

CIŚNIENIE ZŁOŻOWE W UTWORACH CZERWONEGO SPĄGOWCA NA NIŻU POLSKIM

UKD 551.736.1:622.241.8+556.34:532.5(24:181):553.981/.982(438:251)

Utwory czerwonego spągowca na Niżu Polskim występują w dwóch wyraźnych obszarach (ryc. 1). Pierwszy rozciąga się na południowy zachód od linii Teisseyre'a, obejmując antyklinorium pomorskie, synklinorium szczecińskie i monoklinę przedsudecką (10); drugi obejmuje utwory czerwonego spągowca występujące na zachodnich peryferiach platformy prekambryjskiej. Prace badawcze Instytutu Geologicznego i górnictwa naftowego, dotyczące rozpoznania tych utworów pod względem nagromadzeń węglowodorów, prowadzono już od 1955 r., a w 1964 r. uzyskano po raz pierwszy przemysłowy przypływ gazu w otworze Uciechów 1, co potwierdziło przypuszczenia o możliwości występowania złóż gazu ziemnego w utworach permu dolnego.

Prace zostały skoncentrowane głównie na obszarze monokliny przedsudeckiej i dlatego obszar ten jest najlepiej rozpoznany pod względem złożowo-hydrodynamicznym. Parametry hydrodynamiczne, takie jak: ciśnienie złożowe, wielkość przypływu, efektywny współczynnik przepuszczalności itp. są istotne przy określaniu warunków ciśnieniowych, migracji węglowodorów, lub też warunków zbiornikowych. Uzyskano je w wyniku opróbowania utworów permu dolnego za pomocą próbników rurowych. W sumie opróbowano 639 otworów wiertniczych, z czego aż 555 na obszarze monokliny przedsudeckiej.

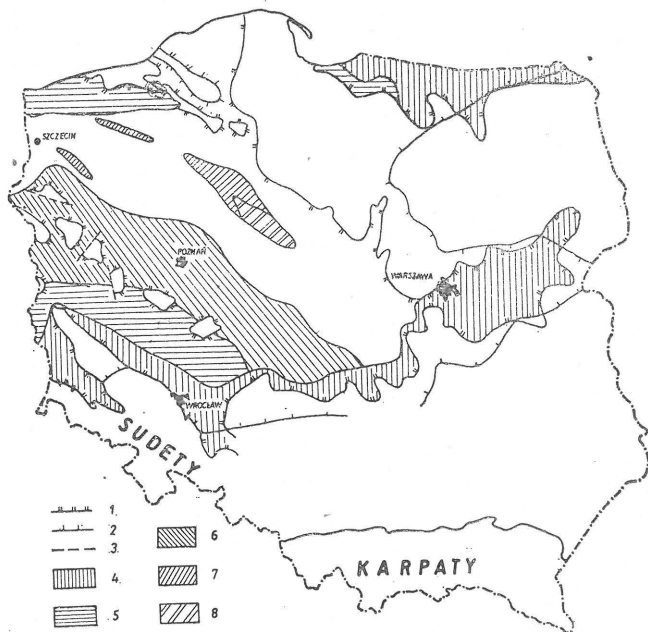
Utwory czerwonego spągowca badano selektywnie albo łącznie z wapieniem cechztyńskim, albo też z innymi poziomami paleozoiku. Dla zobrazowania warunków ciśnieniowych wykorzystano gradien-

ty ciśnień, uzyskane w wyniku zrównania ciśnień dennych, statycznych w stosunku do głębokości, na której zostały pomierzone. Otrzymane wyniki charakteryzuje regularność w rozkładzie ciśnień złożowych w utworach permu dolnego. Na tej podstawie wydzielono kilka stref ciśnieniowych.

STREFA WÓD O GRADIENTACH CIŚNIEŃ <1,05 kG/cm²/10 m

W skład tej strefy wchodzi dwa oddzielne obszary (ryc. 1). Pierwszy przebiega wąskim pasem wzdłuż południowej granicy występowania utworów czerwonego spągowca, obejmując część monokliny przedsudeckiej wewnętrznej i zewnętrznej oraz cały zasięg występowania utworów czerwonego spągowca w obrębie obniżenia podlaskiego. Drugi obejmuje prawie cały zasięg występowania utworów czerwonego spągowca we wschodniej części syneklizy perybałtyckiej.

