



Wybrane problemy wydobywania gazu łupkowego

Maciej Michałowski, Barbara Tora
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

Vladimír Čablik, Lenka Černotová
VŠB – Technical University of Ostrava,

*ICT – Institute of Clean Technologies for Mining and Utilization of
Raw Materials for Energy Use, Ostrava, Czech Republic*

1. Wstęp

Gaz ziemny uznawany za najbardziej ekologiczny z nośników energii jest coraz szerzej wykorzystywany w sektorach energetycznym oraz przemysłowych całego świata w tym Polski. Prognozy mówią, że w przeciągu kilku dekad jego zasoby zostaną wyczerpane. Gaz łupkowy zaliczany jest do złóż niekonwencjonalnych, zalegających w trudno dostępnych (na głębokości od 0,5 do 4 km) basenach sedymentacyjnych w zamkniętych skałach. Dostęp do nich był utrudniony z uwagi na ograniczenia techniczne i wysokie koszty eksploatacji. Obecnie w obliczu wzrostu cen gazu konwencjonalnego i wzrostu popytu na gaz, rośnie zainteresowanie państw i koncernów paliwowych eksploracją tych złóż. W Polsce – według szacunków Państwowego Instytutu Geologicznego – może występować ok 38,1 mld m³ gazu łupkowego [14, 16]. Gdyby te informacje się potwierdziły Polska ma szansę stać się ważnym producentem gazu ziemnego, zmieniając swoją dotychczasową pozycję na rynku i strukturę wykorzystania surowców energetycznych.

2. Zasoby gazu

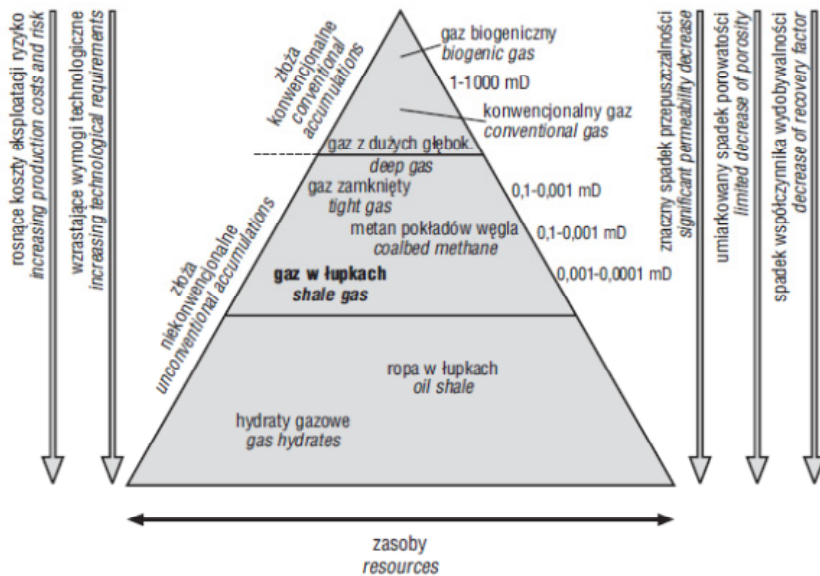
Wydobycie gazu ze złóż niekonwencjonalnych na skalę przemysłową rozpoczęto w Stanach Zjednoczonych w latach 80. XX w. Duże zasoby gazu łupkowego poprawiły bilans energetyczny w Stanach Zjednoczonych i na wiele lat odsunęły groźbę wyczerpania się zasobów gazu

