

Mariusz Miziołek

Instytut Nafty i Gazu, Oddział Krosno

Analiza geologiczno-złożowa wytypowanych złóż gazu ziemnego w rejonie zapadliska przedkarpackiego, pod kątem konwersji na małe, lokalne magazyny gazu

W artykule omówiono możliwości wykorzystania wytypowanych, mioceńskich złóż gazu ziemnego z rejonu Tarnowa, dla celów budowy podziemnych magazynów gazu o znaczeniu lokalnym lub regionalnym. Złóża tego rejonu charakteryzują się odpowiednią budową strukturalną, szczelnością i dobrymi parametrami petrofizycznymi, a dość znaczny stopień szczypania wielu z nich powoduje, że do konwersji złoża na magazyn można przystąpić niemal natychmiast.

Geological analysis of choosing natural gas fields located in Carpathian Foredeep for developing small, local gas storages

The article presents possibility of use of miocen gas fields located in Tarnów region under-ground gas storages. Gas fields this region characterize suitable structural build, tightness and very good reservoir parameters. High percentage of depletion of the fields located in Tarnów region gives possibility of practically immediate conversion of selected fields to underground gas storage.

Wstęp

Obszar zapadliska przedkarpackiego jest rejonem występowania licznych złóż gazu ziemnego. Złóża te grupują się przede wszystkim w przykarpackiej części zapadliska przedkarpackiego. W większości wypadków są to złoża w dużym stopniu już szczypane, choć są też złoża młodsze, o niskim stopniu szczypania. Zasadniczą ich cechą jest to, że są to złoża wielohoryzontowe, w których poszczególne horyzonty są niezależne pod względem energetycznym oraz hydrogeologicznym. Zasoby poszczególnych horyzontów wynoszą od kilku milionów do kilku miliardów metrów sześciennych. Złóża, szczególnie te, które występują w przykarpackiej części zapadliska, stanowią interesujące obiekty dla celów podziemnego magazynowania gazu.

Poniżej przedstawiono kilka wytypowanych obiektów z rejonu Tarnowa, dla których wykonano wstępną

analizę geologiczno-złożową pod kątem podziemnego magazynowania gazu o znaczeniu lokalnym lub regionalnym.

Do tego typu zastosowań najlepiej nadają się (jak pokazują to dotychczasowe doświadczenia np. Brzeźnicy i Swarzowa) szczypane złoża gazu ziemnego o zasobach geologicznych od kilkudziesięciu do 200-300 mln m³. Złóża powinny charakteryzować się m.in. dobrym zamknięciem struktury: strukturalnym lub litologicznym oraz dobrą porowatością i przepuszczalnością skał zbiornikowych, gwarantującymi jak najwyższe wydajności odwiertów. Magazyny tego typu wykorzystywane są przede wszystkim do zasilania gazociągów niskiego i średniego ciśnienia, choć w przypadku stosowania sprężarek niewykluczone jest również zasilanie gazociągów wysokiego ciśnienia.

Zarys budowy geologicznej rejonu Tarnowa

Rejon Tarnowa leży w południowo-zachodniej części zapadliska przedkarpackiego, w bezpośredniej strefie nasunięcia karpacko-zgłobickiego. W obszarze tym wydziela się 4 zasadnicze jednostki strukturalne:

- podłoże prekambryjskie z pokrywą paleozoiczno-mezozoiczną,

- zapadlisko przedkarpackie,
- nasunięcie karpacko-zgłobickie,
- czwartorzęd.

Na silnie zerodowanej powierzchni prekambryjskiej oraz jej pokrywy paleozoiczno-mezozoicznej znajdują się molasowe utwory miocenu autochtonicznego, miąższości

Kompleks I jest najniższy i występuje na średniej głębokości ok. 955 m. Pod względem strukturalnym tworzy antyklinę w kształcie trójkąta. Pułapka złożowa ma charakter pułapki litologiczno-strukturalnej. Wysokość strefy gazowej jest stosunkowo niewielka i wynosi 15-20 m. Serię zbiornikową kompleksu tworzą dwie serie piaskowcowe, miąższości po ok. 10-12 m, rozdzielone pakietem łupków.

