

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 polowego 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 (XuCT) 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 XuCT..... | 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 Latkowski</i> | |
| 6.1. Wprowadzenie..... | 107 |
| 6.2. Optymalizacja rojem cząstek..... | 109 |
| 6.3. Lot Levy'ego..... | 110 |
| 6.4. Próbkowanie hipersześcianu łącińskiego..... | 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 wydobywania 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 |