

**Janowski Mariusz\*, Kośmider Janusz\***

## **METODA PRZYWRACANIA WYDOBYCIA Z ZAWODNIONYCH GAZOWYCH ODWIERTÓW PAKEROWYCH**

### **1. WSTĘP**

Warunki eksploatacji odwiertów pakerowych, z których w strumieniu gazu ziemnego wypływa również woda złożowa, są bardzo skomplikowane i obarczone poważnym ryzykiem utraty wydobywania w przypadku wstrzymania w nich przepływu nawet na kilka godzin.

W praktyce przemysłowej wydarzenia takie miały już wielokrotnie miejsce i objawiały się niemal natychmiastowym ustaniem wypływu z odwiertów w czasie wznawiania ich eksploatacji. Sytuacje te były związane z zablokowaniem w odwiertach strefy gazowej przy równoczesnym wypełnieniu rur wydobywczych wodą złożową do takiego stopnia, że ciśnienie hydrostatyczne słupa zgromadzonej wody zrównoważyło ciśnienie złożowe. Podejmowane w takich przypadkach próby wywołania dopływu gazu ziemnego do odwiertów najczęściej nie przynosiły spodziewanych efektów, w związku z czym uznawano, że nastąpiło całkowite zawadnienie części udostępnionego złoża i odwierty takie były kwalifikowane do likwidacji.

Utracenie warunków wypływu gazu ziemnego z kilku odwiertów w kopalni Radlin, wskutek przerwania ich eksploatacji na czas prowadzenia okresowych pomiarów, skłoniło autorów artykułu do poszukiwania efektywnego sposobu cofnięcia zmian zaistniałych w złożu. W wyniku podjętych działań opracowano metodę przywracania wydobywania, której przydatność w warunkach przemysłowych została potwierdzona w trakcie zabiegu przeprowadzonego w grudniu 2004 r. w odwiercie Radlin 53.

### **2. WARUNKI ZAWADNIANIA SIĘ GAZOWYCH ODWIERTÓW PAKEROWYCH**

Przypadki zawadniania się odwiertów pakerowych w złożach gazu ziemnego w zielonogórskim Oddziale Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa najczęściej były obser-

---

\* Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo SA w Warszawie, Oddział w Zielonej Górze

wowane w momencie wznawiania wydobycia po zakończeniu tzw. pomiarów okresowych, które trwały z reguły 2 tygodnie. Wydarzenia te miały miejsce w odwiertach udostępniających utwory czerwonego spągowca, z których przed wstrzymaniem eksploatacji wydobywano gaz ziemny z dużą ilością wody złożowej o gęstości wynoszącej nawet  $1,2 \text{ g/cm}^3$ .

W rurach wydobywczych takich odwiertów odbywał się przepływ dwufazowy, przy czym pewna ilość wody z uwagi na małą prędkość przepływu była ciągle „zawieszona” w strumieniu przemieszczającego się gazu ziemnego. Z faktem tym była związana wartość ciśnienia głowicowego dynamicznego niższa w niektórych przypadkach nawet o 6 MPa od ciśnienia głowicowego statycznego.

Po wstrzymaniu wydobycia woda złożowa opadała na spód odwiertu, a gaz ziemny przemieszczał się ponad nią. Z uwagi na naturę zjawisk zachodzących w układach gazowo-cieczowych, proces taki powodował przyrost ciśnienia dennego w odwiercie powyżej ciśnienia panującego w strefie przyodwiertowej. W rezultacie następowało przetłaczanie wody złożowej z odwiertu do skały zbiornikowej nie tylko do części zawodnionej, ale również do strefy nasyconej jeszcze gazem ziemnym.

Po wniknięciu wody do ośrodka porowatego w skałe złożowej następowały bardzo poważne zmiany w przepuszczalności przede wszystkim dla fazy gazowej. W niektórych przypadkach pęcznienie spoiwa ilastego powodowało prawie całkowity zanik przepuszczalności dla jakiegokolwiek fazy. Przedostanie się wody do kapilar o określonej średnicy nawet bez efektu powiększania objętości materiału ilastego skutkowało zablokowaniem przepływu gazu ziemnego z uwagi na duże wartości ciśnienia kapilarnego.