Strefę tę charakteryzują najniższe ciśnienia złożowe, występujące w permie dolnym na Niżu Polskim. Najczęściej spotykane wielkości gradientów kształtują się w granicach 1,02—1,04 kG/cm²/10 m. Najniższe ich wartości stwierdzono na obszarze obniżenia podlaskiego, gdzie zarówno w otworze Izdebn 1G-1, jak i Magnuszew 1G-1 wartości ich wynosiły 0,98 kG/cm²/10 m. Tak niskie ciśnienia złożowe mogą być spowodowane bądź małą aktywnością dynamiczną związaną z istnieniem poziomów o słabej przepuszczalności, bądź małym ciężarem właściwym solanek, związanym z występowaniem



Ryc. 1. Mapa ciśnień złożowych na Niziu Polskim.

1 — granica zasięgu utworów czerwonego spągowca, 2 — granica zasięgu utworów wapienia cechsztyńskiego, 3 — uskoki, 4 — obszar o gradientach ciśnień $< 1,05 \text{ kg/cm}^2/10 \text{ m}$, 5 — j.w. 1,05—1,10, 6 — j.w. 1,10—1,20, 7 — j.w. 1,20—1,50, 8 — $> 1,50$.

Fig. 1. Map of deposit pressures in the Polish Lowlands.

1 — extent of Rotliegendes rocks, 2 — extent of Zechstein Limestone rocks, 3 — faults; area of pressure gradients equal: 4 — $< 1,05 \text{ kg/cm}^2/10 \text{ m}$, 5 — 1,05—1,10, 6 — 1,10—1,20, 7 — 1,20—1,50, 8 — over 1,50.

ich w strefie wymiany wód słodkich w brzeźnych częściach basenu.

STREFA WÓD O GRADIENTACH CIŚNIENI 1,05—1,10 $\text{kg/cm}^2/10 \text{ m}$

Obejmuje ona trzy obszary występowania utworów czerwonego spągowca: monoklinę przedsudecką wewnętrzną, niewielki obszar północno-zachodniej Polski, a więc północną część antyklinorium pomorskiego, synklinorium szczecińskiego i pomorskiego oraz wąski pas przebiegający wzdłuż zachodniej granicy występowania utworów czerwonego spągowca na obszarze syneklizy perybałtyckiej.

Najlepiej udokumentowany wynikami hydrodynamicznymi jest obszar monokliny przedsudeckiej wewnętrznej, gdzie odkryto w jej środkowo-wschodniej części złoża gazu ziemnego. Cała omawiana strefa charakteryzuje się zróżnicowanymi wskaźnikami gradientów ciśnień. Najwyraźniej widać to w obrębie złoża gazu ziemnego, gdzie rozpiętość ich waha się od 1,02 do 1,19 $\text{kg/cm}^2/10 \text{ m}$. Jednak średnia ich wartość, wyliczona dla poszczególnych złóż, mieści się w granicach przyjętych dla omawianej strefy. Tylko w dwóch otworach: Grabówka 1 i Zuchłów 3 gradient przewyższa wielkości charakterystyczne dla omawianej strefy i wynosi 1,14 $\text{kg/cm}^2/10 \text{ m}$. Obydwa otwory znajdują się w obrębie struktur gazowych o bardzo skomplikowanej tektonice uskokowej, która prawdopodobnie jest przyczyną występowania podwyższonych wartości gradientów ciśnień.

STREFA WÓD O GRADIENTACH CIŚNIENI 1,10—1,20 $\text{kg/cm}^2/10 \text{ m}$

Strefa ta obejmuje obszar monokliny przedsudeckiej zewnętrznej oraz niewielki obszar przebiega-

jący wzdłuż południowej granicy synklinorium szczecińskiego i mogileńsko-łódzkiego. W zachodniej części omawianej strefy występuje ciąg morfologicznych podniesień, pozbawiony utworów czerwonego spągowca, znany pod nazwą wału wolsztyńskiego (4) lub bloku wielkopolskiego (5). Struktura ta, o przebiegu NW-SE, ciągnie się od rejonu Krotoszyń, przez okolice Wolsztyna i Międzyrzecza w kierunku zachodniej granicy Polski. W większości opróbowanych otworów, zlokalizowanych na omawianym obszarze, z utworów czerwonego spągowca uzyskano wyniki negatywne.

