

WIERTNICTWO HYDROGEOLOGICZNE

PRZEDMIOT WIERTNICTWA HYDROGEOLOGICZNEGO

Nowoczesny rozwój życia gospodarczego wysublimował problematykę wód podziemnych, doprowadził do powstania specjalistycznej dyscypliny geologii stosowanej — hydrogeologii. Na podstawie potrzeb i zadań hydrogeologii wykształciła się typowa w swym rozwoju branża wiertnictwa, którą ze względu na specyficzną technologię, uwarunkowaną przedmiotem stosowania wierceń określa się mianem wiertnictwa hydrogeologicznego. Przedmiotem wierceń hydrogeologicznych jest wykonywanie w gruncie otworów w celu udostępnienia wód podziemnych. Zależnie od przeznaczenia, jakiemu mają dane otwory służyć rozróżnia się otwory eksploatacyjne i badawcze. Do otworów eksploatacyjnych zalicza się wszelkiego rodzaju otwory studzienne. Mogą to być studnie zaopatrzeniowe w wodę, studnie odwadniające, nawadniające lub chłonne. Do otworów badawczych zalicza się otwory służące specjalnie do przeprowadzania wszelkiego rodzaju badań hydrogeologicznych, a także otwory pomiarowe lub obserwacyjne znane ogólnie pod nazwą piezometrów.

Jakkolwiek otwory badawcze mogą mieć cechy studni, charakteryzują się innymi wskaźnikami techniczno-ekonomicznymi niż w warunkach ich środowiska posiadałyby studnie. Do ich zadań należy wyjaśnianie budowy geologicznej oraz ustalanie warunków hydrogeologicznych, a szczególnie stwierdzenie występowania horyzontów wodonośnych i określanie ich charakteru gospodarczego. Z punktu zaopatrzenia w wodę rezultaty otworów badawczych mogą być dodatnie lub ujemne. Nawet jako dodatnie — pozwalające użytkować nawierconą wodę — nie muszą odpowiadać warunkom technicznym i ekonomicznym, którym powinna odpowiadać studnia.

Stosownie do zasad i założeń planowania oraz projektowania budowy podziemnych ujęć hydrotechnicznych, badawcze wiercenia hydrogeologiczne powinny wyprzedzać wszelkiego innego rodzaju wiercenia ujęciowe. W szczególnym przypadku wiercenie badawcze może się stać wierceniem studziennym. Ma to miejsce wtedy, gdy projekt wiercenia badawczego uwzględnia warunki techniczne i ekonomiczne studni zaopatrzeniowej.

Studnie nawodnieniowe mają najczęściej za zadanie sprowadzać wody powierzchniowe pod ziemię i akumulować je w warstwach chłonnych. Studnie zbiorcze natomiast mogą być wykonane w gruntach bezwodnych, a nawet wodoszczelnych, służą bowiem do tworzenia zbiornika wód doprowadzanych specjalnymi ujęciami. Mogą pełnić rolę zbiorników dla zaopatrywania w wodę albo służyć do odwadniania obszarów leżących w zasięgu ich systemu odwadniającego. Studnie odwodnieniowe wykonywane są zazwyczaj systemem grupowym, rzadko są to ujęcia pojedyncze.

Ważną rolę w hydrogeologii, a także w przypadkach różnego rodzaju ujęć pełnią otwory obserwacyjne, wykonywane specjalnie dla obserwacji i pomiarów stanu swobodnego zwierciadła wód gruntowych znane powszechnie jako piezometry. Stosownie do prawideł ekonomii wiercenia i metodologii badań oraz pomiarów hydrogeologicznych, otwory

badawcze i piezometryczne powinny się wykonywać w małych średnicach. Otwory eksploatacyjne dysponują zazwyczaj dużą rozpiętością wymiarów, od małych średnicowych do wielkośrednicowych włącznie. Każdy otwór wiercony zależy od rodzaju ujęcia, jakiemu ma służyć lub od zadania, które ma spełnić wymaga odpowiedniego wykonawstwa technicznego. Głównymi parametrami otworu wierconego jest głębokość oraz jego średnica początkowa i końcowa.

