjęto się zagadnienia dotyczącego wypierania  $\text{CH}_4$  z solanki za pomocą  $\text{CO}_2$ .

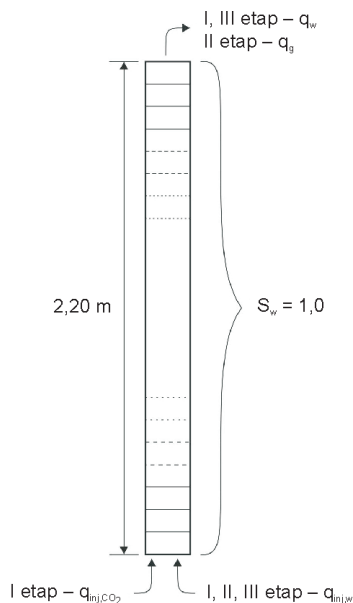
### Model migracji gazów w złożu

#### Ogólna charakterystyka modelu fizycznego złoża

W celu lepszego zrozumienia zjawisk fazowych zachodzących w złożu na podstawie wcześniejszych doświadczeń [2, 3] został opracowany numeryczny model złoża, przypominający tzw. cienką rurkę.

Model symulacyjny fizycznego złoża zbudowany jest z dwóch tysięcy dwustu bloków połączonych w jeden sze-

reg o długości 2,2 m (rysunek 1). Pojedynczy blok symulacyjny posiada przekrój o wymiarach  $0,0458 \times 0,0458$  m (powierzchnia takiego bloku odpowiada przekrojowi kołowemu o średnicy 0,051 m), a wysokość każdego z bloków wynosi 0,001 m. Siatka bloków modelu o wymiarach  $1 \times 1 \times 2200$  jest jednorodna, użyty model cechuje się też jednorodną porowatością,  $\varphi = 0,3534$ , i przepuszczalnością,  $k = 1$  Darcy.



Rys. 1. Schemat modelu symulacyjnego złoża

W modelu uwzględniono obecność dwóch faz: gazu i wody złożowej. Pod względem składu chemicznego zidentyfikowano gaz zatłaczany (100% CO<sub>2</sub>) oraz gaz rodzimy (100% CH<sub>4</sub>).

Podano parametry płynów dla modelu trójskładnikowego opisanego przy pomocy równania stanu Penga-Robinsona. Parametry wymagane przez równanie stanu poszczególnych składników zaprezentowano w tabelicy 1.

Woda złożowa w modelu charakteryzuje się następującymi właściwościami:

- gęstość:  $\rho_w = 1131 \text{ kg/m}^3$ ,
- ściśliwość:  $c_w = 3,498 \times 10^{-5} \text{ 1/bar}$ ,
- współczynnik objętościowy:  $B_w = 1,05$ ,
- lepkość:  $\mu_w = 0,66 \text{ cP}$ ,  $1/\mu_w d\mu_w/dp = 6 \times 10^{-5} \text{ 1/bar}$ ,
- rozpuszczalność CH<sub>4</sub>:  $R_{S,CH_4} = 1,634 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$  (w warunkach eksperymentu),

Tabela 1. Parametry równania PR dla gazu rodzimego/zatłaczanego

Parametry równania PR dla gazu rodzimego/zatłaczanego				
Składnik	$T_{kryt}$ [K]	$P_{kryt}$ [bar]	$Z_{kryt}$	ACF
CH <sub>4</sub>	190,6	46	0,229	0,0108
CO <sub>2</sub>	304,2	73,8	0,229	0,2273
H <sub>2</sub> O	647,3	221,2	0,288	0,3434

Współczynniki binarne			
Składnik	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
CH <sub>4</sub>	–	–	–
CO <sub>2</sub>	0,1	–	–
H <sub>2</sub> O	0,1986	–0,17	–

- rozpuszczalność CO<sub>2</sub>:  $R_{S,CO_2} = 16,00 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$  (w warunkach eksperymentu),

Dodatkowe parametry modelu to:

- temperatura złożowa eksperymentu:  $T_{zl} = 100^\circ\text{C}$ ,
- ciśnienie złożowe eksperymentu:  $P_{zl} = 266 \text{ bar}$  (przy zaniechaniu niewielkich gradientów ciśnień),
- warunki normalne:  $T_N = 0^\circ\text{C}$ ,  $P_N = 1 \text{ atm}$ .

Jako warunki brzegowe badanego procesu przyjęto stałą wydajność wypływu zgazowanej solanki z górnego końca rurki oraz stałe tłoczenia według harmonogramu eksperymentu (tabela 2) do dolnego końca złoża. W czasie odbioru czapy gazowej przyjęto stałą wydajność wypływu gazu z górnego końca złoża.

Jako warunki początkowe omawianego procesu przyjęto wypełnienie przestrzeni porowej solanką nasyconą CH<sub>4</sub>. W modelowaniu uwzględniono:

- zjawisko rozpuszczalności gazów (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) w wodzie,
- zjawisko dyfuzji w fazie wodnej,

Tabela 2. Harmonogram eksperymentu

	Jednostki	Nr tłoczenia CO <sub>2</sub> i odbioru solanki						Odbiór czapy gazowej	Odbiór solanki
		1	2	3	4	5	6		
Czas rozpoczęcia tłoczenia/odbioru	-	2012-05-31 15:30	2012-06-04 09:30	2012-06-06 14:20	2012-06-08 08:45	2012-06-11 07:50	2012-06-13 08:30	2012-06-14 08:00	2012-06-14 09:00
Czas zakończenia tłoczenia/odbioru	-	2012-05-31 15:38	2012-06-04 09:34	2012-06-06 14:24	2012-06-08 08:49	2012-06-11 07:54	2012-06-13 08:34	2012-06-14 09:00	2012-06-14 09:35
$G_{inj}$ (0°C, 1 bar)	Nm <sup>3</sup> × 10 <sup>-6</sup>	24,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	0,00	0,00
$W_p$ (25°C, 1 bar)	Rm <sup>3</sup> × 10 <sup>-6</sup>	34,00	16,80	16,60	17,30	16,80	17,30	0,00	81,00
$G_p$ (25°C, 1 bar)	Rm <sup>3</sup> × 10 <sup>-6</sup>	56,00	21,20	21,40	19,70	21,20	22,70	828,00	450,00
$W_{mj}$ (pomiędzy cyklami) (25°C, 266 bar)	Rm <sup>3</sup> × 10 <sup>-6</sup>	1,71	3,03	3,48	3,96	2,45	1,68	3,04	82,00

- zjawisko dyfuzji w fazie gazowej.

W celu ustalenia równowagi dla zadanej maksymalnej rozpuszczalności  $\text{CH}_4$  przy zadanych warunkach eksperymentu zmodyfikowano zasolenie solanki, przy której zadana objętość  $\text{CH}_4$  w złożu fizycznym uległa całkowitemu rozpuszczeniu. Następnie zmodyfikowano współczynniki binarne w celu korekcji rozpuszczalności dla  $\text{CO}_2$  w zadanej solance.

