

## ANOMALNE CIŚNIENIA ZŁOŻOWE NA NIŻU POLSKIM

UKD 553.342:532.513.1]:550.822.7:553.98.061.33(438:251)

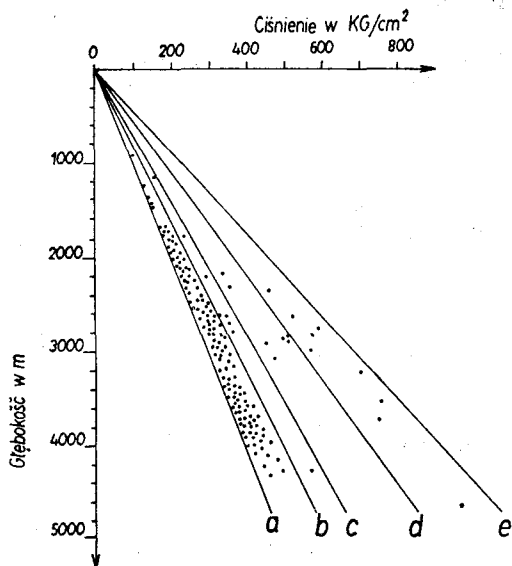
W ostatnich latach uzyskano interesujące parametry hydrodynamiczne w wyniku opróbowania głębokich wierceń górnictwa naftowego i Instytutu Geologicznego. Pomiar ciśnienia złóżowych wykonywano niemal w każdym opróbowanym poziomie zbiornikowym, wykazującym korzystne warunki zbiornikowe, a to dzięki zastosowaniu próbników rurowych. Szczegółowa analiza kilku tysięcy wyników badań złóżowych głębokich otworów na Niżu Polskim wykazała, że na tle normalnych wartości ciśnienia hydrostatycznych istnieją pewne strefy o anomalnie wysokich ciśnieniach złóżowych.

Wyznaczenie stref anomalnych ciśnienia jest istotne przy określaniu migracji węglowodorów, a tym samym rozmieszczeniu złóż ropy i gazu w poszczególnych częściach basenów artezyjskich. Ponadto znajomość występowania anomalnych stref ciśnieniowych w Polsce ma także niemałe znaczenie dla doboru sprzętu i technologii wierceń. Istnieją bowiem przypadki, że przy dowiercaniu poziomów, gdzie nie spodziewane są wysokie ciśnienia uzyskiwano erupcję solanek i przed spełnieniem zadania geologicznego otwór trzeba było likwidować.

W basenach artezyjskich wypełnionych nieckowato ułożonymi osadami poziomy hydrostatyczne stabilizują się na różnych głębokościach, zależnie od mineralizacji wód. W basenach, gdzie zasilanie wodami infiltracyjnymi jest intensywne istnieją korzystniej-

sze warunki hydrodynamiczne. Słup wody lub solanki powoduje ciśnienie na dno otworu zwane ciśnieniem hydrostatycznym. Dla celów porównawczych konieczne jest jednak zrównanie tych ciśnień w stosunku do głębokości — zwane gradientami ciśnień. Obrazują one jednoznacznie warunki ciśnieniowe w poszczególnych częściach basenu i umożliwiają wyznaczenie tła hydrodynamicznego oraz anomalii ciśnieniowych.

A. I. Levorsen (4) uważa, że najczęściej spotykany jest gradient hydrostatyczny  $1,04 \text{ kG/cm}^2/10 \text{ m}$  głębokości otworu, co odpowiada ciężarowi solanki o mineralizacji 55 g/l. Jest to jednak zbyt duże uproszczenie, gdyż nawet w jednym basenie artezyjskim, obejmującym utwory od kambru do kredy, następuje zróżnicowanie gradientów. Większe zróżnicowanie istnieje natomiast pomiędzy różnego typu basenami artezyjskimi. Oprócz ciężaru słupa wody na ciśnienie złóżowe duży wpływ ma ciężar nadległych skał oraz tzw. czynniki drugorzędne: temperatura, procesy osiadania i cementacji skał, ruchy tektoniczne, reakcje chemiczne itp. Diastrofizm i deformacja skał o właściwościach plastycznych mają niekiedy także wpływ na powstawanie anomalnie wysokich ciśnień złóżowych. Teoretycznie maksymalne ciśnienia złóżowe nie powinny przekraczać wartości ciśnienia geostaticznego, które wynosi średnio  $2,25 \text{ kG/cm}^2/10 \text{ m}$ . Wartość ta dla basenów artezyjskich stanowi znaczną anomalję.