Technika wiercenia otworu powinna zapewnić w sposób najbardziej racjonalny jego wykonanie oraz powinna odpowiadać optymalnie warunkom jego przeznaczenia, umożliwiając przepisanej mu konstrukcję.

WARUNKI, JAKIM POWINNO ODPOWIADAĆ WIERTNICTWO HYDROGEOLOGICZNE

Podstawowym warunkiem wiertnictwa hydrogeologicznego jest takie udostępnienie odpowiedniej warstwy wodonośnej lub horyzontu wodnego, aby nie uległ naruszeniu stan naturalny ich środowiska filtracyjnego w otoczeniu otworu. Znaczy to, że wiercenie otworu nie powinno spowodować połączenia się kilku poziomów wodonośnych lub stałego uszczelnienia warstwy wodonośnej, zmniejszając albo zamykając dopływ wody do otworu, lub przeciwnie dopuszczając do nieopanowanych wypływów wód gruntowych, zwłaszcza będących pod dużym ciśnieniem.

Występowanie horyzontów wodnych na różnej głębokości wymaga od techniki wiercenia hydrogeologicznego odpowiednich zdolności wykonywania otworów zarówno płytkich, jak i głębokich, niejednokrotnie od kilkuset metrów. Ze względu na konstrukcję otworu i jego przeznaczenie ważnym niezmiernie elementem jest jego średnica. Szczególnie wielkość średnicy końcowej jest wraz z zasięgiem wiercenia znamionnym miernikiem sprawności technicznej urządzenia wiertniczego.

Wiercenia hydrogeologiczne wykonuje się najczęściej w pionie. Utrzymanie otworu w pionie podczas wiercenia warunkuje jego prawidłową konstrukcję i zapewnia potem właściwą eksploatację. Zależnie od warunków hydrogeologicznych i zadania ujęcia, stosuje się także wiercenia otworów nachylonych pod różnym kątem do poziomych włącznie. Wiertnictwo hydrogeologiczne powinno więc dysponować sprzętem technicznym umożliwiającym dotrzymanie tego rodzaju wymagań.

Wreszcie jednym z najważniejszych warunków wiertnictwa hydrogeologicznego jest jego strona ekonomiczna. Wzrastająca stale powszechność stosowania wierceń hydrogeologicznych, rozwijająca się technika badań hydrogeologicznych, konstrukcji rozmaitych ujęć wód podziemnych oraz poszerzająca się problematyka hydrotechniczna wysuwają sprawę ekonomiki wierceń hydrogeologicznych na pierwsze miejsce. Podstawowymi wykładnikami są tu czas, koszt i oszczędność materiałów. Urządzenia wiertnicze o dużej sprawności technicznej, pozwalające na szybkie wykonanie zadania, tanie w eksploatacji i umożliwiające oszczędne użycie materiałów technicznych oraz pomocniczych jest dzisiaj wzorem, do którego zmierza nowoczesna technika wiertnicza i organizacja hydrogeologicznych prac wiertniczych.

METODY I EKONOMIKA WIERCEN
HYDROGEOLOGICZNYCH

Wiercenia hydrogeologiczne dzieli się na wiercenia ręczne metodą okrętą i okrętno-udarową oraz na wiercenia mechaniczne metodą udarową (ryc. 1) obrotową (ryc. 2, 4, 5, 6) i udarowo-chwytkową (ryc. 3). Ta ostatnia metoda odbiega dość zasadniczo od dotychczasowych pojęć techniki wiertniczej. Ze względu jednak na stopień jej adaptacji, jaki sobie zyskała w wiertnictwie, uważam za słuszne włączenie jej do metodologii wiertniczej. Poza tymi metodami istnieją także inne mniej lub bardziej udane metody wykonywania otworów studziennych i szybikowych. Należy do nich sposób hydraulicznego urabiania gruntu za pomocą specjalnie skonstruowanego monitora wodnego. Metody tych jednak ze względu na ograniczony zakres i specyfikę ich stosowania nie zaliczam do typowego wiertnictwa hydrogeologicznego.