[6–9]. W ostatnich latach gaz z łupków stał się również nadzieją dla Polski, podobnie jak stało się to w przypadku USA, jest więc szansa na poprawienie bilansu energetycznego i uniezależnienie się od importu gazu lub przynajmniej znaczące jego zmniejszenie. W Polsce poszukiwania gazu z łupków są od niedawna prowadzone głównie przez amerykańskie firmy naftowe, które mają największe doświadczenie w tej dziedzinie. Na skalę przemysłową wydobycie gazu niekonwencjonalnego rozpoczęto w Stanach Zjednoczonych co najmniej od roku 1821, kiedy to we Fredonii (Nowy Jork, USA) uzyskano gaz pochodzący z łupków dewońskich Dunkirk [10]. Jednakże w ówczesnych czasach zainteresowanie tym typem gazu było niewielkie, można powiedzieć że znikome, gaz ten nie odgrywał znaczącej roli w energetyce i przemyśle naftowym. Wraz z wzrastającymi okresowo cenami gazu ziemnego i ropy naftowej, jak i coraz częstszą groźbą mówiącą o wyczerpywaniu się zasobów konwencjonalnych, zaobserwowano zainteresowanie niekonwencjonalnymi złożami węglowodorów. Przemysł wydobycia i poszukiwań gazu ziemnego w USA przeszedł rewolucję. Zdano sobie sprawę że gaz, który wcześniej był uważany za nieopłacalny ekonomicznie i trudny do wydobycia stał się alternatywą dla paliw konwencjonalnych. Istotnym aspektem jest również fakt, że to właśnie Stany Zjednoczone jako pionier w dziedzinie zagospodarowania gazu ziemnego z niekonwencjonalnych złóż wprowadziły zmiany w prawie podatkowym stwarzając system zachęt i ulg dzięki którym aktywność w tym sektorze gospodarki znacznie wzrosła.

Rozpoczęto intensywne poszukiwania tego typu gazu i w efekcie Stany Zjednoczone wraz z Kanadą odkryły ogromne złoża gazu ziemnego umiejscowione w zasobach niekonwencjonalnych.

Zasoby te można podzielić na trzy duże typy złóż, czyli gazu ziemnego w łupkach, następnie gazu zamkniętego oraz metanu pokładów węgla kamiennego. Schemat taki nosi nazwę piramidy zasobów gazu (rysunek 1). Największy postęp w intensyfikacji zagospodarowania nastąpił w przypadku gazu z łupków.

Na wierzchołku piramidy umieszczone są złoża konwencjonalne, które z praktycznego punktu widzenia są najbardziej opłacalne i najłatwiejsze do wydobycia, a co się z tym wiąże popyt i wydobycie tego surowca doprowadzi do szybkiego wyeksploatowania takiego złoża. Natomiast wydobycie gazu znajdującego się bliżej podstawy piramidy ciągnie za sobą dodatkowe obciążenia takie jak: wzrastający koszt eksploatacji, ryzyko ekonomiczne związane z wydobyciem, jak również wzrastające wymogi technologiczne.



Rys. 1. Zależność nakładów inwestycyjnych i wymogów technologicznych od zasobów węglowodorów [4]

Fig. 1. Costs and technology dependence on hydrocarbons resources

Z przedstawionych rodzajów gazu niekonwencjonalnego największe znaczenie ma gaz z łupków, gaz zamknięty i metan pokładów węgla. W miarę postępu technologicznego oraz uwarunkowań spowodowanych naturą ekonomiczną, gaz pozyskiwany ze złóż niekonwencjonalnych może przynieść duże korzyści w przyszłości, a co za tym idzie opłacalność w eksploatacji tego właśnie surowca.

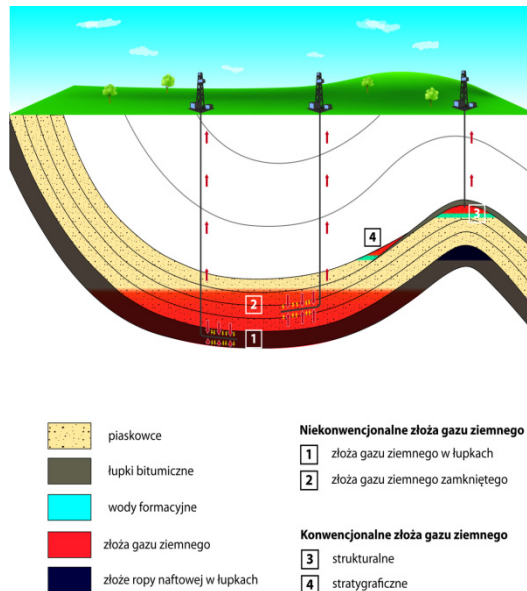
Dotychczasowe badania, rozwój nowoczesnych technologii wydobywczych umożliwił zagospodarowanie przemysłowe gazu ze złóż niekonwencjonalnych. Gaz ziemny można zdefiniować następująco:

- złoża gazu konwencjonalnego – naturalne nagromadzenia gazu uformowane w wyniku wyporu hydrostatycznego i ograniczone rozmiarami pułapki strukturalnej lub stratygraficznej.
- złoża gazu niekonwencjonalnego – naturalne nagromadzenia gazu, które nie są uformowane w wyniku wyporu hydrostatycznego i mają szerokie rozprzestrzenienie w poziomie, niezależne od pułapki strukturalnej lub stratygraficznej.