Ryc. 1. Wykres gradientów ciśnień.

a — normalny gradient ciśnienia hydrostatycznego = 1 KG/cm²/10 m, b — 1,25, c — 1,50, d — 1,80, e — gradient ciśnienia geostatycznego = 2,25.

Fig. 1. Graph of pressure gradients.

a — normal gradient of hydrostatic pressure equal 1 KG/cm²/10 m, b — 1.25, c — 1.50, d — 1.80, e — gradient of geostatic pressure equal 2.25.

Podstawą przeprowadzenia charakterystyki ciśnień są więc wartości graniczne — minimalne i maksymalne (ryc. 1):

- ciśnienie hydrostatyczne 1,0 kG/cm²/10 m odpowiadające ciężarowi słupa wody słodkiej;
- ciśnienie geostatyczne, średnio 2,25 kG/cm²/10 m, odpowiadające ciężarowi nadkładu skał.

W opracowaniu pominięto niskie ciśnienia, znacznie mniejsze od gradientu 1,0 kG/cm²/10 m, związane z fałszywymi wynikami lub z poziomymi skał nie połączonymi więzią hydrauliczną (1).

Jak już wspomniano, w mezozoicznych basenach artezyjskich najczęściej spotykany jest gradient około 1,1 kG/cm²/10 m, czyli o wartości większej około 10% od ciśnienia hydrostatycznego, a w basenach paleozoicznych (wypełnionych na ogół silnie stężonymi solankami) gradient wynosi około 1,25 kG/cm²/10 m.

Na podstawie kilku tysięcy wyników autorzy przyjęli, że tłem regionalnym na obszarze Niżu Polskiego są gradienty ciśnień wahające się od 1,0 do 1,25 kG/cm²/10 m. Zaznaczono to na wykresie kumulując dane w kilkadziesiąt charakterystycznych punktów (ryc. 1). Pozostałe punkty na wykresie zaznaczone pomiędzy krzywą gradientu 1,25 a 2,25 kG/cm²/10 m obrazują faktyczną ilość wyników i charakteryzują anomalnie wysokie ciśnienia.

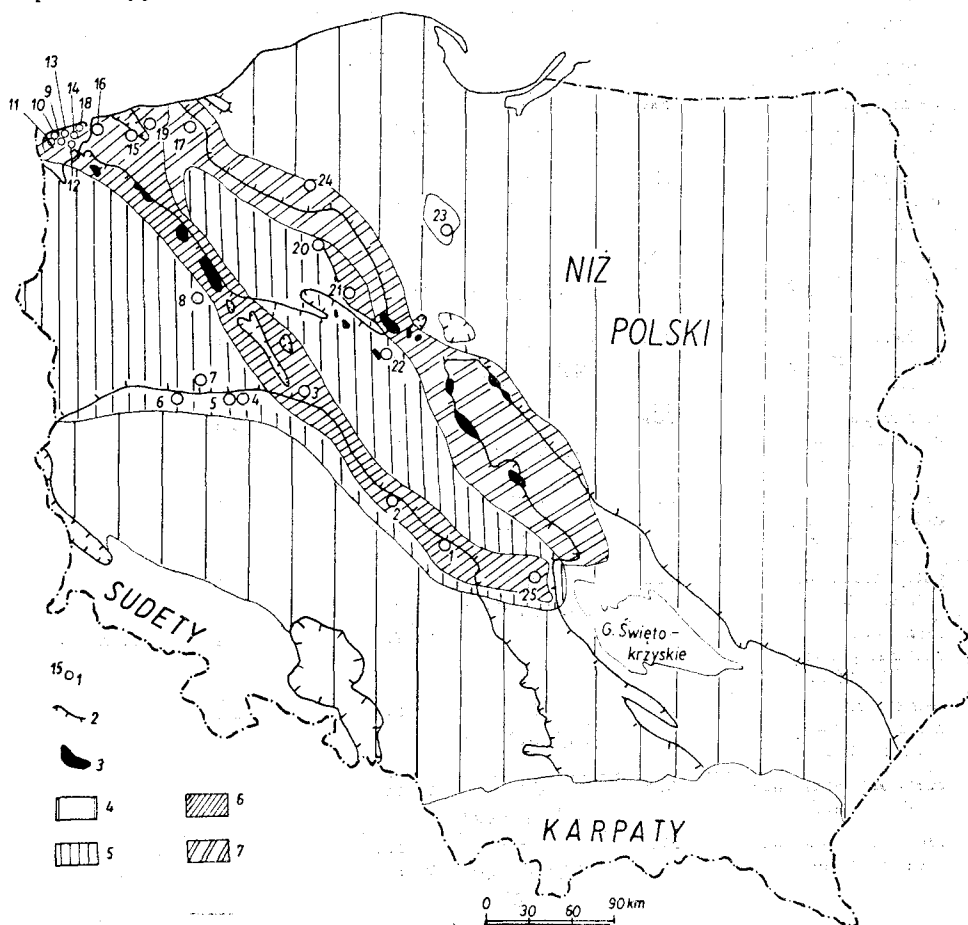
Pierwszym regionem w Polsce, gdzie spotykano wysokie ciśnienia, są Karpaty. Przykładem może być rejon Jasta. Tam w poziomie gazonośnym piaskowca istebniańskiego ciśnienie złożowe miało wartość o 40% większą od ciśnienia hydrostatycznego (3); natomiast w rejonie Krosna, już na głębokości 500 m ciśnienie złożowe wynosiło około 100 atn., co jest wartością dwukrotnie wyższą od ciśnienia hydrostatycznego.