W trakcie weryfikacji modelu symulacyjnego przyjmowano zmienne wartości parametrów opisujących zjawisko dyfuzji w gazie oraz w wodzie. Modyfikowano współczynniki dyfuzji dla wszystkich trzech składników, w celu zbadania ich wpływu na szybkość migracji w badanym układzie. W trakcie analizy wyników symulacji okazało się, że niewielkie współczynniki dyfuzyjności w fazie wodnej wpływały w istotny sposób na czas pojawienia się czapy gazowej, jej wielkość oraz na zawartość w niej  $\text{CH}_4$  oraz  $\text{CO}_2$ . Ważna była nie tylko ich wielkość, ale również proporcja pomiędzy nimi.

Dla dyfuzji w fazie gazowej przyjęto zerowe wielkości współczynników dyfuzji dla wszystkich składników, ze względu na uzyskane bardzo dobre odtworzenie eksperymentu laboratoryjnego poprzez niewielkie modyfikacje dyfuzji w fazie wodnej. Podejmowane próby modyfikacji dyfuzji w fazie gazowej skutkowały otrzymaniem zawyżonej zawartości  $\text{CO}_2$  z odbieranej czapy gazowej.

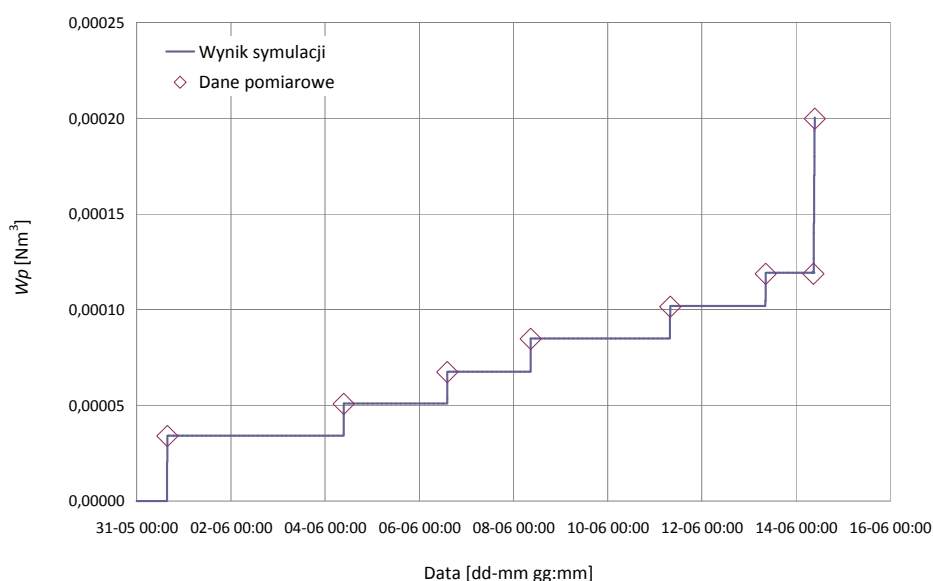
### Wyniki symulacji

W oparciu o uzyskane dane z pomiarów laboratoryjnych odtworzono eksperyment, który podzielono na trzy główne etapy:

- Etap I – sześć kilkuminutowych faz tłoczenia  $\text{CO}_2$  zsynchronizowanych z równoczesnym odbiorem solanki wg harmonogramu (tablica 2). W okresach pomiędzy tymi fazami podtrzymywano stałe ciśnienie poprzez dotłoczenie wody. Etap trwał od 31.05.2012 r., godz. 15:30 do 14.06.2012 r., godz. 8:00.
- Etap II – odbiór czapy gazowej z równoczesnym dotłoczeniem wody w celu utrzymania stałego ciśnienia. Etap trwał od godz. 8:00 do godz. 9:00 w dniu 14.06.2012 r.
- Etap III – odbiór zgazowanej solanki z jednoczesnym dotłoczeniem wody w celu utrzymania stałego ciśnienia. Etap trwał od godz. 9:00 do godz. 9:35 w dniu 14.06.2012 r.

W poszczególnych etapach modelowania eksperymentu, dla uzyskania wysokiej zgodności wyników symulacji z pomiarami eksperymentalnymi, sterowano wpływem oraz tłoczeniem:

- w etapie I:
  - $q_{inj,CO_2}$  – wydajnością zatłaczania  $\text{CO}_2$ : wynikającą z całkowitej ilości zatłoczonego  $\text{CO}_2$  do złoża ( $G_{inj}$ ) w poszczególnych etapach tłoczenia,
  - $q_w$  – wydajnością wypływu wody: wynikającą z całkowitej ilości zgazowanej solanki odebranej ze złoża ( $W_p$ ) w poszczególnych etapach tłoczenia,
  - $q_{inj,w}$  – wydajnością zatłaczania wody: wynikającą z sumarycznej ilości wody zatłoczonej do złoża ( $W_{inj}$ ) w czasie tzw. „stójek” pomiędzy poszczególnymi fazami tłoczenia  $\text{CO}_2$ ;
- w etapie II:
  - $q_g$  – wydajnością wypływu gazu: wynikającą z całkowitej ilości odebranego gazu pochodzącego z czapy gazowej odebranej ze złoża ( $G_p$ ),



Rys. 2. Wydobyte sumaryczne wody ze złoża podczas trwania eksperymentu. Etapy I, II i III

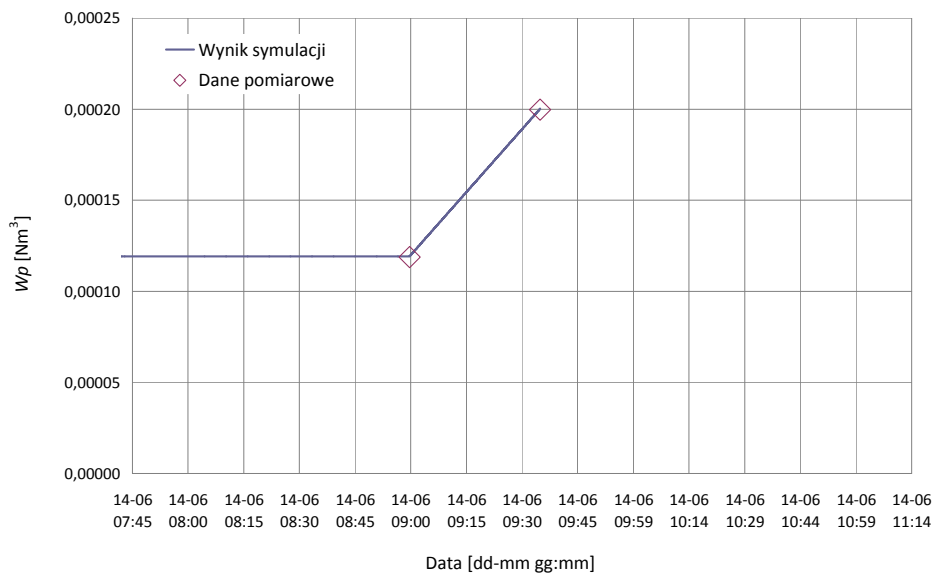
- $q_{inj,w}$  – wydajnością zatłaczania wody: wynikającą z sumarycznej ilości wody zatłoczonej do złoża ( $W_{inj}$ ) w czasie odbioru czapy gazowej;
- w etapie III:
  - $q_w$  – wydajnością wypływu wody: wynikającą z całkowitej ilości odebranej ze złoża solanki nasyconej rozpuszczonym w niej gazem ( $W_p$ ),
  - $q_{inj,w}$  – wydajnością zatłaczania wody: wynikającą z sumarycznej ilości wody zatłoczonej do złoża ( $W_{inj}$ ) w czasie odbioru zgazowanej solanki.