Akumulacja gazu z łupków posiada następujące cechy:

- charakteryzuje się wysoką zawartością substancji organicznej,
- najczęściej występuje w osadach drobnoziarnistych pochodzenia morskigo,
- posiadają bardzo niską przepuszczalność jak i porowatość,
- jednocześnie jest skałą macierzystą jak i zbiornikową,
- gaz występuje w postaci sorbowanej (na wewnętrznych powierzchniach kerogenu) oraz wolnej (w porach),
- posiada bardzo duże geologiczne zasoby i zarazem niski współczynnik wydobycia,
- wydobycie gazu wymaga najczęściej zabiegów stymulacji hydraulicznej i istnienia naturalnej sieci spękań,
- gaz ten może być pochodzenia bakteryjnego lub termogenicznego.

Na rysunku 2 przedstawiono schemat złoża gazu ziemnego niekonwencjonalnego i konwencjonalnego.

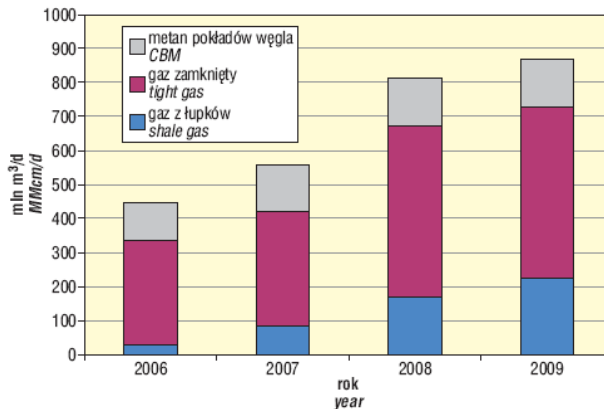


Rys. 2. Różnice między konwencjonalnymi i niekonwencjonalnymi złóżami gazu ziemnego [3]

Fig. 2. Conventional and non-conventional deposits of gas

3. Opłacalność produkcji gazu

Produkcja gazu ziemnego z łupków, którą można uznać za opłacalną ekonomicznie i uzasadnioną powinna posiadać minimalną miąższość kompleksu łupkowego oraz zawartość węgla organicznego (TOC). Im zawartość TOC jest większa tym mniejsza dopuszczalna miąższość [10]. Określa się, że minimalna miąższość o średnim TOC około 2%, to 50–70 m. Odpowiednio duża miąższość kompleksu łupkowego jest wskazana i umożliwia szczelinowanie jego bez naruszania skał otaczających. Można powiedzieć, że gaz ziemny zawarty w złożach łupków typu Barnett to tylko 40%, a pozostałe 60% uległo migracji i ekspulsji, następnie akumulacji w złożach konwencjonalnych. Wydobycie w USA w 2008 r. wynosiło 57 mld m³ i wzrosło aż o około 70 % w stosunku do 2007 r. i jest to wzrost około 6-krotny w porównaniu z rokiem 1998, kiedy Stany Zjednoczone wydobywały ok. 10 mld m³ (rys. 4 i rys. 5).

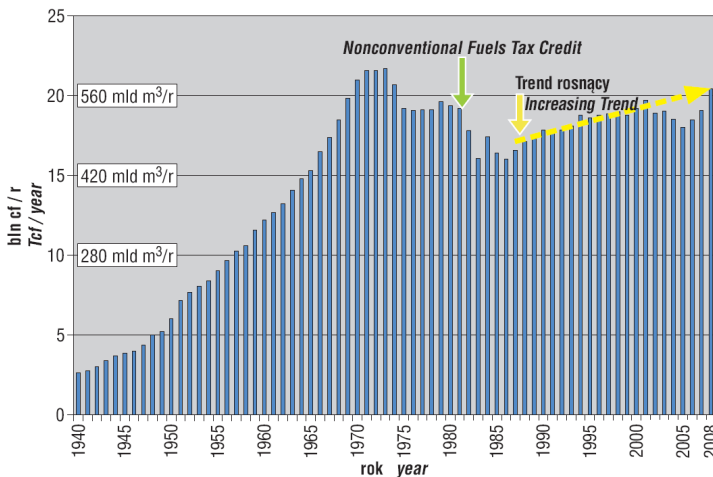


Rys. 3 Średnie dobowe wydobycie gazu ze złóż niekonwencjonalnych w USA [2]
Fig. 3. Average daily gas output from nonconventional deposits in USA

