

Spis treści

Spis oznaczeń	7
1. Wstęp	13
<i>Stanisław Nagy</i>	
2. Przepływ gazu ziemnego w skałach niekonwencjonalnych	14
<i>Stanisław Nagy, Rafał Smulski, Jakub Siemek</i>	
2.1. Mechanizmy przepływu w skałach niekonwencjonalnych	14
2.1.1. Przepływ w szczelinach sztucznych i naturalnych	16
2.1.2. Przepływ w makro- i mezoporach według równań Darcy'ego i Forchheimera	17
2.1.3. Przepływ w mikroporach i ultramikroporach (nanoporach)	18
2.1.4. Przepływ gazu z poślizgiem w ośrodku porowatym. Liczba Knudsen	18
2.1.5. Przepływ z poślizgiem. Efekt Klinkenberga	20
2.2. Przepływ dyfuzyjny	25
2.2.1. Dyfuzja molekularna	25
2.2.2. Proces dyfuzji w warunkach złożowych	28
2.2.3. Dyfuzja Knudsen	30
2.2.4. Dyfuzja powierzchniowa	32
2.2.5. Dyfuzja przejściowa	32
2.3. Rzeczywisty wpływ dyfuzji na proces transportu gazu	34
Podsumowanie	35
Literatura	36
3. Badania składu gazu ziemnego w warunkach in situ układów gazowych jednofazowych z wykorzystaniem spektrometrii ramanowskiej	40
<i>Szymon Kuczyński, Karol Dąbrowski, Tomasz Włodek, Jan Barbacki, Rafał Smulski, Stanisław Nagy</i>	
3.1. Wprowadzenie	40
3.2. Zjawisko rozproszenia Ramana	41

3.3. Budowa laboratoryjnego stanowiska badawczego do pomiarów w warunkach wysokiego ciśnienia i wysokiej temperatury	42
3.4. Metodyka pomiarów składu mieszanin węglowodorów	43
3.4.1. Program do interpretacji wyników pomiarów spektrometrycznych	45
3.4.2. Algorytm wyznaczający skład mieszaniny gazowej	46
3.4.3. Prezentacja danych pomiarowych	49
3.4.4. Dopasowanie funkcji modelowej	49
3.4.5. Wpływ ciśnienia na intensywność sygnału oraz pozycję pików charakterystycznych	50
3.4.6. Wpływ temperatury na intensywność sygnału oraz pozycję pików charakterystycznych	54
3.4.7. Analiza składu gazu w warunkach laboratoryjnych	57
3.4.8. Baza danych referencyjnych widm ramanowskich	60
3.4.9. Wyniki analiz składu gazu wraz z niepewnością pomiaru	61
3.4.10. Określenie granic wykrywalności sygnału na podstawie analizy spektrometrycznej	63
Podsumowanie	65
Literatura	65
4. Badania spektrometryczne składu gazu ziemnego w warunkach in situ	69
<i>Szymon Kuczyński, Karol Dąbrowski, Tomasz Włodek, Jan Barbacki, Rafał Smulski, Stanisław Nagy, Krzysztof Polański</i>	
4.1. Budowa systemu pomiarowego do badania składu gazu z wykorzystaniem spektrometru połowego 785	69
4.2. Badania polowe (detekcji oraz analizy jakościowej i ilościowej gazu ziemnego) w kopalni gazu ziemnego Wysin-3H (listopad 2016)	69
4.3. Badania polowe składu gazu w otworze eksploatacyjnym (in situ)	73
Podsumowanie	78
Literatura	79
5. Badania struktury łupków ze złóż niekonwencjonalnych na potrzeby analizy oddziaływania skał i płynów szczelinujących	80
<i>Tomasz Wejrzanowski, Łukasz Kaczmarek, Michał Maksimczuk, Jakub Skibiński</i>	
5.1. Wprowadzenie	80
5.2. Materiał badawczy	81
5.3. Metodologia badań struktury skał łupkowych	82

