

UWAGI W SPRAWIE WYKORZYSTANIA POMIARÓW HYDRODYNAMICZNYCH WYKONYWANYCH W GŁĘBOKICH OTWORACH WIERTNICZYCH

UKD 556.334:532.5[550.882.012+622.241]:553.981/.982

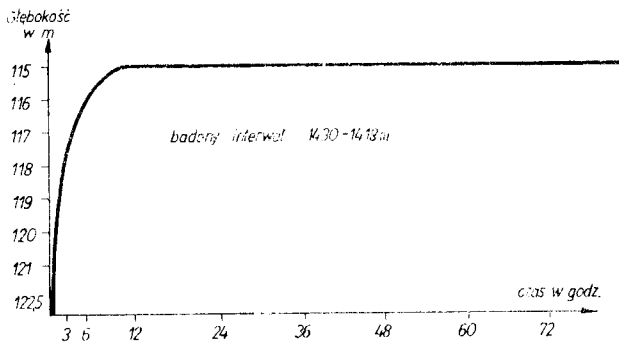
Wzmózona w ostatnich latach efektywność badań geologiczno-prognostycznych na Niżu Polskim, prowadzonych w aspekcie poszukiwań naftowych, przyczyniła się do uzyskania bardzo dużej ilości materiałów z głębokich wierceń. Dzięki postępowi techniki wiertniczej wzrosło tempo odwiercania otworów i tendencje do skracania okresu badań.

Wyniki hydrodynamiczne, pochodzące z otworów wiertniczych, kopalń, ujęć hydrogeologicznych, źródeł mineralnych itp. przedstawiają różną wartość, zależnie od czasu i metody badania oraz właściwej dokumentacji (1). Najwięcej wątpliwości nasuwają wyniki otrzymane z głębokich otworów wiertniczych, mniej zaś wyniki otrzymane z ujęć hydrogeologicznych, kopalń itp. Wyniki pochodzące z głębokich otworów przedstawiają również różną wartość, zależnie od charakteru i celu odwierconego otworu. Otwory podstawowe dostarczają lepszych i pełniejszych wyników hydrodynamicznych niż otwory poszukiwawcze, w których badania prowadzone są w mniejszym zakresie i w innym aspekcie. Na złą jakość wyników wpływać mogą następujące czynniki obiektywne: niedoskonałość metodyki badań, niewystar-

czająca dokładność przyrządów pomiarowych, mała przepuszczalność skał, ograniczony czas badania, względy finansowe itp. oraz czynniki zależne od wykonawcy: niewłaściwy sposób prowadzenia badań, błędy pomiarowe, niesumienny dozór i nadzór geologiczny itp. Właściwe kryteria oceny jakości pomiarów poziomu statycznego wód, ciśnień złożowych i wartości przypływów są podstawą do prawidłowej selekcji materiału wyjściowego, który wykorzystywany jest następnie do regionalnych opracowań hydrogeologicznych oraz charakterystyki ciśnieniowej struktur wgłębnych (2, 3).

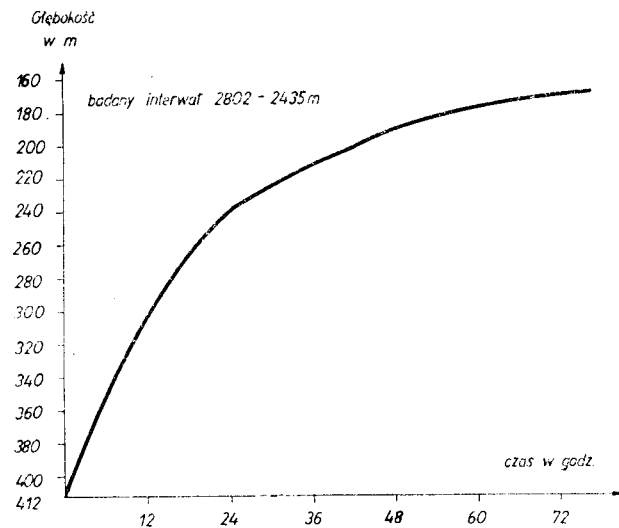
POZIOM HYDROSTATYCZNY

Pomiary wysokości poziomu hydrostatycznego przeprowadzono na ogół w otworach wiertniczych po zakończeniu wiercenia w trakcie opróbowania metodą konwencjonalną, tzn. przez obniżenie płynu w zarurowanym otworze. Pomiary prowadzono w poziomach zbiornikowych odsłoniętych pod rurami lub utworzonych przez perforację rur. W niektórych przypadkach pomiary wysokości poziomu hydrosta-



Ryc. 1. Wykres kształtowania się poziomu wody w otworze — całkowita stabilizacja.