Przy wznawianiu wydobycia z odwiertów, w których nastąpiło wtłoczenie wody złożowej do strefy nasyconej gazem ziemnym, odbierano tylko taką ilość gazu, która znajdowała się w rurach wydobywczych. Po wytworzeniu depresji ciśnienia rury wydobywcze wypełniały się jedynie wodą złożową. Dopływ gazu ziemnego do odwiertów w takich warunkach nie był możliwy ze względu na wcześniejsze zablokowanie strefy gazowej przez wtłoczoną tam wodę złożową.

Opisane zjawiska prowadzące do zawadniania się pakerowych odwiertów gazowych w rzeczywistości są związane z lokalnymi zmianami warunków przepływu gazu ziemnego w złożu i nie mogą być kojarzone z całkowitym utraceniem zdolności wydobywczej odwiertu, jak to ma miejsce w momencie podniesienia się konturu gaz-woda ponad strop udostępnionego interwału skały zbiornikowej.

Zawadnianie się gazowych odwiertów bezpakerowych jest znacznie mniej prawdopodobne i groźne w skutkach w porównaniu z odwiertami pakerowymi, z uwagi na kontakt pomiędzy rurami wydobywczymi a przestrzenią międzyururową, która znacząco kompensuje przyrost ciśnienia dennego po przemieszczeniu się w rurach wydobywczych gazu ziemnego ponad wodę złożową.

### **3. IDEA METODY PRZYWRACANIA WYDOBYCIA**

Autorzy artykułu przed rozpoczęciem właściwych prac projektowych związanych z określeniem sposobu przywracania wydobycia z zawodnionych pakerowych odwiertów gazowych przeprowadzili szereg badań w celu ustalenia przyczyn zaistniałych zjawisk.

W ramach tych działań dokonali analizy warunków eksploatacji odwiertów gazowych, które niespodziewanie uległy zawodnieniu. Jak już wcześniej wspomniano, zjawiska takie występowały głównie po wstrzymaniu wydobywania z odwiertów na czas trwania pomiarów okresowych. Cechą charakterystyczną tych przypadków było to, że wykładniki wodne w odwiertach przed przerwaniem eksploatacji były znacznie niższe aniżeli w innych odwiertach, które jednak nie uległy zawodnieniu, gdyż utrzymywano w nich ciągły przepływ.

Te właśnie ustalenia pozwoliły na sformułowanie wniosku, że w zawodnionych odwiertach gazowych nie mogło dojść w ciągu kilku dni do nagłej zmiany charakteru nasycenia w udostępnionym interwale złoża. Wobec tego przyczyną braku dopływu gazu ziemnego do odwiertów było raczej lokalne zablokowanie strefy gazowej przetłoczoną tam wodą złożową aniżeli całkowite wydobywanie gazu z danej strefy przyodwiertowej.

W świetle tych faktów stało się jasne, że działania zmierzające do przywrócenia wydobywania z zawodnionych odwiertów gazowych powinny głównie polegać na wytworzeniu i utrzymywaniu właściwej depresji ciśnienia dennego, aby możliwe było oczyszczenie zablokowanej wodą strefy gazowej.

W ramach dalszych analiz ustalono, że do oczyszczenia zablokowanej strefy gazowej z wtłoczonej tam wody złożowej (niekiedy w ilości tylko około 1 m<sup>3</sup>) potrzebne będzie odebranie z odwiertu w czasie całego zabiegu kilkudziesięciu lub nawet kilkuset m<sup>3</sup> wody złożowej. Prognozy te wiązano z założeniem (co zostało potwierdzone w czasie prac w odwiercie Radlin 53), że w trakcie utrzymywania depresji ciśnienia dennego do odwiertu będzie dopływać głównie woda z zawodnionej części złoża i tylko znikoma jej ilość będzie pochodzić z zablokowanej strefy gazowej.