Ostatnio rozpoznany obszarem są baseny Niżu Polskiego (5). Na mapce przedstawiono rozprzestrzenienie się stref o różnych wartościach gradientów ciśnień (ryc. 2).

#### TŁO HYDRODYNAMICZNE

##### Obszar o normalnych gradientach ciśnień od 1,0 do 1,25 kG/cm²/10 m

Na prawie całym obszarze Niżu Polskiego gradienty ciśnień od 1,0 do 1,25 kG/cm²/10 m wyznaczają tło regionalne. Najniższe gradienty zbliżone do wartości 1,0 kG/cm²/10 m stwierdzono w paleozoiku i mezozoiku obszaru lubelskiego. Nieco większe, wa-



Ryc. 2. Mapa anomalnych ciśnień złożowych na Niżu Polskim.

1 — otwory wiertnicze zamieszczone w tabelce zgodnie z podanym numerem, 2 — granica kredy, 3 — struktury solne, 4 — obszar o normalnych gradientach ciśnień od 1,0 do 1,25 KG/cm²/10 m, 5 — j.w. z możliwością występowania nieznacznie podwyższonych gradientów ciśnień 1,25—1,50, 6 — j.w. 1,50—1,80, 7 — j.w. obszar z możliwością występowania bardzo dużych gradientów ciśnień 1,80—2,25.

Fig. 2. Map of anomalous deposit pressures in the Polish Lowlands.

1 — boreholes (numbers given in the Table), 2 — extent of the Cretaceous, 3 — salt structures, 4 — areas of normal pressure gradients ranging from 1.0 to 1.25 kG/cm²/10 m, 5 — as above, with a possibility of slight increase of pressure gradients to 1.25—1.50, 6 — as above, with a possibility of increase of pressure gradients to 1.50—1.80, 7 — as above, with a possibility of the occurrence of very high pressures, 1.80 to 2.25.