Fig. 1. Diagram of trends of water table in borehole; complete stabilization.



Ryc. 2. Wykres kształtowania się poziomu wody w otworze — niepełna stabilizacja.

Fig. 2. Diagram of trends of water table in borehole; incomplete stabilization.

tycznego prowadzi się w trakcie badań próbnikami rurowymi. Ponieważ czas badania próbnikiem jest ograniczony (przeciętnie do 5 godzin) prawidłowy wynik otrzymuje się jedynie w przypadku dużego przypiływu. Stosowane obecnie przyrządy do mierzenia zwierciadła wody na dużych głębokościach są niedoskonałe. Pomiar wykonuje się najczęściej za pomocą łyżki wiertniczej, rzadziej aparatem Jakowlewa. Dokładność pomiaru zależna jest od głębokości i przedstawia się następująco:

200—1000 m dokładność 0,5—1 m
1000—3000 m dokładność 1—5 m
poniżej 3000 m dokładność 5—10 m

Najdokładniejsze wyniki (do 0,5 m), niezależnie od głębokości, otrzymuje się przy pomiarach rezystiwimetrycznym, który jest jednak rzadko stosowany ze względu na duże koszty.

W wielu przypadkach otrzymane wyniki odnoszą się do nieustalonych poziomów wody w otworze, co nie zawsze jest właściwie udokumentowane. Dla dokładniejszego przedstawienia wyników wydzielono następujące określenia: poziom hydrostatyczny oraz poziom wody w otworze. W głębokich otworach pod pojęciem **poziomu hydrostatycznego** rozumie się ustalony poziom czystej wody złożowej. Poziom wody uważa się za ustalony, gdy co najmniej trzy kolejne pomiary wykonywane co 8 godzin nie różnią się od siebie wynikami. W ograniczonym względami ekono-

Tabela I

Czas	Głębokość poziomu wody w m	Czas	Głębokość poziomu wody w m	Czas	Głębokość poziomu wody w m
15 min.	122,5	3 godz.	118,0	28 godz.	115,0
30 min.	122,0	6 godz.	116,5	36 godz.	115,0
60 min.	121,0	12 godz.	115,0	48 godz.	115,0
90 min.	119,5	20 godz.	115,0	72 godz.	115,0

Tabela II

Czas w godz.	Głębokość poziomu wody w m	Czas w godz.	Głębokość poziomu wody w m
12	300	48	192
24	240	60	178
36	214	72	174

nomicznymi czasie pomiarowym prawidłowe wyniki uzyskuje się na ogół tylko w skałach zbiornikowych o dobrej przepuszczalności. Właściwy sposób określenia poziomu hydrostatycznego oraz sposób rejestrowania pomiarów przedstawiono w tab. I.

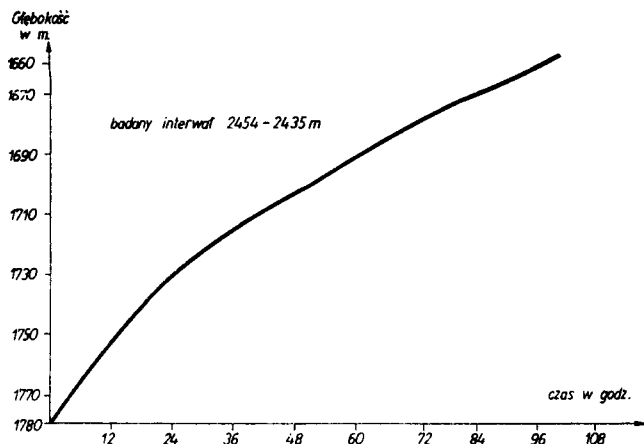
Wzrost poziomu wody złożowej w otworze mierzy się w określonych odstępach czasu, uzależnionych od wielkości przypiływu. Wyniki przedstawione w formie tabelarycznej służą do sporządzenia wykresu stabilizacji poziomu wody w otworze (ryc. 1). Niższy przykład dotyczy piaskowców triasu dolnego odsłoniętych w interwale 1430—1418 m przez perforację rur. Jak widać na wykresie całkowita stabilizacja poziomu wody w otworze nastąpiła już po 12 godzinach i została potwierdzona kolejnymi pomiarami. W przypadku samowypływu poziom hydrostatyczny przelicza się z wielkości statycznego ciśnienia głowicowego.