Najlepiej udokumentowany wynikami hydrodynamicznymi jest obszar występowania złóż gazu ziemnego w centralnej części omawianej strefy. Wskaźniki gradientów ciśnień dla całej strefy są bardzo wyrównane. Wartości ich wahają się od 1,12 do 1,14 $\text{kg/cm}^2/10 \text{ m}$. Rzadko przekraczają wielkość 1,17. Średnia wartość gradientu dla całej omawianej strefy wynosi 1,12 $\text{kg/cm}^2/10 \text{ m}$. Jedynie w otworach Łągiewniki 1, Bukowiec 4 i Kaleje 4 stwierdzono występowanie ciśnień przewyższających wartości charakterystyczne dla tej strefy. W dwóch pierwszych otworach wyliczone gradienty ciśnień wynoszą odpowiednio: 1,24 i 1,27 $\text{kg/cm}^2/10 \text{ m}$. Wartości te przekraczają nieznacznie wielkości przyjęte dla omawianej strefy. Natomiast w otworze Kaleje 4, w wyniku opróbowania poziomu 3215,7—3210,0 m (wapień cechsztyński), stwierdzono występowanie anomalnie wysokiego ciśnienia $P_d = 463,5 \text{ at}$, przy braku tendencji do stabilizacji, co daje gradient 1,42 $\text{kg/cm}^2/10 \text{ m}$.

STREFA WÓD O GRADIENTACH CIŚNIENI 1,20—1,50 $\text{kg/cm}^2/10 \text{ m}$

Strefa ta została wyznaczona przy uwzględnieniu wyników uzyskanych z pięciu otworów: Szubin IG-1, Zabartowo 1, Resko 1, Stargard 1 i Debrzno IG-1. Wszystkie te otwory, poza Debrznem IG-1, leżą w centralnej części saksońskiego zbiornika sedimentacyjnego. Otwory czerwonego spągowca są tu wykształcone w postaci ilowców i mułowców z wkładkami piaskowców i zlepieńców. Miąższość całego kompleksu dochodzi do 1000 m. Otwór Debrzno IG-1 jest położony w brzeźnej strefie badanego zbiornika, na co wskazują wykształcenie osadów i wyraźna redukcja utworów permu dolnego do 50,5 m. Są to głównie piaskowce drobnoziarniste, podrudnie średnio- i gruboziarniste, z nielicznymi wkładkami mułowców i ilowców.

W otworze Szubin IG-1 w trakcie przewiercania piaskowców czerwonego spągowca na głębokości 4974—4971 m stwierdzono samowypływ solanki. Pomiar ciśnienia przeprowadzane za pomocą manometru głowicy Halliburtona przerwano przed pełną stabilizacją, w związku z obawą pęknięcia więźby prewentera. Po zakończeniu wiercenia opróbowano poziom 5156—4971 m. Stwierdzono samowypływ solanki o gęstości 1,2117 g/cm^3 . W wyniku przeprowadzenia pomiarów ciśnienia na głowicy próbnika Halliburtona uzyskano statyczne ciśnienie głowicowe $P_{gs} = 390 \text{ at}$. Wyliczone ciśnienie złożowe $P_d = 996 \text{ at}$, co wskazuje na istnienie anomalnego gradientu ciśnień o bardzo wysokiej wartości 1,99 $\text{kg/cm}^2/10 \text{ m}$. Jest to najwyższy, zbliżony swoją wartością do ciśnienia geostatycznego, gradient stwierdzony do tej pory w utworach czerwonego spągowca.

Otwór Zabartowo 1 jest położony na obrzeżu antyklinorium pomorskiego na północno-zachód od otworu Szubin IG-1. W trakcie przewiercania utworów permu dolnego opróbowano dwa poziomy. Z poziomu 4070,0—4119,0 m nie uzyskano przyprywu. Po odwierceniu do głębokości 4278 m opróbowano poziom 4253,0—4278,0 m, w wyniku czego uzyskano przyprywu solanki o gęstości 1,168 g/cm^3 z objawami gazu palnego. Ciśnienie złożowe pomierzone w głębokości zapięcia pakera 4259 m $P_d = 567,5 \text{ at}$, co daje gradient 1,33 $\text{kg/cm}^2/10 \text{ m}$. Wartość ciśnienia jest prawdopodobnie zaniżona, ponieważ stwierdzono, że przepuszczalność skał w strefie przyodwierutowej była niższa niż w strefie drenażu.