## ZESTAWIENIE WYNIKÓW HYDRODYNAMICZNYCH

| Rejon geologiczny                         | Lp. | Nazwa otworu       | Stratygrafia, głębokość badanego poziomu w m | Mineralizacja solanki w g/l | %skład solanki wg Kurlowa                                                   | Ciśnienie<br>a) głowicowe<br>b) denne w atn. | Gradient ciśnienia KG/cm <sup>2</sup> /10m | Uwagi                                          |
|-------------------------------------------|-----|--------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1                                         | 2   | 3                  | 4                                            | 5                           | 6                                                                           | 7                                            | 8                                          | 9                                              |
| Zewnętrzna część monokliny przedsudeckiej | 1   | Barczew 4          | cechsztyń — dolomit główny 2903              | 347                         | $\frac{\text{Cl}^{99}}{\text{Na}^{64}\text{Ca}^{29}\text{Mg}^7}$            | a) 250<br>b) 607                             | 2,09                                       | samoczynna erupcja solanki z H <sub>2</sub> S  |
|                                           | 2   | Kalisz IG-1        | cechsztyń — dolomit główny 3238              | 337                         | $\frac{\text{Cl}^{99}}{\text{Na}^{75}\text{Ca}^{15}\text{Mg}^{10}}$         | a) 210<br>b) ok. 700                         | 2,15                                       | j.w.                                           |
|                                           | 3   | Siekierki IG-1     | cechsztyń — dolomit główny 3538              | 376                         | $\frac{\text{Cl}^{99}}{\text{Mg}^{92}\text{Na}^6\text{Ca}^2}$               | b) 754                                       | 2,13                                       | j.w.                                           |
|                                           | 4   | Buk IG-1           | cechsztyń — dolomit główny 2644—2605         | —                           | —                                                                           | a) 170<br>b) 326,5                           | 1,26                                       | bituminy                                       |
|                                           | 5   | Buk IG-3           | cechsztyń — dolomit główny 2637—2610         | 356                         | $\frac{\text{Cl}^{100}}{\text{Na}^{60}\text{Ca}^{27}\text{Mg}^{13}}$        | b) 347                                       | 1,33                                       |                                                |
|                                           | 6   | Zbąszyń 1          | cechsztyń — dolomit główny 2198—2193         | —                           | —                                                                           | b) 289                                       | 1,32                                       | ślady gazu                                     |
| Niecka szczecińska                        | 7   | Nowy Tomysł 1      | cechsztyń — dolomit główny 2730—2696         | 355                         | $\frac{\text{Cl}^{100}}{\text{Na}^{65}\text{Ca}^{25}\text{Mg}^{10}}$        | b) 350                                       | 1,30                                       |                                                |
|                                           | 8   | Huta Szklana 1     | pstry piaskowiec 2618                        | 314                         | $\frac{\text{Cl}^{100}}{\text{Na}^{87}\text{Ca}^{10}\text{Mg}^3}$           | b) 315                                       | 1,20                                       | samowypływ                                     |
|                                           | 9   | Dargobądz 1        | cechsztyń — dolomit główny 2845              | 329                         | $\frac{\text{Cl}^{98}}{\text{Na}^{95}\text{Ca}^3\text{Mg}^2}$               | b) 508                                       | 1,79                                       |                                                |
|                                           | 10  | Międzyzdroje 2     | cechsztyń — dolomit główny 2779—2886         | —                           | —                                                                           | a) 352<br>b) 591                             | 2,12                                       | bituminy                                       |
|                                           | 11  | Wapnica 1          | cechsztyń — dolomit główny 2823—2712         | 344                         | $\frac{\text{Cl}^{98}}{\text{Na}^{99}\text{Ca}^1}$                          | b) 570                                       | 2,03                                       |                                                |
|                                           | 12  | Wickowo 1          | cechsztyń — dolomit główny 2912—2902         | 335                         | $\frac{\text{Cl}^{98}}{\text{Na}^{96}\text{Ca}^3}$                          | b) 447                                       | 1,54                                       |                                                |
| Wał pomorski                              | 13  | Warnowo 5          | cechsztyń — dolomit główny 2877—2835         | 326                         | $\frac{\text{Cl}^{99}}{\text{Na}^{78}\text{Mg}^{13}\text{Ca}^9}$            | b) 498                                       | 1,76                                       |                                                |
|                                           | 14  | Zółwino 2          | cechsztyń — dolomit główny 2895—2836         | 321                         | $\frac{\text{Cl}^{99}}{\text{Na}^{67}\text{Mg}^{18}\text{Ca}^{14}}$         | b) 509                                       | 1,80                                       |                                                |
|                                           | 15  | Gryfice 2          | cechsztyń — dolomit główny 3068—2980         | 304                         | $\frac{\text{Cl}^{99}}{\text{Na}^{74}\text{Mg}^{22}\text{Ca}^4}$            | b) 565                                       | 1,90                                       |                                                |
|                                           | 16  | Kamień Pomorski 14 | cechsztyń — dolomit główny 2360—2304         | 306                         | $\frac{\text{Cl}^{99}}{\text{Na}^{74}\text{Mg}^{22}\text{Ca}^4}$            | b) 354                                       | 1,54                                       |                                                |
|                                           | 17  | Karlino 1          | pstry piaskowiec 2192—2187                   | 253                         | $\frac{\text{Cl}^{99}}{\text{Na}^{72}\text{Ca}^{22}\text{Mg}^6}$            | b) 336                                       | 1,54                                       |                                                |
|                                           | 18  | Zastań 1           | cechsztyń — dolomit główny 2314—2322         | —                           | —                                                                           | b) 457                                       | 1,97                                       | bituminy                                       |
|                                           | 19  | Petrykozy 1        | cechsztyń — dolomit główny 2625—2611         | 340                         | $\frac{\text{Cl}^{98}}{\text{Mg}^{51}\text{Na}^{46}\text{Ca}^3}$            | b) 520                                       | 1,99                                       |                                                |
|                                           | 20  | Zabartowo 1        | czerwony spagowiec 4278—4253                 | 236                         | $\frac{\text{Cl}^{99}}{\text{Na}^{51}\text{Ca}^{41}\text{Mg}^8}$            | b) 567                                       | 1,33                                       |                                                |
|                                           | 21  | Szubin IG-1        | czerwony spagowiec 4971—5144                 | 320                         | $\frac{\text{Cl}^{100}}{\text{Na}^{61}\text{K}^1\text{Ca}^{34}\text{Mg}^4}$ | a) 390<br>b) 996                             | 1,98                                       | samowypływ ciśnienie obliczone dla głęb. 5000m |