Kompleks II złoża Szczepanów strukturalnie ma postać antykliny o przebiegu NW-SE, gdzie średnia głębokość stropu wynosi ok. 843 m. Wysokość złoża jest również niewielka, rzędu 13-18 m. Pułapka złożowa ma charakter pułapki strukturalnej podścielonej wodą, o konturze poziomym. Serię zbiornikową tworzą ławice piaskowcowe grubości od kilkudziesięciu centymetrów do kilku metrów, o miąższości całkowitej 3-15 m.

Podstawowe parametry petrofizyczne oraz złożowe kompleksu I i II zawiera tablica 1.

Pierwotne ciśnienie złożowe w kompleksie I wynosiło 10,7 MPa, a w kompleksie II – 9,17 MPa.

Eksploatacja kompleksu I wskazuje, że złożo pracuje w warunkach ekspansyjnych, ze słabym naporem wód. W kompleksie II wody złożowe mają charakter wód okalających, a sam kontur jest poziomy. Eksploatacja kompleksu II wskazuje, że w horyzoncie panują warunki ekspansyjne, ze słabym naporem wód złożowych.

Skład gazu w kompleksie I i II wskazuje, że jest to gaz wysokometanowy (odpowiednio ok. 94% i 97% metanu), bez zawartości szkodliwych substancji, np. H_2S ; zarówno w gazie, jak i w wodzie.

Szczelność struktur w warunkach pierwotnych wynikała z uszczelniających właściwości serii łupkowych, miąższości 3-7 m, izolujących od stropu każdy kompleks oraz wód złożowych podścielających strefę gazową od spągu.

Pierwotne zasoby gazu w kompleksie I wynosiły ok. 270 mln m^3 , a szczypanie zasobów na koniec 2006 roku wyniosło 79,9%. W kompleksie II zasoby geologiczne gazu wynosiły 270 mln m^3 , a ich szczypanie na 2006 rok wyniosło 66,6%.

Tablica 1

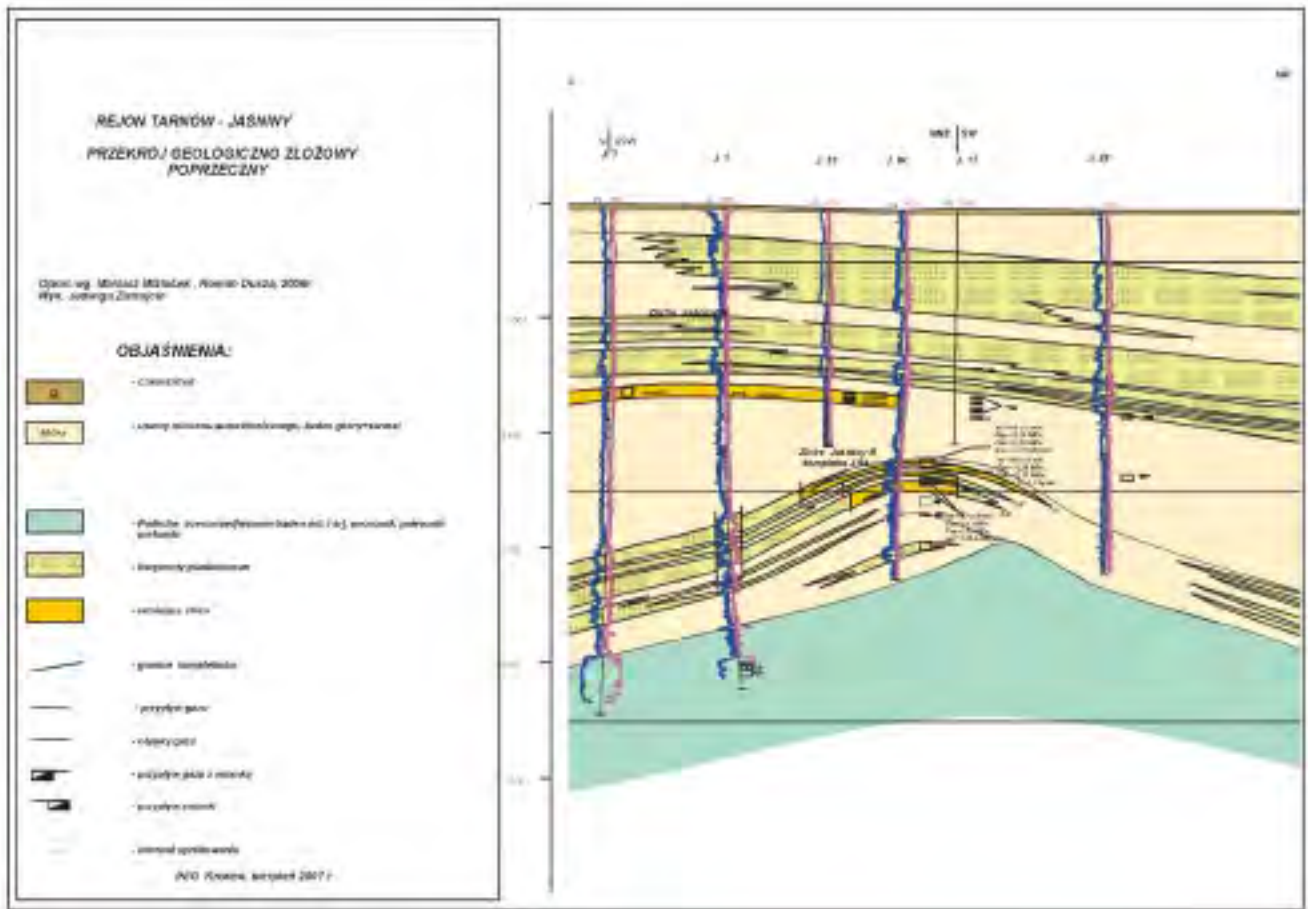
Złoże	Miąższość efektywna łef [m]	Głębokość średnia [m]	Porowatość efektywna [%]	Nasylenie gazem [%]	Wydajność absolutna odwiertów [m^3/min]	Ciśnienie pierwotne [MPa]
Szczepanów kompleks I	16,1	955	19,5	69,4	458 (średnia)	10,7
Szczepanów kompleks II	11,5	843	26,2	71,4	352 (średnia)	9,17
Jaśniny-9k-horyzont I	22,6	1130	19,1		55-588	12,17
Tarnów-VA	14,4	1367 ppm	17,6	75,5	101-960	16,98