W wyniku przeprowadzonych symulacji starano się odtworzyć w poszczególnych etapach:

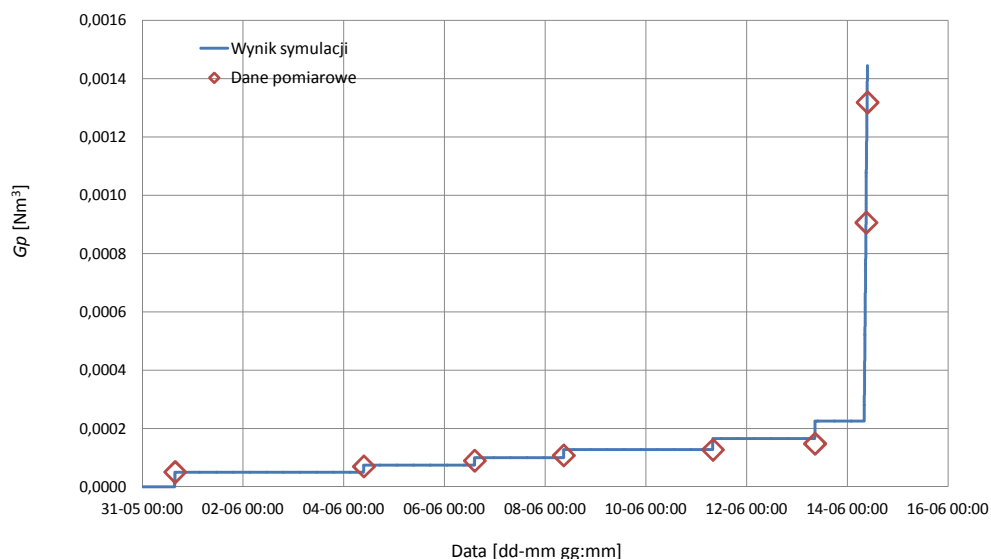
- w etapie I:

- sumaryczną ilość odebranego gazu pochodzącego z odgazowania solanki;
- w etapie II:
  - moment pojawienia się czapy gazowej oraz jej wielkość,
  - brak odbioru wody podczas odbioru czapy gazowej,
  - skład chemiczny odbieranego gazu;
- w etapie III:
  - ilość gazu pochodzącego z odgazowania odebranej solanki,
  - skład chemiczny odebranego gazu.

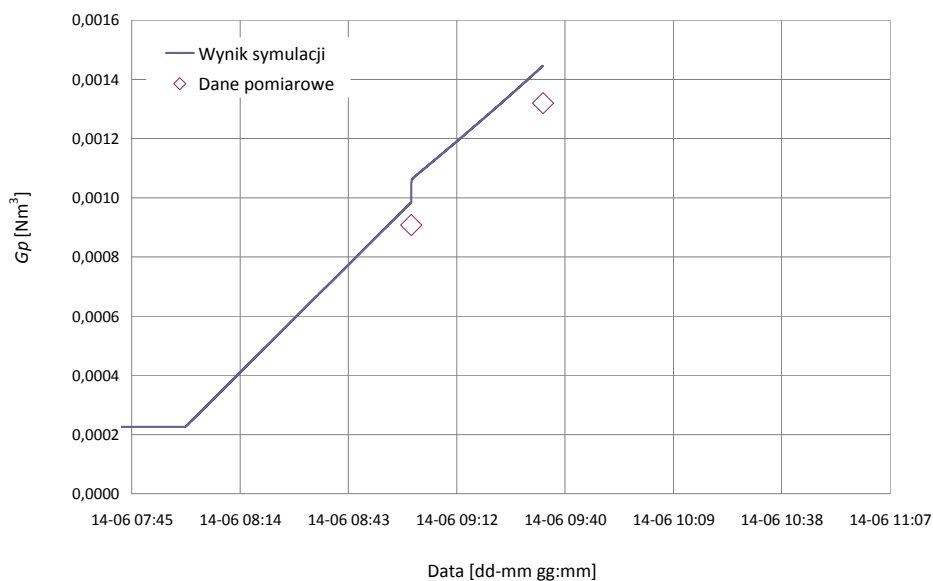
Na rysunku 2 przedstawiono sumaryczną ilość wody wydobytej ze złoża. Wielkość ta pokrywa się z danymi



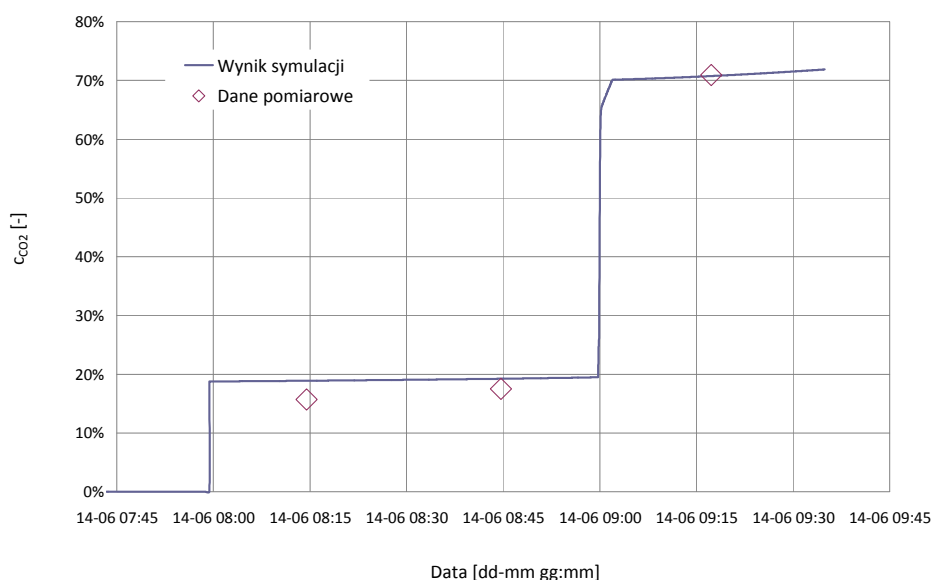
Rys. 3. Wydobyte sumaryczne wody ze złoża podczas trwania eksperymentu. Etapy II i III