| 1                 | 2  | 3              | 4                                          | 5    | 6                                                                | 7                    | 8       | 9                                                                    |
|-------------------|----|----------------|--------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------|----------------------|---------|----------------------------------------------------------------------|
| Niecka mogileńska | 22 | Młyny 1        | jura<br>1778—1950                          | 30,5 | $\text{Cl}^{99}$<br>$\text{Na}^{61}\text{Mg}^{30}\text{Ca}^9$    | b) 233               | 1,31    |                                                                      |
|                   |    |                | kreda dolna<br>1220—1150                   | 29,4 | $\text{Cl}^{95}$<br>$\text{Na}^{87}\text{Ca}^{11}$               | b) 155               | 1,35    |                                                                      |
| Niecka pomorska   | 23 | Grudziądz IG-1 | cechsztyń —<br>dolomit główny<br>2770—2800 | 370  | $\text{Cl}^{99}$<br>$\text{Ca}^{58}\text{Na}^{27}\text{Mg}^{15}$ | b) 352               | 1,27    |                                                                      |
|                   | 24 | Człuchów IG-2  | cechsztyń —<br>dolomit główny<br>3080      | 321  | $\text{Cl}^{98}$<br>$\text{Na}^{50}\text{Mg}^{42}\text{Ca}^7$    | a) 90 atn.<br>b) 467 | 1,51    | wydajność<br>około 200<br>$\text{m}^3/\text{g}$ na sa-<br>mowypływie |
| Niecka łódzka     | 25 | Mierzyn 1      | cechsztyń —<br>dolomit główny<br>3739      | 355  | $\text{Cl}^{99}$<br>$\text{Na}^{57}\text{Ca}^{38}\text{Mg}^5$    | —                    | ok. 2,0 | samoczynna<br>erupcja so-<br>lanki z $\text{H}_2\text{S}$            |

hające się od 1,05 do 1,15  $\text{kG}/\text{cm}^2/10$  m, charakteryzują paleozoiczno-mezozoiczną część obniżenia podlaskiego, syneklizy perybaltyckiej, wyniesienia mazursko-suwańskiego, niecki brzeźnej, niecki miechowskiej i częściowo niecki łódzkiej. W obrębie wewnętrznej części monokliny przedsudeckiej gradienty ciśnień w poziomie dolomitu głównego cechsztyńu zbliżone są do wartości 1,25  $\text{kG}/\text{cm}^2/10$  m. W pozostałych regionach (oprócz normalnych wartości) miejscami istnieją bardzo wysokie ciśnienia.

Zróznicowanie tła hydrodynamicznego ma swoje uzasadnienie w budowie strukturalnej i litologicznej basenów. Najniższe ciśnienia na obszarze lubelskim spowodowane są małą aktywnością dynamiczną, związaną z istnieniem poziomów o niskiej wodoprzepuszczalności, a tym samym słabej odnawialności (1). W obrębie obrzeżenia platformy wschodnioeuropejskiej, obrzeżenia Gór Świętokrzyskich i obrzeżenia Sudetów istnieją typowe baseny artezyjskie o naturalnych ciśnieniach. W basenach tych poziomy zbiornikowe zasilane są z wysoko położonych obszarów alimentacyjnych, zapewniając intensywną odnawialność skał połączonych więzią hydrauliczną. Wartości zbliżone do górnej granicy tła hydrodynamicznego występują natomiast w obrębie silnie stężonych solanek dolomitu głównego cechsztyńu, przede wszystkim na monoklinie przedsudeckiej. Wzrost ciśnienia związany jest tu ze wzbogacaniem wód w procesie ich metamorfozy, w warunkach słabej odnawialności poziomów dolomitu głównego oraz z istnieniem dodatkowych procesów wzbogacania przez ługowanie pokładów soli kamiennej. Zwiększenie objętości solanek przy nie zmienionej objętości por kolektora powoduje wzrost ciśnienia złożowego do kilkunastu procent. Wartości te mieszczą się w granicach tła hydrodynamicznego.