Otwór Resko 1 jest położony w północnej części antyklinorium pomorskiego. Utwory czerwonego spągowca opróbowano dwukrotnie w trakcie wiercenia. Z poziomu 3654,4—3588,0 m nie uzyskano żadnego przyływu. W wyniku opróbowania poziomu 3883,5—3855,0 m stwierdzono przepływ ok. 300 l płuczki z solanką słabo zgazowaną. Pomierzone ciśnienie złożowe $P_d = 460,5$ at, co daje gradient $1,20$ $\text{kG/cm}^2/10$ m. Ze względu na słabą przepuszczalność skał, ciśnienie prawdopodobnie nie odbudowało się całkowicie i pomierzona wartość jest zaniżona. Można także przypuszczać, że na większych głębokościach wartość ciśnienia wzrosłaby znacznie. Świadczy o tym fakt, że przy dalszym pogłębianiu otworu do głębokości 4001 m stwierdzono samowypływ płuczki. Pomierzone ciśnienie na głowicy $P_g = 40$ at, przy braku tendencji do stabilizacji. Przy gęstości płuczki $1,22$ g/cm^3 obliczono, że ciśnienie złożowe na głębokości 4001 m wynosi ok. $P_d = 528$ at, co daje gradient $1,31$ $\text{kG/cm}^2/10$ m.

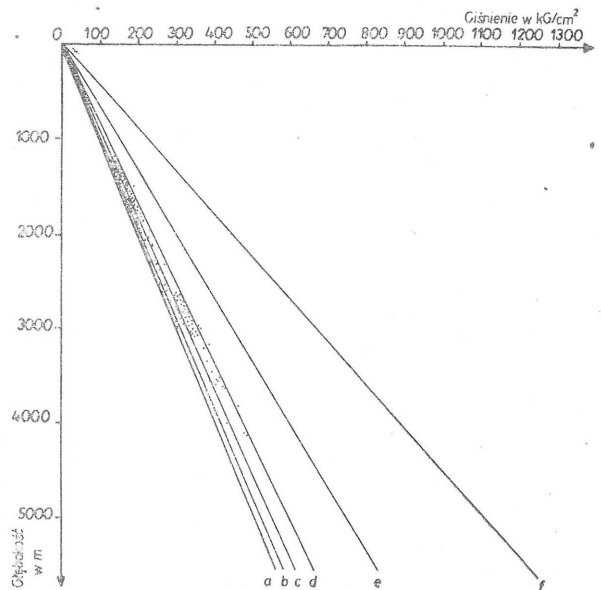
Otwór Stargard 1 jest usytuowany w północnej części synklinorium szczecińskiego. Utwory czerwonego spągowca badano tu łącznie z anhydrytem dolnym i wapieniem cechsztyńskim. W trakcie wiercenia opróbowano dwa poziomy. Z poziomu 4715—4863 m nie uzyskano przyływu. Po przewierceniu badanych utworów do głębokości 4937 m zapięto paker na głębokości 4706 m. Opróbowano poziom 4715—4937 m metodą jednokrotnego odcięcia przyływu. Na przyływ oczekiwano 123 min.; stwierdzono minimalne jego objawy, ustępujące po 15 min. Ekstrapolowane ciśnienie złożowe $P_d = 709$ at, co daje wysoki gradient $1,50$ $\text{kG/cm}^2/10$ m. Pomierzone ciśnienie $P_d = 680$ at jest zaniżone, ponieważ podobnie jak w otworze Resko 1, ze względu na krótki czas trwania pomiarów, ciśnienie nie ustabilizowało się całkowicie.

Otwór Debrzno IG-1 jest położony w strefie przejściowej od synklinorium do antyklinorium pomorskiego. W trakcie wiercenia opróbowano utwory czerwonego spągowca na głębokości 4132,8—4118,7 m w wyniku czego stwierdzono brak przyływu. Po zakończeniu wiercenia opróbowano poziom 4260—4107 m, obejmujący utwory dewonu, permu dolnego i wapienia cechsztyńskiego. Uzyskano przyływ solanki zgazowanej o gęstości $1,1637$ g/cm^3 . Przyływ solanki pochodzi najprawdopodobniej z utworów permu dolnego, a nie ze słabo przepuszczalnych utworów dewonu lub wapienia cechsztyńskiego. Pomierzone ciśnienie $P_d = 554,3$ at jest nie ustabilizowane, ze względu na ograniczony czas badania. Wyekstrapolowane ciśnienie złożowe na głębokości zamontowania manometru 4062 m $P_d = 563$ at, co daje gradient $1,38$ $\text{kG/cm}^2/10$ m.

Na podstawie uzyskanych wyników ze wszystkich pięciu otworów, należy się spodziewać na większych głębokościach, na obszarze centralnej części basenu permskiego, występowania anomalnie wysokich ciśnień. Powstanie tak wysokich ciśnień złożowych wytłumaczyć można faktem występowania utworów czerwonego spągowca na znacznych głębokościach w powiązaniu z regionalnymi strefami naruszeń tektonicznych w okresie tworzenia się antyklinorium pomorskiego, a co za tym idzie — z procesami diagenety i deformacji skał, stwarzających korzystne warunki dla zrównania się ciśnienia hydrostatycznego z geostatycznym.