Rys. 4. Wydobyte sumaryczne gazy ze złoża podczas trwania eksperymentu. Etapy I, II i III



Rys. 5. Wydobycie sumaryczne gazu ze złoża podczas trwania eksperymentu. Etapy II i III



Rys. 6. Zawartość CO<sub>2</sub> w gazie. Etapy II i III

eksperymentalnymi w każdej fazie eksperymentu. Analizując odbiór czapy gazowej (rysunek 3), który rozpoczął się 14.06.2012 r. o godz. 8:00, można stwierdzić, że w tym czasie aż do rozpoczęcia kolejnej fazy odbioru płynów ze złoża (14.06.2012 r., godz. 9:00) nie wydobyto wody – czego należało oczekiwać stosownie do danych eksperymentalnych.

Niedoskonałości aparatury badawczej, możliwość mieszania się wody nienasyconej pochodzącej z elementów aparatury badawczej z solanką pochodzącą ze złoża, jak i niewielkie ilości odbieranych płynów przyczyniły się do zaburzeń pomiarów laboratoryjnych, według których z odgazowania solanki otrzymywano mniej gazu niż wynika-

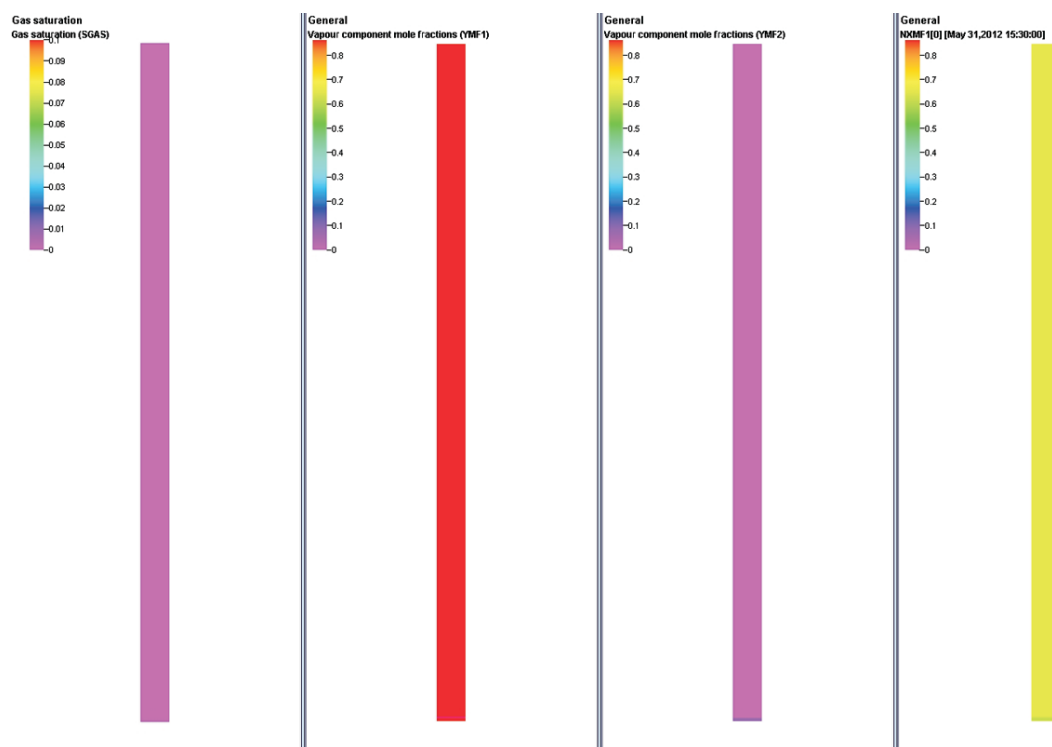
łyby to z pierwotnego wykładnika gazowego, wynoszącego  $WG = 1,634 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$ . Niedoskonałości pomiarów przyczyniły się do wystąpienia obserwowanych różnic pomiędzy wynikami symulacji a danymi eksperymentalnymi (rysunek 4). Wobec powyższego nie można było ustalić jakości dopasowania dla większości pomiarów laboratoryjnych. Jeśli pominąć niedoskonałości etapu I, to można zauważyć, że ilość odebranego gazu w etapie III (rysunek 5) jest zbliżona do ilości wykazanej z danych laboratoryjnych (różnica względna ~10%).

Podczas odbioru czapy gazowej powstałej w czasie trwania eksperymentu poddawano analizie jej skład chemiczny (rysunek 6). Podobnej analizie podlegał również

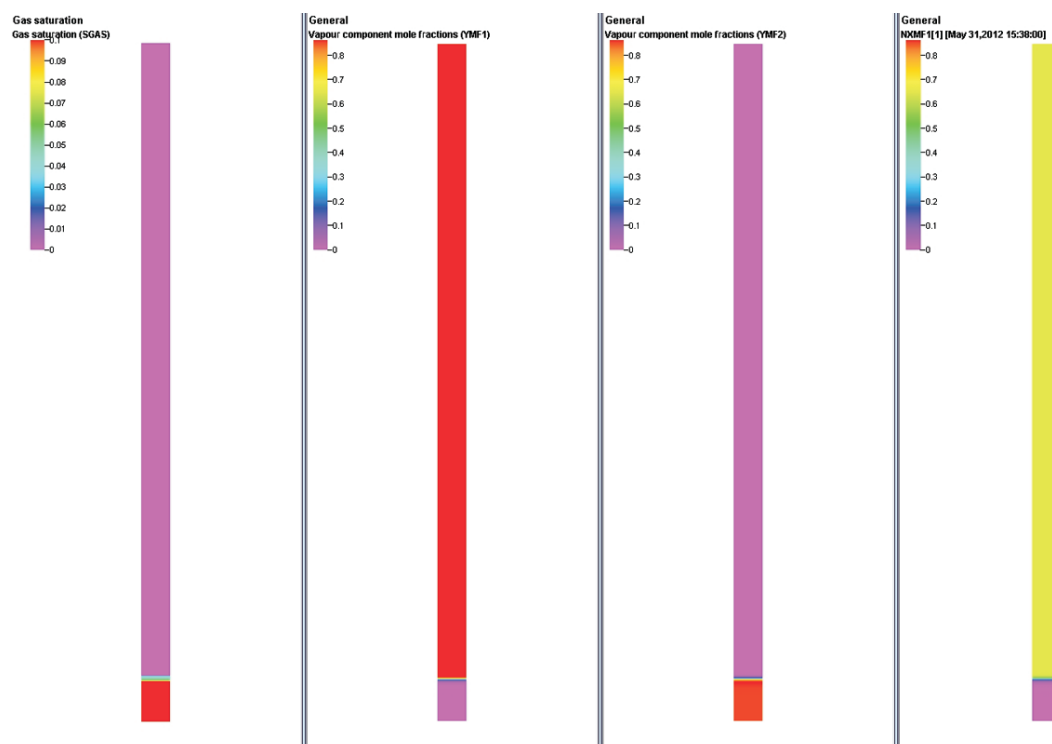
gaz pochodzący z odgazowania solanki. Skład gazu wygenerowany w procesie symulacji odtwarza w bardzo dobrym stopniu wyniki pomiarów laboratoryjnych. Jak widać z rysunku 6, skład wolnego gazu to przede wszystkim wyparty z solanki  $\text{CH}_4$ , natomiast gaz pochodzący z odgazowania solanki to w głównej mierze  $\text{CO}_2$ .