#### ANOMALNE STREFY CIŚNIENI

W ostatnich latach stwierdzono w kilkudziesięciu głębokich otworach anomalnie wysokie ciśnienia złożowe, przewyższające w niektórych przypadkach o 100% ciśnienie hydrostatyczne. Przy tak wysokich ciśnieniach pomiary złożowe były bardzo utrudnione. W kilku przypadkach w procesie wiercenia doszło do erupcji silnie stężonych solanek z zawartością  $\text{H}_2\text{S}$ . Z braku możliwości technicznych opanowania erupcji niektóre otwory likwidowano przed osiągnięciem planowanej głębokości. Rozpoznanie warunków hydrodynamicznych pozwala zasygnalizować rozmieszczenie stref o anomalnie wysokich ciśnieniach. Pozwoli to m. in. przeciwdziałać nieopanowanym erupcjom i przyczyni się do sprawniejszego prowadzenia poszukiwań złóż węglowodorów.

#### Obszar ze strefami

##### o nieznacznie podwyższonych gradientach ciśnień

Na obszarze Niżu Polskiego coraz częściej spotyka się podwyższone ciśnienia w stosunku do przyjętego tła hydrodynamicznego. Występują one przeważnie w strefach brzeźnych wału pomorsko-kujawskiego oraz w basenach położonych na zachód od niego. Podwyższone ciśnienia występują prawie wyłącznie w poziomie dolomitu głównego cechsztyńu, a niekiedy tylko w zaburzonych tektonicznie osadach czerwono-

nego spągowca (otw. Zabartowo 1) i mezozoiku (Młyny 1, Huta Szklana 1 i Karlino 1).

W zewnętrznej części monokliny na granicy z niecką szczecińską, w dolomicie głównym wypełnionym solankami o mineralizacji 350 g/l, gradienty ciśnień wahają się od 1,26 do 1,33  $\text{kG}/\text{cm}^2/10$  m. W rejonie struktury Buk na głębokości 2610 m pierwotne ciśnienie złożowe wynosi 347 atn. (tab.).

W poziomach mezozoiku i czerwonego spągowca ciśnienia są na ogół normalne, o średnim gradientcie 1,1  $\text{kG}/\text{cm}^2/10$  m. Zwiększenie ciśnień złożowych w cechsztyńskim dolomicie związane jest prawdopodobnie z elastycznym naciskiem miazgłych osadów cechsztyńu na skały dolomitu głównego wypełnionego silnie stężonymi solankami. Niemalą przy tym rolę odgrywają sole, które w warunkach zwiększonych ciśnień odznaczają się szczególną plastycznością, a w przypadkach zaburzeń tektonicznych wykazują tendencje do przemieszczeń. Niezależnie od tego w miarę pograżania się dolomitu głównego następuje pogorszenie się własności zbiornikowych skał wskutek zwiększenia nacisków kompakcyjnych nadkładu. Znajdując to odbicie w zwiększonym ciśnieniu złożowym.

Najbardziej wysuniętym na wschód punktem o podwyższonych ciśnieniach jest otwór Grudziądz IG-1 położony w południowej części niecki pomorskiej. Tam poziom dolomitu głównego wypełniony solankami o mineralizacji 370 g/l charakteryzuje się gradientem ciśnienia 1,27  $\text{kG}/\text{cm}^2/10$  m. Podobne gradienty ciśnień stwierdzono w pstrym piaskowcu zaburzonym tektonicznie (Karlino 1, Huta Szklana 1).

Jedynym stwierdzonym dotychczas w młodszym mezozoiku miejscem, gdzie istnieją podwyższone ciśnienia jest zaburzona tektonicznie struktura solna w niecce mogileńskiej (otwór Młyny 1). Gradient ciśnień średnio zmineralizowanych wód jury i kredy wynosił 1,31—1,35  $\text{kG}/\text{cm}^2/10$  m. Świadczy to o możliwości występowania anomalii ciśnieniowych nawet w utworach mezozoiku, w sytuacji kiedy te utwory leżą w strefie zaburzonej tektonicznie. Stopień zaawansowania tych zaburzeń oraz odległość badanego punktu od stref tektonicznych ma wpływ na wielkość gradientu ciśnień.