Eksploracja i wydobycie gazu z łupków spośród gazów niekonwencjonalnych wzrasta w USA najszybciej i systematycznie w przeciągu kilku lat. Działalność poszukiwawcza, która dokumentuje coraz to nowe złoża jest skutkiem wysokiego rozwoju wydobywania gazu z łupków. Szacuje się że zasoby przemysłowe gazu z łupków wynosiły w 2008 r. około 930 mld m³ i było to wzrost zasobów szacunkowych w porównaniu do roku poprzedniego o 51%. Według różnych źródeł, całkowite zasoby geolo-

giczne szacowane są na 8,1–23,6 bln m³ gazu ziemnego. Tak duża rozbieżność w ocenie zasobów świadczy o tym jak trudne i skomplikowane są warunki złożowe występowania tego właśnie gazu. Od 1987r. obserwujemy wzrost produkcji gazu który widoczny jest do dnia dzisiejszego.

Wydobycie gazu ze złóż niekonwencjonalnych w znacznym stopniu przyczynił się do poprawy produkcji gazu w USA, mimo iż wydobywanie gazu konwencjonalnego systematycznie spadało. Zwolnienia podatkowe przyczyniły się w znacznym stopniu do wzrostu wydobycia gazu ze złóż niekonwencjonalnych, trend ten został podtrzymany także poprzez rozwój nowych technologii, czyli wierceń poziomych i nowych metod szczelinowania hydraulicznego.



Rys. 4 Całkowite wydobycie gazu ziemnego w USA [wg.3]

Fig. 4. Total natural gas production in USA

Duże znaczenie miała także polityka zliberyzowanego rynku w Stanach Zjednoczonych która w elastyczny sposób potrafiła zareagować na zmniejszające się wydobycie i podjąć odpowiednie kroki aby przeciwdziałać i powstrzymać uzależnienie się od importu gazu. Gwałtowny wzrost wydobycia gazu z łupków można zawdzięczyć rozwojowi technologii udostępniania gazu, chodzi tu głównie o metody wiercenia poziomego. Opłacalność przyszłego wydobycia jest głównym aspektem przy poszukiwaniu gazu z łupków. Taka opłacalność eksploatacji zależy od czynników:

- wydajności z jaką możemy produkować gaz z pojedynczego otworu,
- całkowitych zasobów przemysłowych gazu,
- koszty operacyjne czyli głównie koszty wierceń eksploatacyjnych.

Wielkość średniego wydobycia gazu ze złóż niekonwencjonalnych w USA przedstawiono na rysunku 3n natomiast całkowite wydobycie gazu ziemnego przedstawiono na rysunku 4.

4. Trudności wydobycia gazu

Gaz z łupków jest stosunkowo łatwy do odkrycia, a jego zasoby tworzą ogromne akumulacje, lecz trudno go wydobyć ze złoża. Przy poszukiwaniach kluczowe jest to jak dużo możemy uzyskać gazu ze złoża i w jakim tempie, istotne są również koszty jego pozyskiwania. Przykład złóż amerykańskich pokazuje, że początkowe wartości maksymalnej wydajności z otworów poziomych wahają się od 15 tys. m³ do 140 tys. m³ na dobę (10–100 m³/min). Są jednak przypadki, kiedy maksymalna wydajność z otworu dochodzi do 600 tys. m³ na dobę (około 400 m³/min), jest to sytuacja w której występuje anomalnie wysokie ciśnienie złożowe, a także większa głębokość. Można zauważyć, że opłacalność eksploatacji gazu z łupków u różnych operatorów bywa różna, związane jest to z bardzo różnymi warunkami złożowymi, nawet w obrębie tej samej koncesji. Także umiejscowienie koncesji wydobywczej ma ogromny wpływ na opłacalność wydobycia, związane jest to z miejscem o najlepszej produktywności.

Pozyskanie dużego kapitału na uruchomienie inwestycji, a co za tym idzie dużo bardziej ostrzejszego sposobu inwestowania, ma na celu wykonanie znacznie większej liczby otworów z których można pozyskać gaz łupkowy. Wydajność gazu z tych otworów jest znacznie mniejsza, lecz zapewnia dłuższy czas eksploatacji w porównaniu do otworów konwencjonalnych. Zwrot zainwestowanych środków kapitałowych rozciąga się w czasie, dlatego też firmy najczęściej wybierają strategię opierającą się na minimalizowaniu ryzyka.