### Analiza rozkładów nasycenia gazem oraz zawartości $\text{CO}_2$ i $\text{CH}_4$ w gazie

Szczegółowe wyjaśnienie zjawisk zachodzących w złożu w trakcie opisywanego procesu wypierania możliwe jest dzięki analizie rozkładów odpowiednich wielkości we-



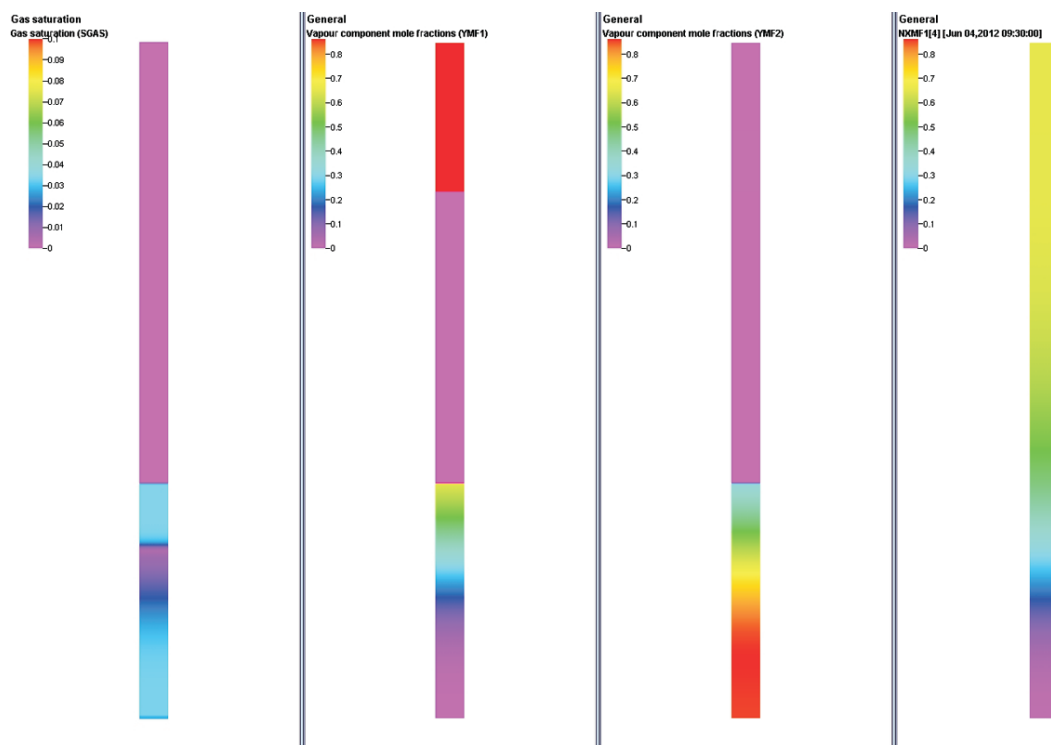
Rys. 7. Etap I, stan przed zatłaczaniem nr 1 (31.05.2012 r., godz. 15:30)



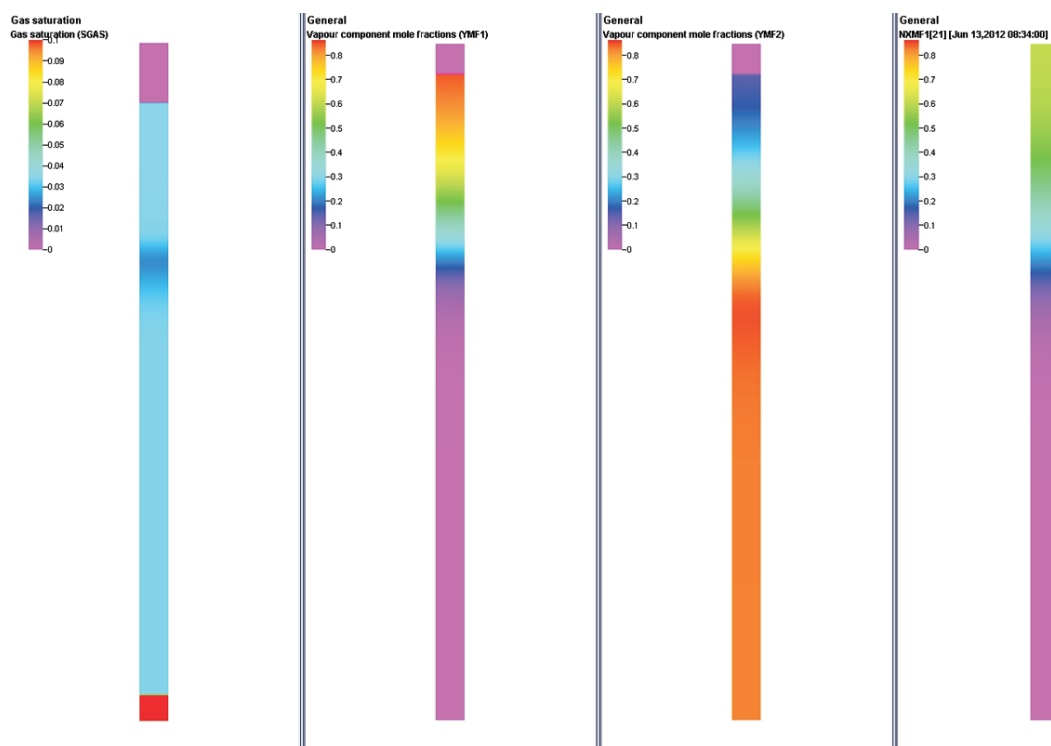
Rys. 8. Etap I, stan po zatłaczaniu nr 1 (31.05.2012 r., godz. 15:38)

wnątrz złoża dla różnych etapów zaawansowania procesu. Rozkłady dla nasycenia gazem,  $S_g$ , zawartością  $\text{CH}_4$  w gazie,  $c_{\text{CH}_4}$  (YMF1), zawartością  $\text{CO}_2$  w gazie,  $c_{\text{CO}_2}$  (YMF2), oraz przeskalowaną ( $\times 500$ ) zawartością  $\text{CH}_4$  w solance,  $c_{\text{CH}_4\text{w}}$  (NXMF1), na poszczególnych etapach eksperymentu przedstawiono na rysunkach 7–13:

- stan przed rozpoczęciem zatłaczania: 31.05.2012 r., 15:30 (rysunek 7),
- I porcja zatłoczonego  $\text{CO}_2$ : 31.05.2012 r., 15:38 (rysunek 8),
- przepływ  $\text{CO}_2$  do góry wraz z jego rozpuszczaniem się: 4.06.2012 r., 9:30 (rysunek 9),



Rys. 9. Etap I, stan przed zatłaczaniem nr 2 (4.06.2012 r., godz. 9:30)

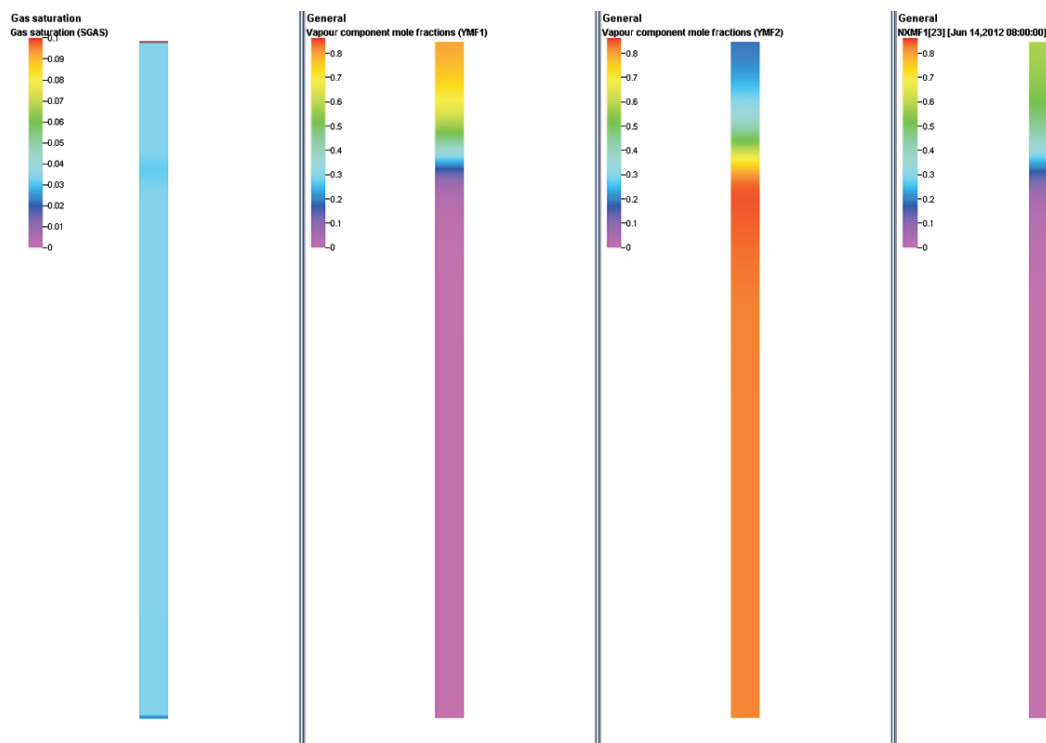


Rys. 10. Etap I, stan po zatłaczaniu nr 6 (13.06.2012 r., godz. 8:34)

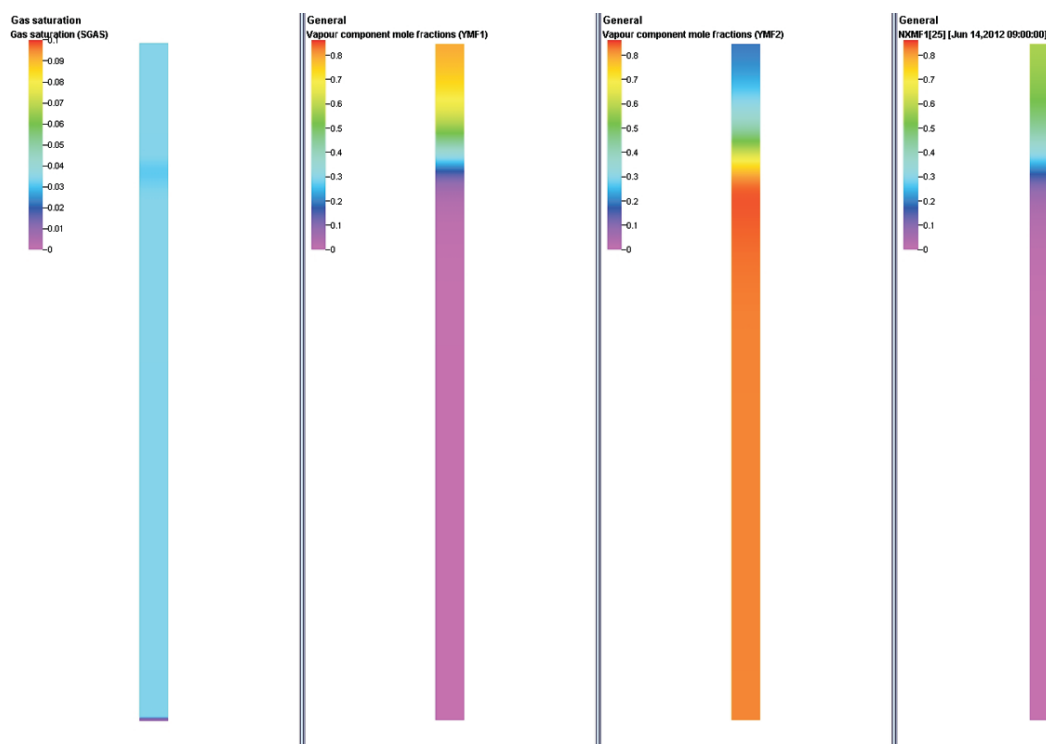
- VI porcja zatłoczonego CO<sub>2</sub>: 13.06.2012 r., 8:34 (rysunek 10),
- pojawienie się pierwszej czapy gazowej na stropie złoża: 14.06.2012 r., 8:00 (rysunek 11),
- sczerpanie czapy gazowej, początek odbioru zgazowanej solanki: 14.06.2012 r., 9:00 (rysunek 12),
- koniec odbioru zadanej objętości zgazowanej solanki: 14.06.2012 r., 9:35 (rysunek 13).