Okazało się również, że do czasu pojawienia się w odwiercie gazu ziemnego z zablokowanej strefy gazowej potrzebne będą stosunkowo duże ilości gazu z innego źródła, aby można było na bieżąco wynosić z odwiertu dopływającą wodę złożową. Dostarczanie gazu na spód odwiertu pakierowego można (teoretycznie) zrealizować poprzez użycie coiled tubing lub otwarcie tulei cyrkulacyjnej i wprowadzenie gazu w miejsce cieczy nadpakierowej. W niektórych przypadkach nie jest jednak możliwe zastąpienie w przestrzeni nadpakierowej cieczy gazem z powodu blokady mechanicznej tulei cyrkulacyjnej lub z uwagi na nadmierne po takim zabiegu obciążenie rur okładzinowych. Pozostaje więc w takich sytuacjach zastosowanie tylko coiled tubing.

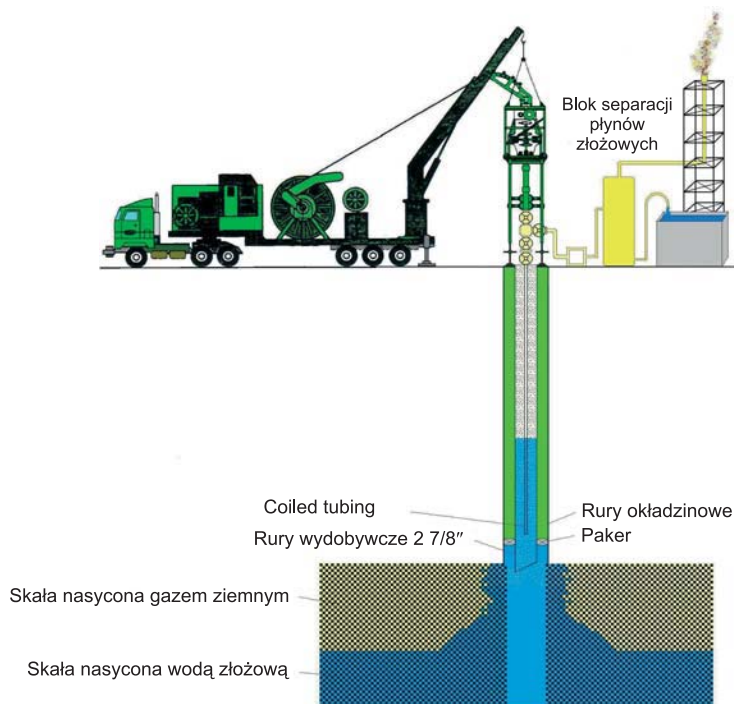
Prezentowana metoda przywracania wydobywania z zawodnionych gazowych odwiertów pakierowych polega w istocie na wytworzeniu i utrzymywaniu przy użyciu określonych środków technicznych depresji ciśnienia dennego tak długo, aż nastąpi dopływ do odwiertu gazu ziemnego z zablokowanej strefy gazowej z natężeniem wystarczającym do ciągłego wynoszenia dopływającej również wody złożowej. Zabieg taki może trwać nawet kilkadziesiąt godzin.

#### **4. ZASTOSOWANIE METODY W WARUNKACH PRZEMYSŁOWYCH**

Odwiert Radlin 53 uległ zawodnieniu w sierpniu 2004 r. w czasie prowadzenia okresowych pomiarów złożowych. Przed tym zdarzeniem wydobywano z niego gaz ziemny, którego wykładnik wodny wynosił około 100 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. W grudniu 2004 r. w odwiercie tym

przy udziale autorów artykułu został przeprowadzony zabieg przywrócenia wydobycia z wykorzystaniem opracowanej metody.