Wiercenia ręczne, bardzo powszechne w Polsce, mają ogólnie opinię wierzeń nieekonomicznych. Stąd w nowoczesnym wiertnictwie hydrogeologicznym zostały już zaniechane. W naszych warunkach krajowych ciągle utrzymywanie się techniki wiercenia ręcznego w pracach hydrogeologicznych doprowadzić może do prostych wniosków, a przyczyny takiego stanu rzeczy należy szukać:

a) w niskim poziomie techniki prac hydrogeologicznych, która nie stawia dostatecznie mobilizujących zadań wiertnictwu;

b) w braku odpowiedniego sprzętu mechanicznego do wierzeń lub w istnieniu obiektywnych trudności w jego zdobyciu, co z kolei sprzyja stagnacji technicznej w wiertnictwie;

c) w braku dostatecznie kwalifikowanego personelu robotniczego i technicznego, co ogranicza lub wręcz uniemożliwia rozwój i doskonalenie techniki wiercenia.

Uogólniając te wnioski dla całej techniki wiertnictwa hydrogeologicznego jestem zdania, iż ekonomiczne oddziaływanie techniki wiercenia na kształtowanie się jego metodologii, a więc na stosowanie sposobu ręcznego, mechanicznego udarowego lub obrotowego zależy bezpośrednio od środków finansowych, od umiejętności wiercenia oraz od doświadczenia wiertaczy. Czynniki ekonomiczne i warunki techniczne zmieniają się nie tylko wraz z zadaniami, t.j. ó.n. i od sp.yfi. se.l.g.i.z.j

terenów i one określają jaka metoda wiercenia jest najlepsza dla odpowiedniego programu wierzeń.

Wiercenie udarowe na sucho ma ustaloną opinię w wiertnictwie hydrogeologicznym jako najlepszy sposób dla opróbowania terenu (ryc. 1). Pozwala ono na dobre ustalenie profilu wiercenia i zapewnia czyste udostępnienie wodonośca. Umożliwia również stosunkowo łatwą konstrukcję otworu. Nie wymaga dodatkowego źródła zaopatrzenia w wodę, a stąd duża wygoda jego stosowania na terenach bezwodnych lub ubogich w wodę.

Na ekonomikę wiercenia udarowego składają się następujące czynniki:

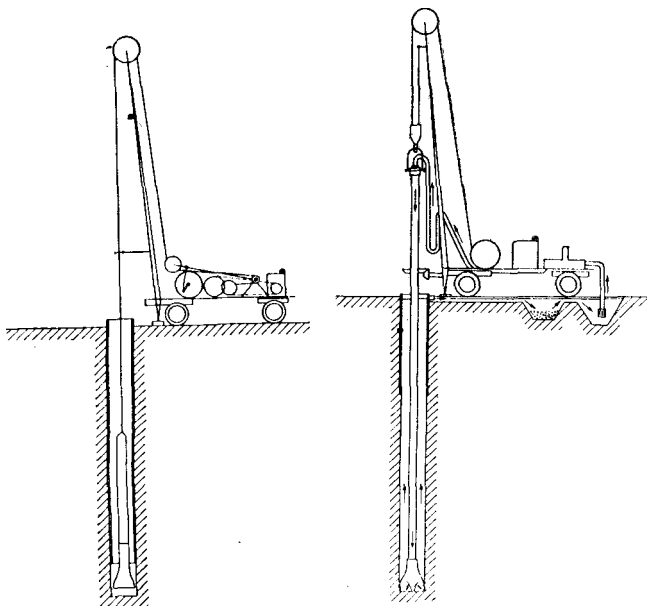
— stosowana w wierceniach udarowych energia mechaniczna charakteryzuje się niższym kosztem niż energia używana przy innych metodach wiercenia;

— metoda ta okazuje się najlepsza w takich warunkach geologicznych, gdzie jej prosta energia mechaniczna daje najlepsze efekty techniczne;