Analiza złoża Jaśniny kompleks J.9k – horyzont I

Złoże Jaśniny kompleks J.9k położone jest ok. 10 km na wschód od Tarnowa i ok. 3 km na N od linii nasunięcia karpacko-zgłobickiego na miocen zapadliska przedkarpackiego. Złoże stanowi głębszą część złoża Jaśniny N i składają się na niego trzy horyzonty gazowe (rysunek 2): I, II i III, z których największy jest horyzont I, występujący najwyżej w profilu. Złoże związane jest z serią piaskowcową niższej części utworów miocenu.

Horyzont I stanowi strop serii piaskowcowej. Pod względem strukturalnym strop horyzontu I tworzy antyklinę o kierunku WE, z dobrze ukształtowanym skrzydłem południowym i wyklinowującym się do podłoża miocenu skrzydłem północnym. Pułapka

złożowa ma tu charakter pułapki strukturalno-litologicznej. Średnia głębokość stropu horyzontu wynosi ok. 1130 m, a wysokość struktury ponad kontur wody – ok. 100 m. Skałą zbiornikową są drobnoziarniste, jasnoszare, szare i szarozielone piaskowce, najczęściej kruche i rozsypliwie, tworzące ławice do kilku metrów. Miąższość całkowita serii piaskowcowej nawiercona w otworach zmienia się w przedziale 48-67 m. Generalnie rośnie ona w kierunku południowym i maleje do zera w kierunku północnym, gdzie następuje wyklinowanie serii piaskowcowych do podłoża. Podstawowe parametry petrofizyczne zostały określone według oceny pomiarów geofizycznych na dwóch otworach, a uzyskane dane zawiera tablica 1.



Rys. 2. Złoże Jaśminy. Przekrój geologiczno-złożowy

Biorąc pod uwagę, że w kierunku północnym następuje zanik piaskowców, należy sądzić, że w tym samym kierunku następuje spadek porowatości, przepuszczalności, miąższości efektywnej, itd. W kierunku przeciwnym, czyli ku południowi, powinien natomiast następować wzrost tych parametrów.