#### Obszar ze strefami

##### o znacznie podwyższonych gradientach ciśnień

Strefa, w której istnieje możliwość występowania wysokich ciśnień ciągnie się wzdłuż wschodniej i południowej części wału kujawsko-pomorskiego. Jest ona jednak słabo udokumentowana. Najbardziej reprezentatywne dla tego rejonu są wyniki otworu Człuchów IG-2 położonego już w obrębie niecki pomorskiej na NE od wału kujawsko-pomorskiego. W trakcie nadwiercenia dolomitu głównego na głębokości 3080 m uzyskano tam znaczny wpływ płuczki. Uniemożliwiło to dalsze głębienie otworu. Przed jego likwidacją wykonano szczegółowe pomiary złożowe. Wydajność na samowypływie mierzona przez przelew Thomsona była największa w Polsce i wynosiła około 200  $\text{m}^3/\text{h}$ , mineralizacja solanki 321 g/l (c.wł. — 1,21

g/cm<sup>3</sup>), nadciśnienie na głowicy wysokie, ok. 90 atn. Z wyliczenia wynika, że pierwotne ciśnienie złożowe wynosi 467 atn, co daje gradient 1,51 kg/cm<sup>2</sup>/10 m. Podobne wartości spotykano jeszcze w kilku otworach położonych w północnej części wału pomorskiego.

#### Obszar ze strefami o znacznie podwyższonych gradientach ciśnień

Strefa bardzo wysokich ciśnień w dolomie głównym cechsztynu przebiega wąskim pasem od antyklinorium świętokrzyskiego do wyspy Wolin (ryc. 2). Strefa ta w północnej części wału pomorskiego rozszerza się, obejmując też przygraniczną część NAW. Oprócz dolomitu głównego stwierdzono w czerwonym spągowcu anomalnie ciśnienia w południowej części wału pomorskiego.

W południowej części niecki łódzkiej w otworze Mierzyn uzyskano w trakcie nadwiercania dolomitu głównego na głębokości 3739 m erupcję solanki z H<sub>2</sub>S (tab.). Wyliczony gradient ciśnienia był tu bardzo wysoki i wynosił około 2,0 kg/cm<sup>2</sup>/10 m. Sól wytrącona w trakcie erupcji solanki spowodowała samoistną likwidację otworu. Od tego miejsca strefa o bardzo wysokich ciśnieniach przebiega regularnie. Obejmuje ona zewnętrzną część monokliny przedsudeckiej, gdzie w otworach Barczew 4, Kalisz IG-1 i Siekierki 1 stwierdzono jedne z największych w kraju gradienty ciśnień — od 2,09 do 2,15 kg/cm<sup>2</sup>/10 m. Poziom dolomitu głównego, występujący pod anomalnie wysokim ciśnieniem, wypełniony jest solankami o mineralizacji od 337 do 376 g/l z dużą zawartością H<sub>2</sub>S. Ciśnienia złożowe są tu bardzo wysokie i wynoszą od 607 do 754 atn, a więc są o przeszło 100% wyższe od ciśnienia hydrostatycznego. W otworach wiertniczych położonych nawet nieznacznie poza tą strefą ciśnienia złożowe są już normalne. Dalej ku NW strefa wysokich ciśnień prawdopodobnie przechodzi w obszar pasma wysadów solnych niecki szczecińskiej, ale tam ze względu na duże głębokości występowania cechsztynu brak pomiarów ciśnień złożowych. Dopiero w skrajnie północnej części wału pomorskiego i niecki szczecińskiej strefa ta jest dobrze udokumentowana. Rozszerza się ona dzięki licznym dyslokacjom. Wielkości ciśnień wahają się tu dość znacznie. Maksymalną wartość gradientu ciśnienia 2,12 kg/cm<sup>2</sup>/10 m stwierdzono w rejonie Wolina (ryc. 2, tab.). Nieco na wschód, w rejonie Kamienia Pomorskiego gradienty były nieco niższe i wynosiły 1,80—1,97 kg/cm<sup>2</sup>/10 m. Najbardziej wysunięta na wschód jest anomalia stwierdzona na skłonach struktury Gryfic. Tam w otworach Petrykozy 1 i Gryfice 2 gradienty ciśnień wynosiły odpowiednio 1,90 i 1,99 kg/cm<sup>2</sup>/10 m. W obrębie wału pomorskiego stwierdzono w czerwonym spągowcu anomalne ciśnienie o gradientie 1,98 kg/cm<sup>2</sup>/10 m (2).

W omawianej strefie pewna liczba otworów miała normalne ciśnienia. Na podkreślenie zasługuje fakt, że na południe od strefy o bardzo wysokich ciśnieniach rozciągają się złoża węglowodorów. W rozmieszczeniu tych złóż zauważa się pewną regularność.

#### SUMMARY

Deposit pressures were measured in deep boreholes in the Polish Lowlands. A detailed analysis of several thousands of hydrodynamic measurements has revealed differences in values of the pressures. Deposit pressure with gradients from 1.0 to 1.25 kg/cm<sup>2</sup>/10 m was accepted as a hydrodynamic background. Several zones of anomalously high pressure are distinguished in the areas of normal deposit pressure. High pressures were almost always recorded in the Main Dolomite of the Zechstein.