WNIOSKI

Na obszarze Niżu Polskiego wody w utworach czerwonego spągowca wykazują na ogół małe różnicowania ciśnień. Tym regionalnym są gradienty ciśnień, wahające się od $1,00$ do $1,25$ $\text{kG/cm}^2/10$ m (2), a średnia wartość gradientu, wyliczona dla badanych utworów, wynosi $1,12$ $\text{kG/cm}^2/10$ m. Zaobserwowano pewną regularność w rozkładzie ciśnień (ryc. 2). Wartości te wzrastają w miarę zwiększania się głębokości. Następuje to w kierunku centralnej części basenu sedimentacyjnego (ryc. 1). W tym też kierunku utwory permu dolnego występują na coraz większych głębokościach. Brzeżna strefa omawianego zbiornika (występująca na głębokości od



Ryc. 2. Wykres gradientów ciśnienia.

a — gradient ciśnienia hydrostatycznego = 1 $\text{kG/cm}^2/10$ m, b — $1,05$, c — $1,10$, d — $1,20$, e — $1,50$, f — gradient ciśnienia geostatycznego = $2,25$.

Fig. 2. Graph of pressure gradients.

a — gradient of hydrostatic pressure = 1 $\text{kG/cm}^2/10$ m, b — 1.05 , c — 1.10 , d — 1.20 , e — 1.50 , f — gradient of geostatic pressure = 2.25 .

1000 do 1500 m) charakteryzuje się najniższymi ciśnieniami złożowymi. Największe ciśnienia stwierdzono w centralnej części zbiornika, gdzie utwory czerwonego spągowca występują na głębokości przekraczającej 5000 m. Stwierdzono tu anomalnie wysokie ciśnienia złożowe, których powstanie jest prawdopodobnie związane z wpływem ciśnienia geostatycznego na solanki, wypełniające warstwy piaskowców zamkniętych wśród grubych serii skał ilastych, a także z procesami tektonicznymi w okresie tworzenia się antyklinorium pomorskiego.

LITERATURA

- Bojarski L., Płochniewski Z., Stachowiak J. — Samowypływ solanki o anomalnym ciśnieniu z utworów czerwonego spągowca. *Prz. Geol.* 1976 nr 12.
- Bojarski L., Pazdro J., Sobol K. — Anomalnie ciśnienia złożowe na Niżu Polskim. *Ibidem* 1977 nr 6.
- Gurari F., Karnkowski P., Maksimow S. P. — Perspektywy rozwoju poszukiwań ropy i gazu w Polsce. *Nafta* 1974 nr 5.
- Karnkowski P. — Basen permski Niżu Polskiego — potencjalny obszar poszukiwań naftowych. *Nafta* 1975 nr 3—4.
- Kuchciński J. — Rozwój i zarys tektoniki basenu czerwonego spągowca w północno-zachodniej Polsce. *Biul. Inst. Geol.* 1973 nr 264.
- Levorsen A. I. — Geologia ropy naftowej i gazu ziemnego. *Wyd. Geol.* 1972.
- Pokorski J. — Perm dolny obniżenia podlaskiego. *Kwart. Geol.* 1971 nr 3.
- Pokorski J. — Czerwony spągowiec platformy prekambryjskiej — miąższość i facje. *Ibidem* 1974 nr 1.
- Pokorski J. — Czerwony spągowiec, warstwy darłowskie i miasteczkie. *Pr. Inst. Geol.* 1976 t. 79.
- Požaryski W. — Podział obszaru Polski na jednostki tektoniczne. [W:] *Budowa geologiczna Polski. Tektonika. T. IV, część 1.* *Wyd. Geol.* 1974.

SUMMARY

The paper deals with pressure conditions in Rotliegendes rocks in the Polish Lowland. On the basis of the obtained results, 5 pressure zones are recognized and characterized. Some regularities in distribution of pressures, especially trends to increase towards the center of the Permian Basin along with increase in depth of occurrence of the Rotliegendes were found. Anomalously high deposit pressures were recorded in the vicinities of the Kujawy-Pomeranian Swell only.

РЕЗЮМЕ

В статье описаны условия давлений в отложениях красного лежня на Польской Низменности. На основании полученных результатов выделены и описаны 5 зон давления. Наблюдается регулярность в расположении давлений. Они увеличиваются к центральной части пермского бассейна по мере нахождения осадков красного лежня на всё большей глубине. Только в окрестностях куявско-поморского вала наблюдаются аномально высокие пластовые давления.