Pierwotne ciśnienie złożowe w horyzoncie I wynosiło 12,17 MPa. Pierwotny kontur złoża występował na głębokości ok. 960 m ppm, a istniejące wody złożowe są typu okalającego. Eksploatacja prowadzona od 2001 roku wskazuje, że dotychczasowy system energetyczny jest systemem typu wolumetrycznego. W związku z tym, że ilość wydobytego gazu jest nieduża (ok. 60 mln m³ w 2006 r.), należy jeszcze poczekać z ostateczną oceną

systemu energetycznego złoża. Gaz w horyzoncie I jest gazem wysokometanowym (ok. 96% metanu) i nie zawiera substancji szkodliwych, np.: H₂S.

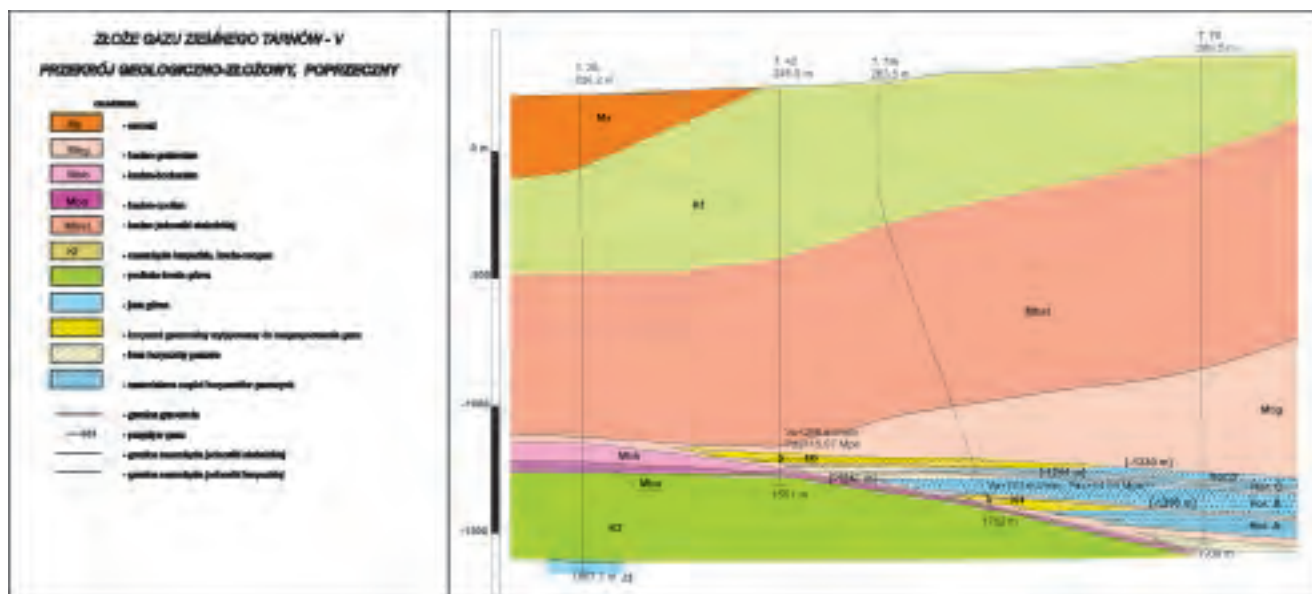
W warunkach pierwotnych struktura była szczelna, o czym świadczy powstanie złoża gazu ziemnego, a zapewniała ją seria osadów ilasto-mułowcowych miąższości od 200 do 400 m oraz duża wysokość struktury – 100 m strefy gazowej i 140 m od konturu do najwyższego zamknięcia strukturalnego.

Pierwotne zasoby geologiczne można ocenić na ok. 310 mln m³, a szczyt zasobów do końca 2006 roku wyniosło ok. 22%. Wydajności otworów po dowieczeniu horyzontu wynosiły w zakresie 55-588 m³ na minutę.