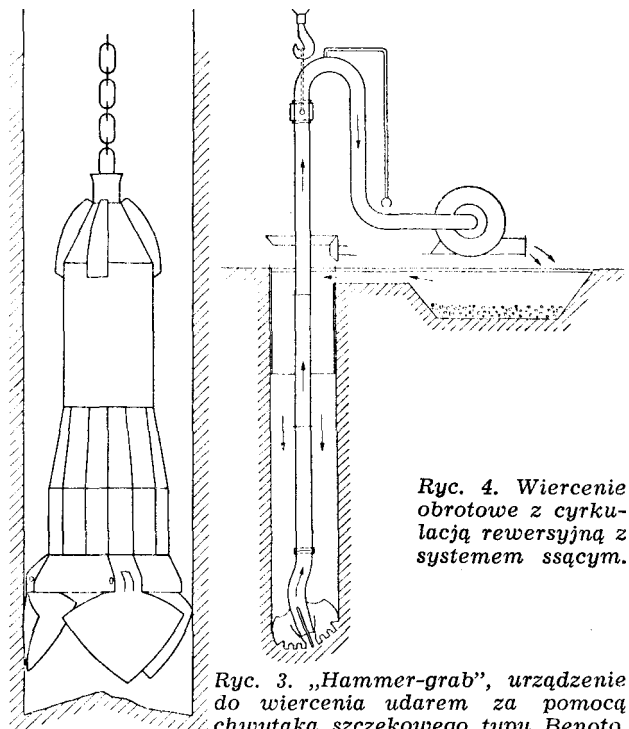
— ograniczenia metody udarowej wynikają z faktu, iż istnieją warunki geologiczne i techniczne, jak np.: duży kaliber i głębokość otworów, dla których mimo niskiego kosztu jej energia mechaniczna nie może być stosowana efektywnie. W takich przypadkach procent wytworzonej energii, jaka powinna być użyta na wykonanie całego otworu jest tak niski, że wiercenie okazuje się niewydajne. Wyższość wtedy zyskuje metoda obrotowa, która pomimo wyższych kosztów początkowych używanej energii jest bardzo wydajna;

— ujemną cechą wierzeń udarowych jest ograniczenie w stosowaniu dłuższych marszów jednym kalibrem otworu. Dlatego przy głębokich otworach występuje duża strata na średnicy otworu, co pociąga za sobą angażowanie wielu kolumn rur okładzinowych. Ze względu na to, iż metoda udarowa w gruntach luźnych, plastycznych i zasypowych wymaga rurowania, problem ten staje się bardziej drastyczny na płytkich otworach o głębokości ok. 100 do 150 m, kiedy niejednokrotnie trzeba zastosować rurowanie 4 i 6 kolumnami.

Wiercenie metodą obrotową z płuczką prostą, inaczej prawą, nie znalazło jeszcze u nas pełnych praw w zastosowaniu do wierzeń hydrogeologicznych (ryc. 2). Głównym utrudnieniem jest tu technologia wiercenia związana ze stosowaniem płuczki, która działa niekorzystnie na warunki filtracji wodonośca,



Ryc. 1. Wiercenie udarowe dłutem,
Ryc. 2. Wiercenie obrotowe (rotary) z cyrkulacją prostą.



Ryc. 3. „Hammer-grab”, urządzenie do wiercenia udarem za pomocą chwytaka szczękowego typu Benoto.
Ryc. 4. Wiercenie obrotowe z cyrkulacją rewersyjną z systemem ssącym.

powodując jego uszczelnianie w drodze kolmatacji materiałem płuczki. Konstrukcja otworów wierconych tą metodą wymaga wyższej techniki, a więc odpowiednich kwalifikacji personelu i szerszego wyposażenia w specjalny sprzęt techniczny. Dotyczy to szczególnie czynników technicznych związanych z cementowaniem rur osłonowych oraz z odilaniem warstw wodonośnych zarówno przed przystąpieniem do badań, jak i do konstrukcji ujęcia dla eksploatacji.

W trakcie wiercenia specjalnej kontroli i uwagi wymaga płuczka, co łącznie z technologią jej obróbki narzuca konieczność posiadania wyspecjalizowanej obsługi technicznej. Do przygotowania płuczki oprócz odpowiedniego materiału niezbędna jest także woda, której wiercenie musi mieć pod dostatkiem. Zastosowanie w wierceniach obrotowych droższej energii mechanicznej opłaca się ze względu na wydajność wierceń, zwłaszcza przy większych głębokościach. W gruntach zwartych i skalistych metoda ta pozwala na dobre opróbowanie profilu za pomocą rdzeniowania. Podstawową korzyścią wiercenia obrotowego w porównaniu z udarowym jest jego wysoka prędkość techniczna.