Z powyżej wymienionych rozkładów wynika:

- 1) istnienie frontu: gaz wypierany – woda przemieszczającego się ku górze przy obecności minimalnego nasycenia gazem ( $S_{gr} \cong 0,034$ ),



Rys. 11. Etap II, stan przed odbiorem czapy gazowej (14.06.2012 r., godz. 8:00)

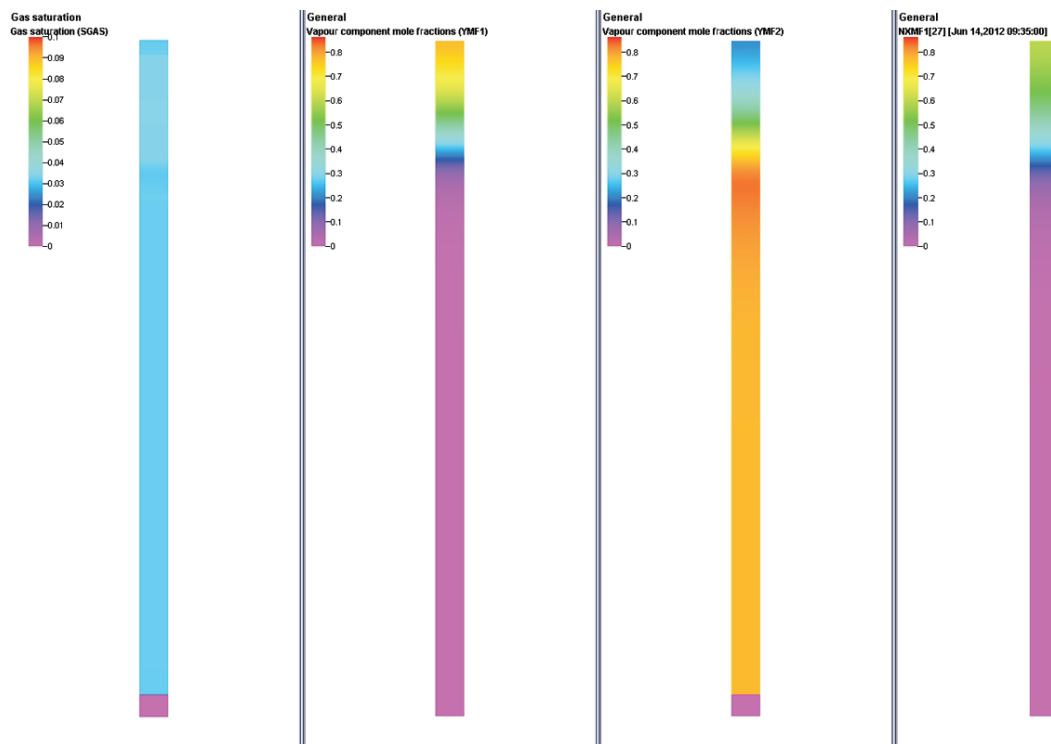


Rys. 12. Etapy II i III, stan po odbiorze czapy gazowej, a przed odbiorem zgazowanej solanki (14.06.2012 r., godz. 9:00)

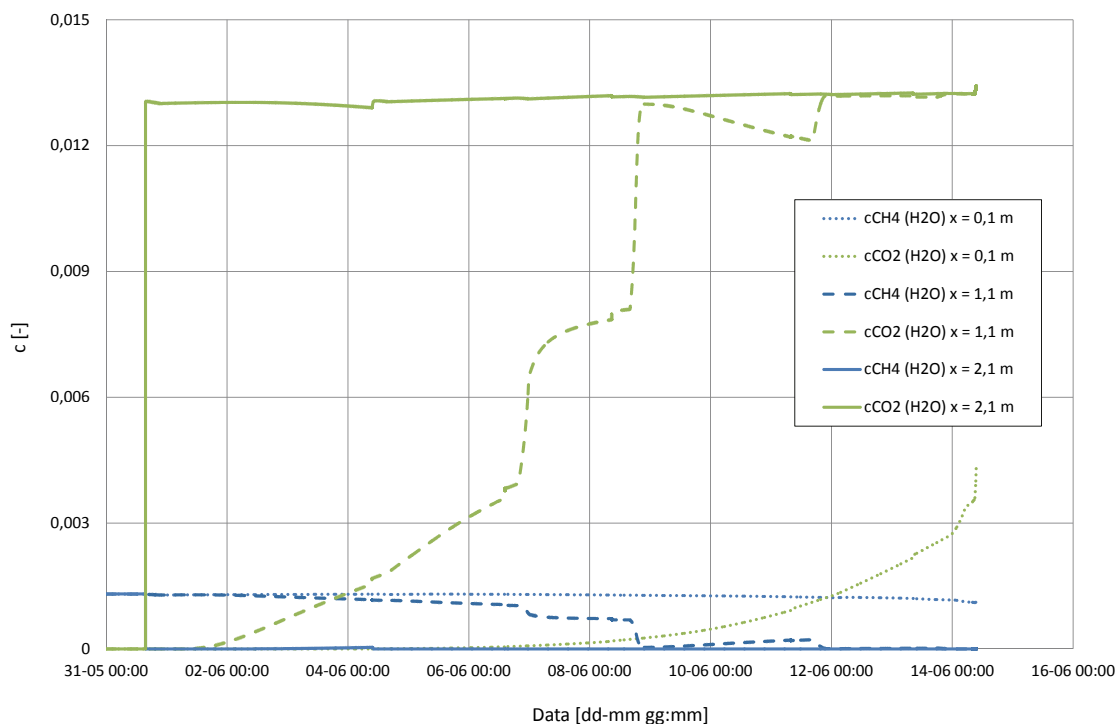


- 2) wynikające z 1) istnienie strefy wodnej ( $S_w \cong 1,0$ ) o malejącej rozpiętości i zanikającej pomiędzy 13.06.2012 r., 8:34 a 14.06.2012 r., 8:00,
- 3) istnienie frontu  $CH_4$  (o zawartości  $< 100\%$  w przemieszczającym się gazie) wypieranego przez roz-

- puszczający się w wodzie  $CO_2$  o 10-krotnie większej rozpuszczalności,
- 4) istnienie rozpuszczonego  $CO_2$  znajdującego się przed gazowym frontem  $CH_4$ ,
- 5) wynikające z 3), 4) i rysunku 14 zjawisko wypiera-



Rys. 13. Etap III, stan po odbiorze zgazowanej solanki (14.06.2012 r., godz. 9:35)



Rys. 14. Koncentracja  $CH_4$  oraz  $CO_2$  na poszczególnych odległościach od górnego końca złoża

nia rozpuszczonego uprzednio w solance  $\text{CH}_4$  przez „przepływający” przez złożę  $\text{CO}_2$ ,

- 6) wynikająca z 5) wyższa rozpuszczalność  $\text{CO}_2$  od wypieranego  $\text{CH}_4$ , co skutkowało powstawaniem w czasie relaksacji przekładki strefy wodnej, z powodu rozpuszczenia się większej ilości  $\text{CO}_2$  od ilości wypartego  $\text{CH}_4$  (gdzie  $S_g \leq 0,034$ ) pomiędzy strefami gazowymi,
- 7) przepływ gazu ku górze aż do momentu spadku nasycenia gazem do jego nasycenia krytycznego ( $S_{gr} = 0,034$ ),

- 8) wynikający z rysunku 14 niewielki, choć zauważalny efekt zmian wielkości rozpuszczenia się  $\text{CO}_2$  (jak również  $\text{CH}_4$ ) wskutek niewielkich zmian ciśnienia w złożu,
- 9) wynikające z 2) pojawienie się czapy gazowej o odpowiedniej wielkości, która mogła zostać odebrana bez wpływu wody,
- 10) niewielkie, choć zauważalne mieszanie się  $\text{CO}_2$  z  $\text{CH}_4$ , czego wynikiem był odbiór czapy gazowej zanieczyszczonej przez  $\text{CO}_2$ .