Acknowledgement

Article has been done in framework of polish – czech cooperation project financed by AGH Kraków and VSB TU Ostrava.

Literatura

1. **Drop K., Kozłowski M.:** *Rola geofizyki wiertniczej w określeniu zasobów gazu ziemnego w łupkach*. Prz. Geol., 58, 263–265 (2010).
2. **Hadro J.:** *Strategia poszukiwań złóż gazu ziemnego w łupkach*. Prz. Geol., 58, 250–258 (2010).
3. **Hill D.G., Nelson C.R.:** *Gas productive fractured shales: an overview and update: 2000*. GRI Gas TIPS, 6, 4–13 (2000).
4. **Holditch S.A. (team leader):** *Unconventional Gas*. Topic Paper, 29, Working Document of the NPC Global Oil & Gas Study. 2007.
5. **Jarvie D.:** *Using geochemistry to assess unconventional shale resources plays*. AAPG Winter Education Program, Huston, USA. 2009.
6. **Jarvie D.M., Hill R.J., Ruble T.E., Pollastro R.M.:** *Unconventional shale-gas systems: The Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment*. AAPG Bull., 91 (4), 475–499 (2007).
7. **Kotarba M.J.:** *Composition and origin of gases in the Upper Silesian and Lublin Coal Basins, Poland*. Org. Geochem., 32, 163–180 (2001).
8. **Macuda J.:** *Środowiskowe aspekty produkcji gazu ziemnego z niekonwencjonalnych złóż*. Prz. Geol., 58, 266–270 (2010).
9. **Poprawa P.:** *Potential for Gas Shale Exploration in the Upper Ordovician-Silurian and Lower Carboniferous Source Rocks in Poland*. AAPG Ann. Convent. 2009.
10. **Poprawa P.:** *Potencjał występowania złóż gazu ziemnego w łupkach dolnego paleozoiku w basenie bałtyckim i lubelsko-podlaskim*. Prz. Geol., 58, 226–249 (2010).
11. **Poprawa P.:** *Poszukiwania złóż gazu ziemnego w łupkach (shale gas) w Polsce*. Wiad. Naft. Gazow. 2010b, 2(142), 11–15 (2010).
12. **Zalewska E.:** *Koncesje na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodórów w Polsce w tym shale gas tight gas*. Prz. Geol., 58, 213–215 (2010).
13. **Żelichowski A.:** *Occurrence of Carboniferous rocks and palaeotectonic conditions of sedimentation in the area of Poland – Western Pomerania and central Poland*. Pr. Inst. Geol., 147, 14–17 (1995).
14. **Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A.:** *Gospodarka pierwotnymi nośnikami energii w Polsce a ochrona środowiska przyrodniczego*. Rocznik Ochrona Środowiska, Tom 11, Rok 2009, 103–131 (2009).
15. **Hudeček V., Urban P.:** *Gas Emission from Rock Mass in Areas with a Hazard of Coal and Gas Outbursts*. Journal of the Polish Mineral Engineering Society, No 2(24), 49–57 (2010).
16. **Gawłowski S., Listowska-Gawłowska R., Piecuch T.:** *Bezpieczeństwo Energetyczne Polski na lata 2010-2110*. Rocznik Ochrona Środowiska, Tom 12, Rok 2010, 127–176 (2010).

Selected Issues of Shale Gas Exploitation

Abstract

Natural gas is considered to be the one of the most ecological sources of energy. Natural gas is more and more often used in energy and industrial sectors around the world, including Poland. Forecasts suggest that within a few decades of natural gas resources will be exhausted. Shale gas is considered to be an unconventional resource. It is deposited in hard to access sedimentary basins (at a depth of 0.5 to 4 km). Access to shale gas was difficult due to technical limitations and high costs. Conventional gas price increases and gas demand is growing so there is more interest by the state and fuel companies in the shale gas exploitation. In Poland – according to estimates by consulting companies – resources of shale gas could be from 1.5 to even 3 trillion m³. If this is confirmed Poland has a chance to become one of the largest exploiters and exporters of natural gas, changing its current market position and pattern of energy resources use.