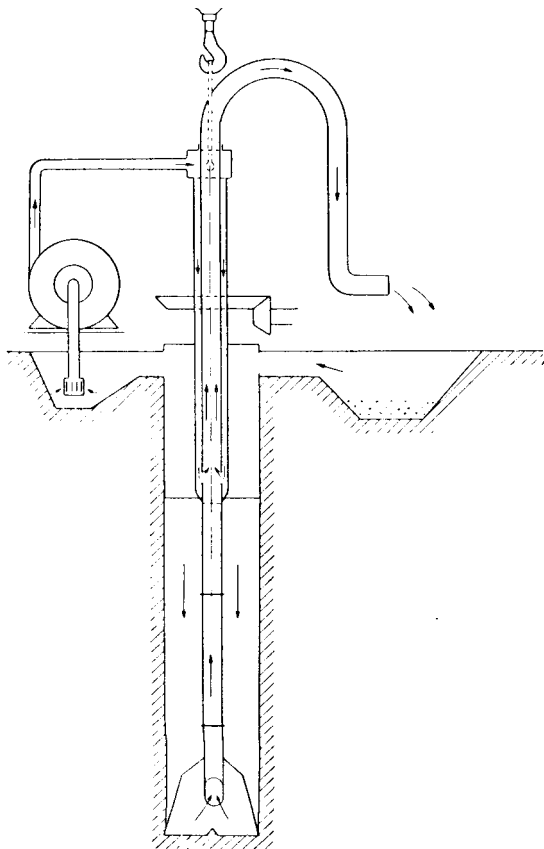
Ciągły rozwój techniki wiercenia obrotowego w poszukiwaniu wody pozwolił właściwie przewyżżyć wiele głównych trudności, przystosowując tę metodę do celów hydrogeologicznych z pełnym powodzeniem. Płuczki płynną zastępuje się w pewnych przypadkach powietrzem. Stosuje się też napowietrzanie płuczki. Duży postęp w wierceniach obrotowych uzyskano dzięki zastosowaniu płuczki z cyrkulacją rewersyjną, inaczej lewą. Sposób ten okazał się najtańszą metodą przy wierceniach otworów o dużej średnicy, a najbardziej efektywny dla średnic od 10" do 60" i dla głębokości od 150 do 200 m.

Sukces i ekonomika stosowania tej metody zależą niestety od bogatego źródła zaopatrzenia w wodę na

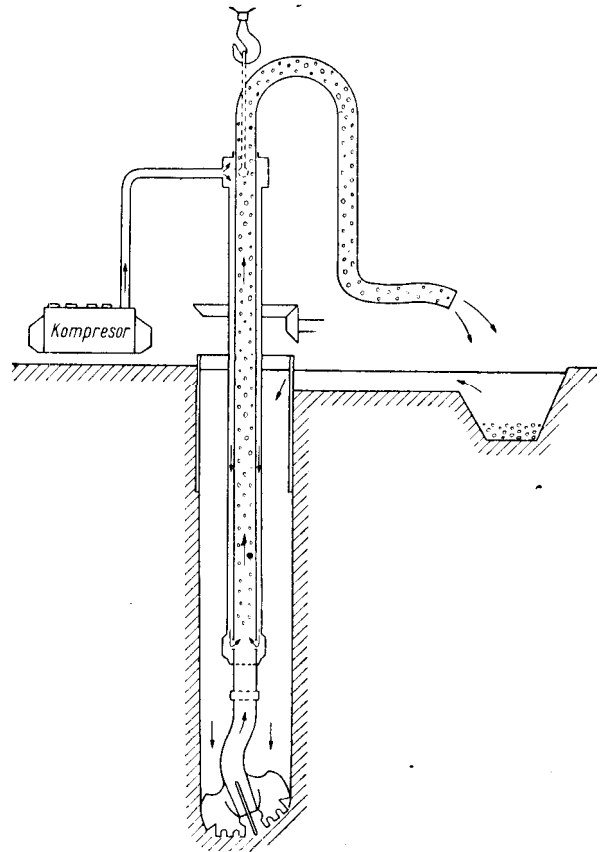
czas wiercenia. Ogólnie, koszty eksploatacji urządzenia są niskie. Obecnie istnieją już trzy systemy wierceń z cyrkulacją rewersyjną. Wiercenie systemem ssącym (ryc. 4), wiercenie z zastosowaniem iniektora hydraulicznego, który podnosi sprawność obiegu płuczki, a tym samym i wydajność wiercenia (ryc. 5) oraz wiercenie z zastosowaniem iniektora powietrznego (ryc. 6). Ten ostatni system rokuje duże nadzieje w technice wiercenia otworów hydrogeologicznych.