### Podsumowanie i wnioski

W ramach niniejszej pracy zrealizowano następujące zadania:

1. Zebrano oraz dokładnie przeanalizowano, poddając jednocześnie weryfikacji, otrzymane dane eksperymentalne pochodzące z eksperymentu laboratoryjnego zrealizowanego w Zakładzie Badania Złóż Ropy i Gazu, Instytutu Nafty i Gazu.
2. Skonstruowano model migracji gazu zachodzącej w fizycznym modelu złoża.
3. W skonstruowanym modelu zaimplementowano dane pomiarowe z eksperymentu laboratoryjnego pozwalające na jego odtworzenie.
4. Odtworzono poprawnie otrzymane dane eksperymentalne, a przede wszystkim:
  - sumaryczną ilość wydobytego gazu,  $G_p$ ,
  - sumaryczną ilość wydobytej wody,  $W_p$ ,
  - moment pojawienia się czapy gazowej oraz jej wielkość,
  - skład gazu pochodzącego z wydobywanej czapy gazowej (etap II),
  - skład gazu pochodzącego z odgazowania solanki wydobytej po etapie odbioru czapy gazowej (etap III).
5. Przeprowadzono szczegółową analizę wyników powyższej symulacji.

Wnioski z wykonanych analiz i prognoz symulacyjnych:

- Nasycenie krytyczne gazem, przy którym gaz staje się mobilny, odgrywa decydującą rolę w szybkości jego przemieszczania się w złożu, jak i czasie pojawienia się czapy gazowej przy górnym końcu modelu fizycznego złoża.
- Znaczna różnica pomiędzy rozpuszczalnością  $\text{CO}_2$  a  $\text{CH}_4$  (10-krotna na korzyść pierwszego związku) ma duże znaczenie dla zjawisk zachodzących w złożu towarzyszących powstawaniu wolnej czapy gazowej, składającej się przede wszystkim z  $\text{CH}_4$ .

- Efektywna migracja swobodnego  $\text{CO}_2$  wynika z istnienia sił wyporu oraz gradientu potencjałów. Powoduje to pionowy przepływ zatłaczanego gazu ku górze, aż do spadku nasycenia gazem poniżej nasycenia krytycznego.
- Transport rozpuszczonego  $\text{CO}_2$  w modelu fizycznym złoża zachodzi również w wyniku przepływu wody oraz dyfuzji  $\text{CO}_2$  w środowisku wodnym.
- Uwzględnienie dyfuzji molekularnej gazów powoduje rozproszenie się gazu zatłaczanego w poszerzonym obszarze (w kierunku przepływu gazu oraz wody) i w efekcie zmiany koncentracji składu wydobywanego gazu.
- Znacząca zmiana składu gazu rozpuszczonego w solance wydobytej po zakończeniu wydobywania czapy gazowej wynika z dużej ilości  $\text{CO}_2$  rozpuszczonego w wydobywanej wodzie.
- Dzięki symulatorowi kompozycyjnemu możliwe było dokładniejsze (względem pomiarów) określenie ilości wydobytego  $\text{CH}_4$  oraz określenie stopnia szcerpania pierwotnej ilości tego gazu (tablica poniżej).

Etap	Koniec etapu	$G_p(\text{CH}_4)$ [Nm <sup>3</sup> × 10 <sup>-3</sup> ]	$W_p$ [Nm <sup>3</sup> × 10 <sup>-3</sup> ]	Szcerpanie CH <sub>4</sub> [%]	Szcerpanie wody [%]
I	14.06.2012 8:00	0,17	0,12	6,25	6,48
II	14.06.2012 9:00	0,77	0,12	28,46	6,48
III	14.06.2012 9:35	0,94	0,20	34,60	10,88

- Symulacje numeryczne mogą stanowić cenne narzędzie dla bliższego poznania procesów zachodzących w złożu podczas wypierania  $\text{CH}_4$  przez  $\text{CO}_2$ . Dzięki

nim możliwe jest również ocenienie skali danego zjawiska. Pomiary eksperymentu laboratoryjnego można przenieść na model rzeczywistego złoża, jednak nale-

ży zaznaczyć, że dla prawidłowej oceny procesu wypierania  $CH_4$  z solanki potrzebny jest szereg danych pomiarowych dotyczących tego złoża.

## Literatura

- [1] Symulator ECLIPSE 300 Release 2008.2 firmy GeoQuest, Schlumberger.
- [2] Szott W. i in.: *Symulacyjne modelowanie procesów sekwencji gazów kwaśnych w zawodnionych poziomach złoża Borzęcin. Konstrukcja modelu symulacyjnego do badań procesów migracji gazów w strukturach geologicznych Borzęcin*. Krosno, czerwiec 2009.
- [3] Szott W.: *Symulacja laboratoryjnych testów wypierania mieszanego dla polskich złóż ropno-gazowych przy pomocy symulatora Eclipse Compositional*. Kraków, czerwiec 2006.



Dr Wiesław SZOTT – absolwent Uniwersytetu Jagiellońskiego i Texas A&M University. Założyciel i kierownik Zakładu Symulacji Złóż Węglowodorów i PMG Instytutu Nafty i Gazu Oddział Krosno. Od ponad 20 lat zajmuje się problematyką modelowania i symulacji złożowych. Autor przeszło 30 prac naukowych i licznych opracowań, głównie z zakresu powyższej tematyki.



Mgr inż. Krzysztof MILEK – absolwent Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie. Od 2009 roku pracownik Zakładu Symulacji Złóż Węglowodorów i PMG Instytutu Nafty i Gazu Oddział Krosno. Zajmuje się tematyką związaną z numerycznym modelowaniem złóż węglowodorów i podziemnych magazynów gazu.



Mgr inż. Andrzej GOŁABEK – absolwent Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej. Od 2008 roku pracownik Zakładu Symulacji Złóż Węglowodorów i PMG Instytutu Nafty i Gazu Oddział Krosno. Zajmuje się różnorodnymi zagadnieniami z zakresu symulacji złóż i informatyki.