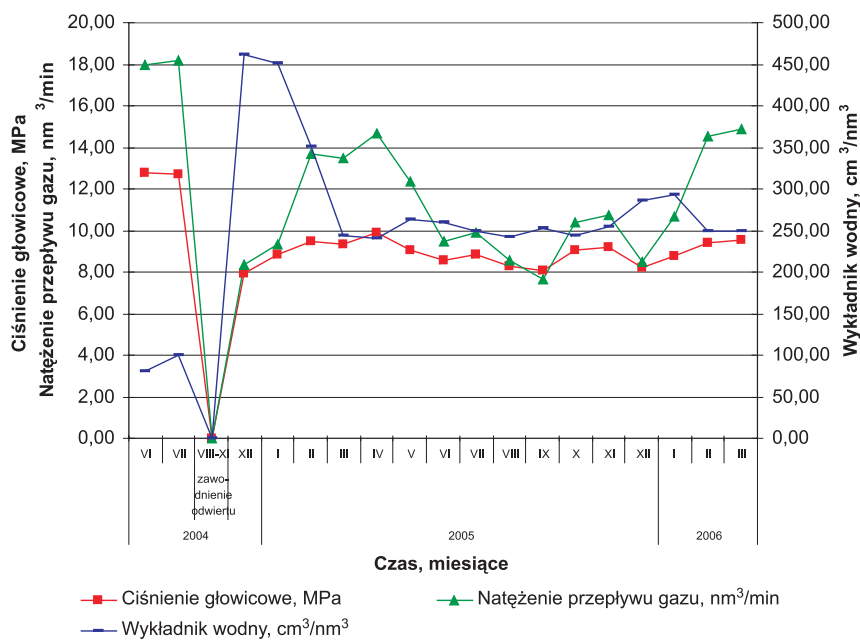
W operacji tej użyto układu przedstawionego na rysunku 1.



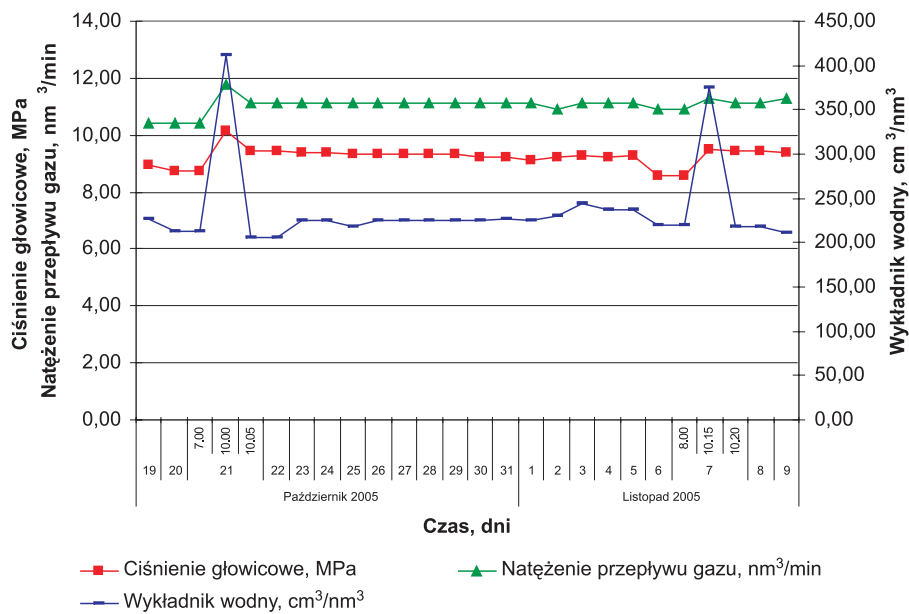
**Rys. 1.** Schemat układu do przywrócenia wydobycia z zawornionych gazowych odwiertów pakerowych