5.4. Badania SEM w zakresie rozpoznawania powierzchni łupków	84
5.5. Badania mikrotomografii (X μ CT) w zakresie rozpoznawania struktury wewnętrznej przestrzeni porowej	85
5.6. Wstępne badania porowatości za pomocą porozymetrii rtęciowej	86
5.7. Pomiary prędkości fal ultradźwiękowych	87
5.8. Badania laboratoryjne oddziaływania analizowanych próbek łupków i wybranych płynów	89
5.9. Uproszczony model zasięgu oddziaływania płynu szczelinującego	89
5.10. Wyniki badań powierzchni z wykorzystaniem SEM	90
5.11. Wyniki badań za pomocą X μ CT	91
5.12. Wyniki badań z wykorzystaniem porozymetrii rtęciowej	95
5.13. Wyniki pomiarów prędkości fal ultradźwiękowych	96
5.14. Wyniki badań laboratoryjnych oddziaływania analizowanych łupków z wybranymi płynami	98
5.15. Wstępne wyniki analizy numerycznej rozwarcia szczeliny podczas szczelinowania hydraulicznego	101
Podsumowanie	103
Literatura	104
6. Modelowanie eksploatacji złóż gazu niekonwencjonalnego z wykorzystaniem symulatora numerycznego	107
<i>Wiesław Szott, Piotr Łętkowski</i>	
6.1. Wprowadzenie	107
6.2. Optymalizacja rojem cząstek	109
6.3. Lot Lévy'ego	110
6.4. Próbkowanie hipersześcianu łacińskiego	111
6.5. Funkcja powierzchni odpowiedzi	112
6.6. Algorytm hybrydowy	115
6.7. Testy zbieżności algorytmu	117
6.8. Konstrukcja i weryfikacja dynamicznego modelu polskich formacji łupkowych – struktura I	120
Podsumowanie	126
Literatura	127
7. Modele zastępcze wykorzystujące sztuczną inteligencję do sporządzania prognozy wydobycia gazu ze złóż łupkowych	129
<i>Łukasz Klimkowski, Stanisław Nagy, Jakub Siemek</i>	
7.1. Sztuczna inteligencja w modelowaniu i symulacji złóż	129
7.2. Model alternatywny	133

7.3. Optymalizacja bazy danych	134
7.3.1. Próbkowanie <i>Latin hypercube</i>	135
7.3.2. Algorytm genetyczny	136
7.4. Baza danych i struktura sztucznej sieci neuronowej	137
7.5. Przykład weryfikacji poprawności modelu na podstawie danych z otworu Barnett-6	142
Podsumowanie	144
Literatura	145
8. Wykorzystanie krzywych spadku wydajności gazu w projektowaniu procesu eksploatacji i szacowaniu zasobów wydobywalnych	147
<i>Jakub Siemek, Stanisław Nagy</i>	
8.1. Wprowadzenie	147
8.2. Model hiperboliczny	149
8.3. Sens fizyczny hiperbolicznej krzywej spadku wydajności dla złóż niekonwencjonalnych	151
8.4. Model Duonga	154
8.4.1. Analiza pojedynczego odwiertu według modelu Duonga	155
8.4.2. Prognozowanie eksploatacji grupy odwiertów metodą Duonga	156
8.5. Model rozciągniętej funkcji wykładniczej (SEDM)	158
8.6. Rekomendacje w odniesieniu do krzywych spadku wydajności	161
Wnioski	162
Literatura	163
9. Wyznaczanie zasobów wydobywalnych na podstawie modeli zastępczych według algorytmu AGH	166
<i>Stanisław Nagy, Jan Barbacki, Łukasz Klimkowski, Jakub Siemek</i>	
9.1. Oszacowanie zasobów gazu w strefie drenażu odwiertu	166
9.2. Aplikacja AIM do wyznaczania zasobów wydobywalnych	171
Wnioski	173
Literatura	174