Pod pojęciem **poziomu wody w otworze** rozumie się nieustabilizowany poziom wody złożowej i podaje się w tym przypadku ostatni wynik przed przerwaniem pomiarów. Przyczyną przerwania pomiarów przed stabilizacją zwierciadła wody jest najczęściej zbyt długi okres pomiarowy, co pociąga za sobą znaczne koszty. Okres pomiarowy jest zależny od wielkości przypiływu i przy małej przepuszczalności skał może trwać nawet kilka miesięcy. W przypadku średnich przypiływów wód poziom wody w otworze zbliża się do stabilizacji, natomiast sam proces stabilizacji przebiega bardzo wolno i ponieważ może trwać bardzo długo pomiar zostaje przerwany. Dla przykładu podano wyniki uzyskane z badania poziomów piaskowcowych kambru, odsłoniętych pod rurami w interwale 2802—2435 m (tab. II, ryc. 2).

W ostatniej fazie pomiaru następuje załamanie się krzywej wzrostu zwierciadła wody z powolną tendencją do stabilizacji, która prawdopodobnie nastąpiłaby po kilku tygodniach. W przypadku małych przypiływów wód tendencja do stabilizacji poziomu wody w otworze nie zaznacza się w okresie pomiarowym. Dla przykładu podano wyniki z opróbowania słabo przepuszczalnych piaskowców kwarcowych kambru, odsłoniętych pod rurami w interwale 2454—2435 m (tab. III, ryc. 3).

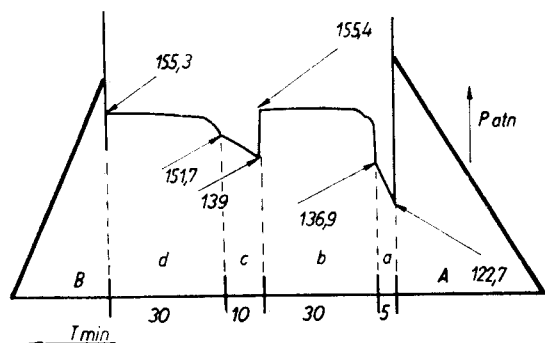
Wobec małego przypiływu poziom wody podniósł się w ciągu 96 godzin od 1754 do 1665 m, bez szans na stabilizację w przeciągu najbliższych kilku miesięcy. W związku z tym przerwano pomiary i w dokumentacji podano ostatnią zmierzoną głębokość poziomu płynu w otworze — 1665 m.

Przedstawiono powyżej właściwy sposób dokumentowania wyników. W wielu dokumentacjach wyników głębokich otworów wypełnia się rubrykę „poziom hydrostatyczny”, wpisując tam wynik ostatniego



Ryc. 3. Wykres kształtowania się poziomu wody w otworze — brak stabilizacji.

Fig. 3. Diagram of trends of water table in borehole; lack of stabilization.



Ryc. 4. Oryginalny zapis manometru głębinnego uzyskany z badania próbnikiem rurowym typu Halliburton.

A — zapuszczanie próbnika, B — wyciąganie próbnika, a — pierwszy okres przyływu, b — pierwszy okres wzrostu ciśnienia, c — drugi okres przyływu, d — drugi okres wzrostu ciśnienia.

Fig. 4. Original record of depth manometer obtained during surveys by means of tubular sampler of the Halliburton type.

A — immersion of sampler, B — pulling out of sampler, a — first phase of inflow, b — first phase of pressure increase, c — second phase of inflow, d — second phase of pressure increase.

pomiaru, pomimo że jest to na ogół niestabilny poziom wody w otworze. Korzystający z dokumentacji nie mogą sprawdzić wiarygodności danych, ze względu na brak tabel i wykresów obrazujących przebieg stabilizacji. Prowadzi to często do błędnych wniosków i fałszywych interpretacji.