Analiza złoża Tarnów-VA

Złoże Tarnów-V położone jest bezpośrednio na S od Tarnowa. Jest to złożo wielohoryzontowe, z pięcioma horyzontami gazowymi, ułożonymi kulisowo i przekraczająco jeden nad drugim (rysunek 3). Wszystkie horyzonty mają charakter pułapek litologiczno-struk-

turalnych – piaskowce wyklinowują się po wzniosie do podłoża podmiocenińskiego. Pod względem strukturalnym strop horyzontu VA ma kształt antykliny, z niewykształconym skrzydłem SW. Skrzydło NE wyklinowuje się do podłoża w kierunku SW, tworząc



Rys. 3. Złoże Tarnów-V. Przekrój geologiczno-złożowy, poprzeczny [wg U. Baran, zmieniony]

zamkniętą strukturę, opadającą ku NW. Średnia głębokość struktury wynosi ok. 1367 m ppm, a jej wysokość między konturem a kulminacją można ocenić na 60-70 m. Strefa gazowa podścielona jest wodą złożową, okalającą. Miąższość całkowita horyzontu VA wynosi od 0 (na wyklinowaniu w SW części złoża) do 70 m w części NE złoża. Skałą zbiornikową są drobno- i średnioziarniste piaskowce szare i jasnoszare, słabozwięzłe, rzadziej zwięzłe. Piaskowce tworzą 3-4 pakiety piaskowcowe o miąższości ok. 2-20 m, rozdzielane 1-5 m osadami ilasto-mułowcowymi. Podstawowe parametry petrofizyczne horyzontu VA przedstawiono w tabeli 1. Wielkość przedstawionych parametrów będzie się zmniejszać w kierunku SW złoża, czego powodem jest wyklinowywanie się piaskowców w tym kierunku.

Pierwotne ciśnienie złożowe w horyzoncie VA wynosiło ok. 16,98 MPa, natomiast kontur znajdował się na głębokości ok. -1396 m ppm. Eksploatacja złoża trwająca od 2000 roku wskazuje, że odbywa się ona

w warunkach wodnonaporowych, o czym świadczy szybko rosnący wykładnik wodny. W związku z tym, że analiza horyzontu odbywała się w 2003 roku, ocenę warunków energetycznych należy uznać za wstępną.

Gaz występujący w horyzoncie VA, tak jak i w pozostałych horyzontach złoża Tarnów-V, jest gazem metanowym, zaazotowanym. Zawartość metanu wynosi tu ok. 68%, a azotu ok. 23,5%. Gaz i woda złożowa nie zawiera substancji szkodliwych, np. H_2S .

Szczelność struktury w warunkach pierwotnych była pewna, o czym świadczy powstanie złoża. Była ona efektem szczelności stropowej serii łupkowej grubości 5-7 m, oddzielającej horyzont A od horyzontu B. Od spągu horyzont izolują osady ilaste i anhydrytowe oraz wody złożowe.

Pierwotne zasoby geologiczne horyzontu VA można ocenić na ok. 270 mln m^3 . W warunkach początkowych wydajności absolutne odwiertów wynosiły w zakresie 101-960 m^3/min .

Projektowane parametry PMG

Dla złoża Szczepanów kompleks I i II oraz złoża Tarnów-V horyzont A, zostały wykonane przez mgr inż. B. Filara (INiG, Zakład PMG) obliczenia parametrów ewentualnych PMG. Poniżej w tabeli 2 zestawiono wyniki obliczeń tych parametrów.

Przedstawione powyżej analizy geologiczno-złożowe wytypowanych złóż wykazały, że w rejonie Tarnowa występują odpowiednie struktury, w postaci

szczypanych lub częściowo szczypanych złóż gazu ziemnego, do budowy niedużych PMG, mogących spełniać funkcje magazynów o znaczeniu lokalnym i regionalnym. Należy zaznaczyć, że w rejonie zapadliśka przedkarpackiego, w tym także w rejonie Tarnowa, istnieje szereg struktur, w których można budować również większe magazyny, o pojemności nawet do kilku miliardów metrów sześciennych.