The highest pressures with gradients ranging from 1.80 to 2.25 kg/cm<sup>2</sup>/10 m were recorded within the Łódź-Mogilno-Szczecin Basin and at the western boundary of the Kujawy-Pomeranian Swell. Somewhat lower pressures with gradients ranging from 1.50 to 1.80 kg/cm<sup>2</sup>/10 m were recorded on the eastern side of the Swell. Pressures with values transitional between the highest and normal ones were recorded between these zones. There is a possibility that the high-pressure zones act as hydrodynamic barriers for migration of hydrocarbons which may, therefore, accumulate on their forefields.

Dlatego też można przypuszczać, że strefa anomalnie wysokich ciśnień jest barierą dla migracji węglowodorów, na której przedpolu koncentrują się złoża ropy i gazu.

#### WNIOSKI

Anomalnie wysokie ciśnienia zbliżone swoją wartością do gradientu ciśnienia geostatycznego spotykano przeważnie w poziomie dolomitu głównego cechsztynu, a tylko w kilku przypadkach w czerwonym spągowcu oraz w utworach mezozoicznych w strefach zaburzonych tektonicznie. Na Niżu Polskim wydzielono dwie wyraźne strefy o bardzo wysokich i wysokich ciśnieniach złożowych. Pierwsza z nich o gradientach ciśnień od 1,80 do 2,25 kg/cm<sup>2</sup>/10 m ciągnie się w obrębie niecki łódzko-mogileńsko-szczecińskiej oraz zachodniej granicy wału pomorskiego. Może ona stanowić barierę hydrodynamiczną dla migrujących węglowodorów ze starszych osadów niecki brzeźnej. W północnej części wału pomorskiego te dwie strefy łączą się, tworząc stosunkowo duży obszar o anomalnych ciśnieniach. W otoczeniu wyżej wymienionych stref występują przeważnie obszary o nieco podwyższonych ciśnieniach.

Istnienie obszarów wysokich ciśnień złożowych należy wiązać genetycznie z regionalnymi strefami naruszeń tektonicznych mijającymi wielokrotnie odnowianymi w długiej historii geologicznego rozwoju. Kształtowanie się wału kujawsko-pomorskiego i związane z tym przemieszczenia się mas soli odegrały prawdopodobnie decydującą rolę w procesach uszczelnienia i zachowania się do dziś w określonych strefach anomalnie wysokich ciśnień złożowych. Naciski mas skalnych zmniejszając pojemność kolektora przy zmiennej ilości wypełniającego go medium powodowały nawet zrównywanie się ciśnień hydrostatycznych i geostatycznych.

#### LITERATURA

1. Bojarski L. — Analiza ciśnień złożowych w otworach famenu dolnego obszaru lubelskiego. Tech. Poszuk., 1973, z. 45—46.
2. Bojarski L., Płochniewski Z., Stachowiak J. — Samowypływ solanki o anomalnym ciśnieniu z otworów czerwonego spągowca. Prz. geol. 1976, nr 12.
3. Depowski S. — Poszukiwania złóż ropy naftowej i gazu ziemnego na dużych głębokościach. Geof. i Geol. naft., 1970, nr 3—4.
4. Levorsen A. I. — Geologia ropy naftowej i gazu ziemnego. Wyd. Geol., 1972.
5. Pożaryski W. — Podział obszaru Polski na jednostki tektoniczne. Wyd. Geol., 1974.

#### РЕЗЮМЕ

В результате разработки глубоких буровых скважин стало возможным проведение регистрации пластовых давлений. Подробный анализ нескольких тысяч гидродинамических результатов полученных на Польской Низменности выказал присутствие зон с высокими пластовыми давлениями. В качестве гидродинамического фона принято пластовое давление с градиентами в пределах 1,0—1,25 кг/см<sup>2</sup>/10 м. Среди районов с нормальными давлениями выделены зоны с аномально высокими пластовыми давлениями. Почти во всех случаях высокие пластовые давления отмечены в главном доломите цехштейна.

Самые высокие пластовые давления с градиентом 1,80—2,25 кг/см<sup>2</sup>/10 м были отмечены в лодско-могилно-щeciнской мульде и при западной границе куявско-поморского вала. Немного низшие давления с градиентом 1,50—1,80 кг/см<sup>2</sup>/10 м выступают по восточной стороне этого вала. Среди этих зон встречаются промежуточные величины давлений от нормальных к высоким. Зоны с высокими пластовыми давлениями могут играть роль гидродинамических барьеров для миграции углеводородов, которые должны накапливаться на их передполях.