CISNIENIE DENNE ZŁOŻOWE

Ciśnienia denne złożowe rejestrowane są najczęściej w trakcie badań próbnikami rurowymi. Podobnie jak przy pomiarach poziomu hydrostatycznego dla prawidłowego określenia wartości ciśnienia potrzebna jest rejestracja jego wzrostu w czasie. W niektórych przypadkach nie jest to możliwe ze względów technicznych. W próbnikach typu Halliburton i Johnston uzyskuje się pełny zapis wzrostu ciśnienia. W zależności od stopnia stabilizacji przyjęto dwa pojęcia: ciśnienie denne statyczne i ciśnienie denne niestabilne.

Tabela III

Czas w godz.	Głębokość poziomu wody w m	Czas w godz.	Głębokość poziomu wody w m
12	1754	60	1694
24	1731	72	1681
36	1716	84	1673
48	1704	96	1665

Tabela IV

Czas w min.	Ciśnienie w at	Czas w min.	Ciśnienie w at	Czas w min.	Ciśnienie w at
0	136,9	3	149,0	15	155,4
1	146,0	5	154,0	20	155,4
2	148,0	10	155,0	30	155,4

Ciśnienie denne statyczne jest to ustabilizowane ciśnienie denne zarejestrowane na manometrze głębinnym lub wyekstrapolowane na podstawie wykresu wzrostu ciśnienia w czasie. Wykres taki, zarejestrowany na dokładnym manometrze umieszczonym w próbniku, jest podstawą do prawidłowego określenia ciśnienia dennego. Tab. IV i ryc. 4 przedstawiają oryginalny zapis manometru z badania próbnikiem rurowym typu Halliburton dobrze przepuszczalnych piaskowców kambru w interwale 1560,5—1529,9 m.

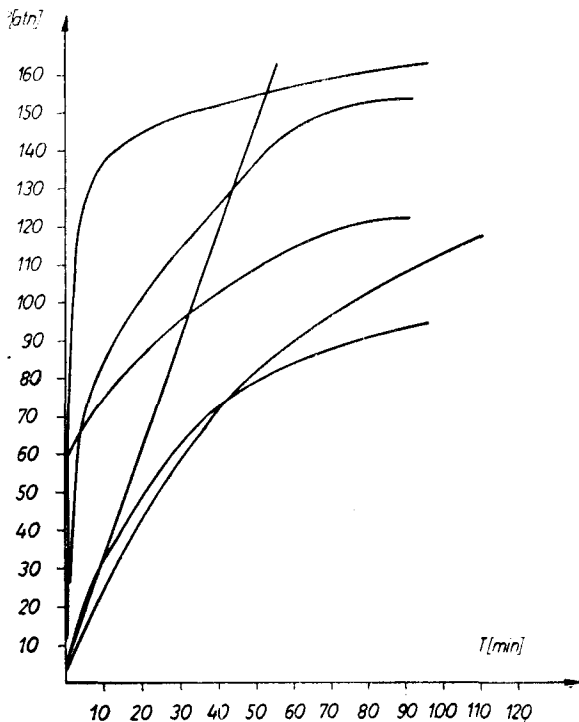
Jak widać z wykresu stabilizacja ciśnienia rozpoczęła się po 1 minucie a zakończyła już po upływie 15 minut. Ponieważ czas badania próbnikiem jest ograniczony całkowitą stabilizację można uzyskać jedynie w poziomach zbiornikowych, charakteryzujących się dobrą przepuszczalnością skał. W skałach w nieco mniejszej przepuszczalności rejestruje się ciśnienie denne niezupełnie ustabilizowane, co na wykresie manometru głębinnego zaznacza się załamaniem krzywej wzrostu ciśnienia. Faktyczną wartość ciśnienia dennego statycznego można wówczas obliczyć metodą ekstrapolacji.