Po zapuszczeniu coiled tubing na spód odwiertu rozpoczęto proces usuwania wody złożowej z rur wydobywczych za pomocą gazu ziemnego pochodzącego z innego odwiertu. W miarę upływu czasu zwiększano depresję ciśnienia dennego, wynosząc na powierzchnię coraz większą ilość wody złożowej. Po odebraniu z odwiertu około  $50 \text{ m}^3$  wody złożowej (w rurach wydobywczych przed zabiegiem znajdowało się  $5,6 \text{ m}^3$  wody) stwierdzono objawy lekkiego dopływu gazu ziemnego z odblokowanej częściowo strefy gazowej. Do momentu uzyskania w głowicy eksploatacyjnej ciśnienia  $7,7 \text{ MPa}$ , przy którym możliwe było skierowanie strumienia płynów do instalacji technologicznej w kopalni, z odwiertu Radlin 53 wydobyto  $138 \text{ m}^3$  wody złożowej w czasie 120 godzin trwania zabiegu. Przez następne kilkanaście tygodni trwało dalsze oczyszczanie się strefy przyodwiertowej, aż ostatecznie wykładnik wodny ustabilizował się na poziomie około  $250 \text{ cm}^3/\text{m}^3$  (rys. 2).

Cechą charakterystyczną warunków eksploatacji odwiertu Radlin 53 po przywróceniu z niego wydobycia jest cykliczność w zmianach ciśnienia głowicowego dynamicznego. Zjawisko to wymusza przeprowadzanie przez załogę kopalni okresowego oczyszczania strefy przyodwiertowej poprzez odpowiednie zwiększanie natężenia przepływu wydobywanego gazu ziemnego (rys. 3).



Rys. 2. Przebieg eksploatacji odwiertu Radlin 53 w okresie przed zawłodzeniem i po przywróceniu wydobywania



Rys. 3. Parametry eksploatacji odwiertu Radlin 53 w okresie pomiędzy kolejnymi cyklami oczyszczania

## 5. PODSUMOWANIE

Eksploatacja gazowych odwiertów pakierowych, z których oprócz gazu ziemnego wydobywana jest również woda złożowa, wymaga szczególnej ostrożności i zaangażowania ze strony załogi kopalni ze względu na podatność do zawadniania takich odwiertów się w przypadku wstrzymania w nich przepływu nawet na kilka godzin.

Zjawiska takie miały już wielokrotnie miejsce w polskim górnictwie naftowym i niemal zawsze prowadziły do likwidacji odwiertów.

Autorzy artykułu dokonali analizy zaistniałych w zielonogórskim Oddziale Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa przypadków utracenia wydobywania z gazowych odwiertów pakierowych i doszli do wniosku, że przyczyną tych zdarzeń były raczej lokalne zmiany warunków przepływu dla fazy gazowej w złożu aniżeli całkowite odebranie gazu ziemnego z danej strefy przyodwiertowej.

Do przywrócenia wydobywania z takich odwiertów autorzy zaproponowali metodę, w której przewiduje się wytworzenie i utrzymywanie, najczęściej przy użyciu coiled tubing, właściwej depresji ciśnienia dennego tak długo, aż nastąpi udrożnienie zablokowanej strefy gazowej, co może trwać nawet kilkadziesiąt godzin.

W grudniu 2004 r. w zawodnionym gazowym odwiercie pakierowym Radlin 53 przeprowadzono zabieg przywrócenia wydobywania według założeń opracowanej przez autorów metody. Po odebraniu z rur wydobywczych 138 m<sup>3</sup> wody złożowej, w czasie 120 godzin trwania operacji oczyszczania strefy gazowej, uzyskano warunki pozwalające na normalną eksploatację odwiertu.

Koszt przeprowadzenia tego zabiegu (głównie użycia coiled tubing) wyniósł 232 tys. zł. Przychód ze sprzedaży gazu ziemnego wydobytego z odwiertu Radlin 53 w okresie od końca grudnia 2004 r. do końca marca 2006 r. (termin ukończenia artykułu) wyniósł 2 mln 323 tys. zł. W tym czasie na wtłoczenie wody złożowej wydobytej z tego odwiertu z gazem ziemnym wydano 3100 zł.