Wymienione systemy wiercenia pozwalają wiercić otwory bez rurowania na czystą wodę zamiast płuczki. Nadają się szczególnie do wiercenia w gruntach luźnych, miękkich i skalistych spękanych. W warunkach twardszych formacji postęp ich się obniża. Ujemną cechą systemu ssącego jest techniczna strona pracy pompy, która z zasady lepiej pracuje na ciśnienie niż na ssanie. Technicznie można uzyskać na pompie stosunkowo łatwo ciśnienie do 100 atm. i więcej. Praca pompy na ssanie uwarunkowana jest teoretyczną wysokością ssania odpowiadającą 10 m słupa czystej wody. Praktycznie, wskutek tarcia oraz zwiększonej pracy podnoszeniem urobku efektywne ssanie wybitnie się zmniejsza. Z głębokością więc sprawność wiercenia maleje. Szereg innych niedogodności technicznych wpływa dodatkowo na obniżenie walorów tego systemu.

Zastosowanie iniektora powietrznego pozwoliło wyeliminować pompę ssącą. Zaletą systemu napowietrzania jest wzrost jego sprawności ze wzrostem głębokości stosownie do zasady, iż głębokość zanurzenia iniektora powinna być większa od połowy wysokości podnoszenia. Eksploatacja wiercenia jest prosta. Rozważając zasadę tego systemu wiercenia dochodzi się do wniosku, iż właściwie nic nie stoi na przeszkodzie, aby przystosować go także do wiercenia otworów o mniejszych średnicach. O ile wiercenie ssące ograniczało się do średniej głębokości



Ryc. 5. Wiercenie obrotowe z cyrkulacją rewersyjną z zastosowaniem iniektora hydraulicznego



Ryc. 6. Wiercenie obrotowe z cyrkulacją rewersyjną z zastosowaniem iniektora powietrznego

200, a maksymalnej 300 m przy optymalnych średnicach do 1000 mm, to system iniektorowy powietrzny pozwala osiągnąć głębokość 500 m średnicą 1000 mm.

Poza wymienionymi metodami wierceń na zainteresowanie wiertników i hydrogeologów zasługuje metoda wiercenia chwytakiem szczękowym (ryc. 3). Technika tego wiercenia jest bardzo prosta. Polega na urabianiu gruntu za pomocą szczęk chwytaka, który zarazem wynosi urobek na powierzchnię. Chwytnak pracuje udarem na zasadzie wolnospadu. Zależnie od rodzaju gruntu stosuje się różne szczęki. Chwytnaki wykonywane są w różnej dymensji. Należy zwrócić uwagę, iż głównym urządzeniem wiertniczym tej metody jest tylko jednoliny chwytnak. Opisywana metoda dała świetne rezultaty w wykonywaniu otworów polowych oraz wierceń studziennych o głębokości 100 i 150 m. Chwytnaki wykonywane są w zakresie średnic wiercenia od 400 do 1500 mm.