Ciśnienie denne niestabilne jest to ciśnienie zarejestrowane na manometrze głębinnym przed rozpoczęciem się jego stabilizacji, zwykle przy zaznaczającej się tendencji do stabilizacji znacznie poniżej wartości ciśnienia hydrostatycznego*. W zależności od przepuszczalności skał można generalnie wyróżnić dwie grupy ciśnień dennych niestabilnych:

I grupa ciśnień — o wartościach zarejestrowanych na manometrze w granicach 50—70% ciśnienia hydrostatycznego (ryc. 5). Krzywa wzrastająca prostopadłowo świadczy o istnieniu skał o słabych własnościach kolektorskich i powiązaniu hydraulicznym poziomów zbiornikowych. Natomiast krzywe, na których zaznacza się tendencja do stabilizacji wskazują na istnienie zamkniętych układów hydraulicznych związanych z występowaniem słabych kolektorów w strefie przyodwiertowej. Takie warunki ciśnieniowe spotykane są m.in. w wapieniach gruzłowych fame-nu obszaru lubelskiego, gdzie w licznych otworach uzyskano nieprzemysłowe przypiływy ropy naftowej. Charakterystyczny był tu znaczny spadek ciśnienia dennego po wydobyciu kilku ton ropy, co świadczy o wyeksploatowaniu strefy przyodwiertowej.

II grupa ciśnień — o wartościach zarejestrowanych na manometrze w granicach 10% ciśnienia hydrostatycznego (ryc. 6). Jeśli przy tej wartości ciśnienia zaznacza się na wykresie tendencja do stabilizacji,

* Ciśnienie hydrostatyczne jest to ciśnienie słupa wody słodkiej mierzone od badanego poziomu do powierzchni terenu — model, wzorzec porównawczy.



Ryc. 5. Wykresy wzrostu ciśnienia dennego dla poszczególnych poziomów zbiornikowych badanych w interwale 2000–2600 m. Wartości ciśnień w granicach 50–70% ciśnienia hydrostatycznego.

Fig. 5. Diagrams of increase of bottom pressure for particular reservoir horizons from the studied interval, from 2,000 to 2,600 m; pressure values within the range from 50 to 70% of hydrostatic pressure.

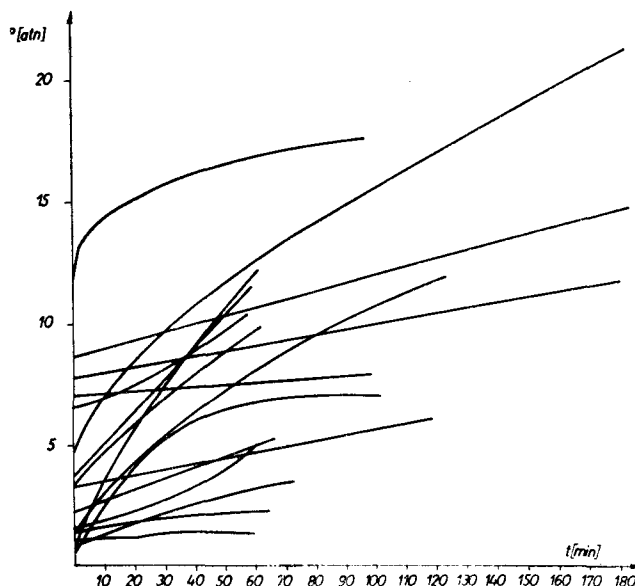
wskazuje to na brak poziomów zbiornikowych. Przedstawione na ryc. 6 krzywe wzrostu ciśnienia są charakterystyczne dla kompleksów skał uszczelniających. Serie skał uszczelniających ze śladami ropy naftowej były w wielu przypadkach obiektem poszukiwań naftowych. Typowym przykładem mogą być wapienie gruzłowe famenu lub piaskowce kwarcowe kambru, gdzie mimo wyraźnych śladów ropy nie uzyskano przypiływów o wartościach przemysłowych. Dopiero szczegółowa analiza ciśnień pozwoliła na dokonanie prawidłowej oceny warunków zbiornikowych.

WIELKOŚCI PRZYPIŁYWÓW

W głębokich otworach wiertniczych pomiary wydajności wykonywane są mniej dokładnie niż w otworach hydrogeologicznych, w których każdą wydajność mierzy się przy określonej depresji. Pomiar wykonuje się za pomocą łyżki wiertniczej lub kompresora oraz w trakcie badania próbnikami. Niezwykle rzadko używa się pomp głębinowych. Główne znaczenie przy tak prowadzonych badaniach ma określenie depresji lub przedziałów głębokości, w których mierzy się wydajność.