Tablica 2

Parametry PMG	Jednostka	Szczepanów kompleks I	Szczepanów kompleks II	Tarnów-V horyzont A
Pojemność czynna	[mln m ³]	140	135	115
Pojemność buforowa	[mln m ³]	100	135	125
Zakres ciśnień pracy PMG	[MPa]	5-11	5-9,5	8-15
Czas odbioru pojemności czynnej	[dzień]	120	120	101
Wydajność PMG	[m ³ /min.]			666
Wydajność średniego odwiertu	[m ³ /min.]	76	166	158
Ilość potrzebnych odwiertów	[szt.]	11	5	5

Recenzent: prof. dr hab. inż. Andrzej Kostecki

Literatura

- [1] Cisek B., Czernicki J.: *Zagadnienie gazonośności horyzontów mioceńskich strefy zewnętrznej przed czołem nasunięcia karpackiego i stebnickiego*. Wiadomości Naftowe nr 6, Krosno 1964.
- [2] Czernicki J., Dusza R.: *Przykład akumulacji gazu ziemnego w strefie przykarpackiej utworów miocenu autochtonicznego*. Wiadomości Naftowe nr 7-8, Krosno 1971.
- [3] Czernicki J., Dusza R.: *Litologiczne wykształcenie utworów miocenu jednym z głównych warunków powstania akumulacji gazu ziemnego*. Wiadomości Naftowe nr 7-8 i 9, Krosno 1972.
- [4] Dziadzio P., Maksym A., Olszewska B.: *Sedymentacja utworów miocenu autochtonicznego we wschodniej części zapadliska przedkarpackiego*. Przegląd Geologiczny, vol. 54, nr 5, 2006.
- [5] Gąsiewicz A., Czapawski G., Paruch-Kulczycka J.: *Granica baden-sarmat w zapisie geochemicznym osadów w N części zapadliska przedkarpackiego – implikacje stratygraficzne*. Przegląd Geologiczny, tom 52, Warszawa 2004.
- [6] Jawor E.: *Poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów w nieantyklinalnych pułapkach w środkowej części zapadliska przedkarpackiego*. Konferencja Naukowo-Techniczna, Krosno 1982.
- [7] Krzywiec P., Aleksandrowski P., Florek R., Siupik J.: *Budowa brzeżnej strefy Karpat zewnętrznych na przykładzie mioceńskiej jednostki Zgłobiec w rejonie Brzeska-Wojnicz – nowe dane, nowe modele, nowe pytania*. Przegląd Geologiczny, tom 52, nr 11, 2004.
- [8] Krzywiec P.: *Geodynamiczne i tektoniczne uwarunkowania ewolucji basenów przedgórskich z odniesieniami do zapadliska przedkarpackiego*. Przegląd Geologiczny, vol. 54, nr 5, 2006.
- [9] Maksym A.: *Środowisko sedymentacji utworów miocenu autochtonicznego w brzeżnej strefie Karpat, a interpretacja geologiczno-złożowa w obszarze Husów-Albigowa-Krasne*. Konferencja Naukowo-Techniczna, Warszawa 1997.
- [10] Myśliwiec M.: *Poszukiwania złóż gazu ziemnego w osadach miocenu zapadliska przedkarpackiego na podstawie interpretacji anomalii sejsmicznych – weryfikacja anomalii*. Przegląd Geologiczny, tom 52, nr 4, 2004.
- [11] Myśliwiec M.: *Poszukiwanie złóż gazu ziemnego w osadach miocenu zapadliska przedkarpackiego na podstawie interpretacji anomalii sejsmicznych – podstawy fizyczne i dotychczasowe wyniki*. Przegląd Geologiczny, tom 52, nr 4, 2004.
- [12] Myśliwiec M.: *Mioceńskie skały zbiornikowe zapadliska przedkarpackiego*. Przegląd Geologiczny, tom 52, nr 7, 2004.
- [13] Oszczytko N.: *Powstanie i rozwój polskiej części zapadliska przedkarpackiego*. Przegląd Geologiczny, vol. 54, nr 5, 2006.
- [14] Poltowicz S.: *Wgłębna tektonika brzegu Karpat w okolicy Tarnowa i Pilzna*. Roczn. Pol. Tow. Geol. tom 44, z. 4, Kraków 1974.
- [15] Stupnicka E.: *Geologia regionalna Polski*. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1989.



Mgr Mariusz MIZIOLEK – geolog, absolwent Uniwersytetu Jagiellońskiego. Pracuje w Zakładzie Podziemnego Magazynowania Gazu. Zajmuje się geologią podziemnych magazynów gazu zapadliska przedkarpackiego i Karpat oraz analizą geologiczno-złożową zarówno PMG oraz złóż gazu ziemnego. Współautor kilku dokumentacji geologicznych z tego rejonu.