ZAGADNIENIE SPRAWNOŚCI WIERCENIA

Kwestia sprawności wiercenia — czego wykładnikiem jest jego wydajność lub postęp zależy przede wszystkim od przystosowania aparatu wiertniczego do określonego rodzaju wierceń. Przykładem może być aparat wiertniczy typu URB-3AM, typowy dla wierceń obrotowych przeznaczonych do geologicznych prac poszukiwawczych, który został adaptowany do wierceń hydrogeologicznych. Aparat ten nie pozwala na uzyskanie pełnej efektywności wiercenia, ponieważ posiada ograniczone moce, nie pozwalające z kolei stosować forsownych reżimów wiercenia. Jego nominalna głębokość wiercenia wynosi 500 m, a dla celów wiertnictwa studziennego zmniejsza się do 200 m przy średnicy końcowej do 10" maks. Nominalna średnica wiercenia 200 mm nie pozwala na stosowanie większych średnic rur. Przelot stołu zbyt mały, udźwig masztu 10 t, a windy 2,8 t dla wierceń studziennych są zbyt małe. Stosowanie narzędzi wiertniczych o większej średnicy nastęrcza wiele dodatkowych czynności obniżających poważnie sprawność techniczną wiercenia. Nominalna ilość obrotów na stole nie przewyższa 250—300 obr./min. W praktyce redukuje się do niższych obrotów średnich, a zatem spada wydajność wiercenia.

Zwiększenie ilości obrotów stołu wiąże się ze wzrostem mocy silnika i wzmocnieniem konstrukcji stołu, co z kolei powoduje podniesienie jego ciężaru i powiększa rozmiary zestawu. Wydajność pompy dla otworów o średniej konstrukcji jest niewystarczająca, nie może więc zapewnić optymalnego reżimu wiercenia. Ma to szczególne znaczenie przy wierceniu miękkich gruntów i przy większym wchłanianiu płuczki w skałach szczelinowatych.

Posługiwanie się tego rodzaju sprzętem wiertniczym utrudnia w praktyce rozwijanie właściwej techniki wiercenia i ogranicza zakres jego zastosowania.

W naszych warunkach technicznych aparat tego typu jak URB-3AM stanowi na razie dla wiertnictwa hydrogeologicznego odskocznię do przejścia w ogóle na nową technikę wiercenia bardziej ekonomicznego. Na dłuższy dystans nie rozwiązuje jednak tego problemu, gdyż nie daje dostatecznie szerokich podstaw technicznych do właściwego wyszkolenia pełnokwalifikowanej kadry wiertaczy dla wierceń obrotowych. O poziomie techniki wiercenia świadczy m. in. sprawność sprzętu wiertniczego wyrażająca się średnią prędkością techniczną. Dla rozmaitych metod wiercenia przedstawia się ona następująco: średni postęp na wierceniu udarowym w Polsce dla normalnych średnic wiercenia kształtuje się w granicach od 0,15—0,30 m/godz. W ZSRR dochodzi do 0,4, 0,5 m/godz. Wiertnictwo światowe osiąga maksimum 1,25 do 1,3 m/godz.

Średni postęp na wierceniu obrotowym z prawą płuczką wynosi w Polsce 0,6 do 1 m/godz. W ZSRR nie przekracza 1,5 m/godz. Wiertnictwo światowe

osiąga średnio na nowoczesnym sprzęcie do wierceń obrotowych z prawą płuczką przeciętnie 3—4 m/godz. Wiercenie obrotowe systemem ssącym (z płuczką lewą) osiąga postęp przy średnicy 762 mm do głębokości ok. 130 m — 6 m/godz.; przy średnicy 1000 mm do głębokości ok. 80 m — ok. 4 m/godz. Wiercenie obrotowe z systemem iniektora powietrznego również z płuczką lewą osiąga postęp przy średnicy wiercenia 1,5 m do głęb. ok. 150 m — 7,5 m/godz., przy mniejszych głębokościach dochodzi do 10 i więcej m/godz.

W naszych warunkach techniki wiertniczej należy zwrócić uwagę na wydajność wiercenia chwytakiem szczękowym typu Benoto, metody taniej i prostej. Pozwala ona na wykonanie otworu praktycznie we wszystkich niemal warunkach gruntowych. Największą sprawność wykazuje w gruntach luźnych i plastycznych oraz kruchych, typowych dla utworów naszego czwartorzędu i trzeciorzęd, osiągając postęp od 5 do 7 m/godz.