Wydajność (Q) w m³/h przy depresji (S)... w m uzyskuje się przy bardzo dużych przypiływach pod warunkiem utrzymywania się poziomu dynamicznego wody powyżej zasięgu przyrządu pomiarowego. Warunki takie występują raczej rzadko i spotyka się je przy badaniach poziomów piaskowcowych jury dolnej i kredy.

Wydajność (Q) w m³/h w głębokości od ... do ... w m uzyskuje się mierząc ilość dopływającej do otworu wody w określonym przedziale głębokościowym. Pomiary takie przeprowadza się w otworach zarurowanych przy wywoływaniu przypiływu ze złoża przez zmniejszenie przeciwcisnienia oraz w trakcie badań próbnikami rurowymi. Metodę tą stosuje się najczęściej przy średnich i dużych przypiływach.



Ryc. 6. Wykresy wzrostu ciśnienia dennego dla poszczególnych poziomów zbiornikowych badanych w interwale 2000–2900 m. Wartości ciśnień w granicach 10% ciśnienia hydrostatycznego.

Fig. 6. Diagram of increase of bottom pressure for particular reservoir horizons from the studied interval, from 2,000 to 2,900 m; pressure values ca. 10% of hydrostatic pressure.

Wydajność (Q) w m³/h w głębokości w m podaje się w przypadku małych przypiływach przy stałej głębokości szczypania wody łyżką wiertniczą, najczęściej z nad stropu badanego poziomu zbiornikowego.

UWAGI KOŃCOWE

Właściwe wykorzystanie wyników hydrodynamicznych jest czynnikiem decydującym przy ocenie warunków ciśnieniowych i zbiornikowych w poszczególnych basenach artezyjskich. Podstawowym źródłem wiadomości są dokumentacje wynikowe głębokich otworów, które powinny zawierać pełny zestaw wyników wszystkich pomiarów. Jednak z różnych względów otrzymane wyniki nie zawsze są prawidłowe. W związku z tym dokumentacja wynikowa powinna być tak sporządzona, aby korzystający mogli przeprowadzić właściwą ocenę jakości materiałów. W szczególności należy zwrócić uwagę na konieczność:

- 1) wykonywania pomiarów w otworze po całkowitym oczyszczeniu wody złożowej z płuczki wiertniczej.
- 2) określenia stopnia stabilizacji ciśnień złożowych oraz poziomów hydrostatycznych.
- 3) podawania wartości przypiływach przy określonych depresjach lub w określonych przedziałach głębokościowych.

W przypadku braku pełnej rejestracji pomiarów lub braku oceny jakości wyników, wyniki takie należy pomijać w opracowaniach hydrodynamiki badanych rejonów.

LITERATURA

1. Bojarski L. — Uwagi w sprawie wykorzystania analiz hydrochemicznych z głębokich wierceń. Prz. geol. 1965, nr 5.
2. Karczew A. A. — Hidrogeologia ńieftianych i gazowych miastoroźdzenii. Moskwa, 1963.
3. Tolman C. L. — Ground water. New York — London, 1937.

SUMMARY

Results of hydrodynamic examinations obtained from deep oil-prospecting boreholes are discussed in the paper. Adequate use of the results of hydrodynamic measurements proved to be a decisive element in the estimation of pressure and reservoir conditions of artesian basins. In deep boreholes these measurements are conducted in a different manner than in the case of hydrogeological intakes, mineral springs, or mines, and they are not always documented. Adequate data recording is of basic importance for reliable estimation of materials quality. The problems connected with the estimation of hydrostatic horizon, ore pressure and magnitude of flow are discussed in the paper. Methodology of the investigations, the procedure of adequate measurement and data recording are discussed in a detail way. Properly tabulated source materials may be used for preparing hydrodynamic surveys of studied regions.

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена проблемам гидродинамического режима в глубинных нефтепоисковых скважинах. Соответствующее проведение замеров гидродинамических параметров является решающим критерием оценки условий напоров и коллекторских свойств артезианских бассейнов. В глубинных скважинах такие замеры проводятся по другому по сравнению с замерами в гидрогеологических каптажах, минеральных источниках или в шахтах. В статье рассмотрены способы определения гидростатического уровня, напоров в залежи и величины притока. Детально описана методика проведения, регистрации и документации замеров. Правильный учет проведенных замеров является основой составления гидродинамической характеристики исследуемого района.