Z porównania wymienionych wydajności wierceń nasuwa się wniosek, iż aby wiercić ekonomicznie trzeba dysponować odpowiednim sprzętem oraz umieć się nim w sposób właściwy posługiwać. W tym miejscu wypada zadać sobie pytanie, — jaki sprzęt i jaka metoda będą dla nas lepsze? Odpowiedź jest jedna — możemy się podjąć tego na co nas w tej chwili stać, a więc powinniśmy się starać o sprzęt najłatwiej nam dostępny, możliwie najtańszy i technicznie najprostszy, umożliwiający łatwe jego oprowadzenie w obsłudze. Przede wszystkim należałoby dostarczyć hydrogeologii dobrego sprzętu udarowego, najlepiej kombinowanego, udarowo-obrotowego i maksymalnie wykorzystać dla celów studziennictwa technikę wiercenia chwytakowego.

PROBLEM WYBORU METODY WIERCENIA

Wybór metody wiercenia dla wykonania określonego zadania hydrogeologicznego zależy przede wszystkim od przeznaczenia otworu, warunków geologicznych i hydrologicznych, jego konstrukcji określonej głębokością i średnicą końcową.

Ustalenie warunków dla wyboru optymalnej metody wiercenia jest głównym zadaniem hydrogeologa. Rolę hydrogeologa jako dokumentatora i projektanta uważam jako podstawową dla ekonomicznego ustawienia techniki wiercenia. Dlatego sprawą zasadniczej wagi jest sporządzenie odpowiedniej dokumentacji hydrogeologicznej terenu, w którym ma nastąpić lokalizacja zaprojektowanego wiercenia. Od stopnia rozpoznania warunków hydrogeologicznych i sprecyzowania zadania hydrogeologicznego zależy właściwy wybór techniki wiercenia i jego technologii, a zatem jego końcowy rezultat wyrażony efektem ekonomicznym, czasem wykonania oraz kosztem przy odpowiedniej jakości konstrukcji.

Konstrukcję otworu studziennego hydrogeolog powinien ustalić w stosunku do budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych, na podstawie obliczeń wydajności otworu, typu i gabarytów projektowanego urządzenia pompowego w stosunku do sposobu wiercenia, którym dysponuje i do sposobu obudowy otworu. Stosownie do poczynionych w ten sposób założeń hydrogeolog ustala warunki hydrogeologiczne ujęcia oraz jego warunki techniczne: początkową i końcową średnicę otworu, potem technologię wiercenia, sposoby i technologię cementacji rur osłonowych, typ i rozmiary filtru, metodą odilania oraz eksploatacyjnego oprobrowania ujęcia.

Odpowiednia ilość wody w otworze może gwarantować albo dostatecznej miąższości horyzont wodonosny, albo warstwa wodonosna o odpowiednio dużej wydajności. Warstwy o małej wydajności staramy się ujmować o ile to możliwe w największej ich miąższości sumarycznej, zwiększając tym samym głębokość otworu. W pewnych warunkach pożądane może być zapewnienie ujęcia odpowiednio dużej pojemności. W tym celu możemy zwiększać średnicę otworu i jego głębokość lub przy ograniczonych wa-

runkach tylko średnicę. Zależnie więc od wymienionych czynników dokonuje się wyboru metody wiercenia i odpowiedniego sprzętu.

Rozpatrywany problem w naszych warunkach pozostawia jeszcze wiele do życzenia. Szczególnie ważkim zagadnieniem, w przypadku wiertnictwa hydrogeologicznego, staje się sprawa właściwego planowania zadań dla tego wiertnictwa, a potem techniki badań hydrogeologicznych. Są to jednak tematy, które wymagają obszerniejszego omówienia na podstawie dokładnej analizy faktów. Duże możliwości udoskonalenia badań hydrogeologicznych, pod względem bardziej ekonomicznego wykorzystania wierceń, rokują metody badań radiometrycznych i geo-

fizycznych. Rozwój wiertnictwa hydrogeologicznego w polskich warunkach zależy przede wszystkim od zrozumienia potrzeb i możliwości na odcinku techniki wiertniczej oraz techniki badań hydrogeologicznych, jako czynnika warunkującego generalnie ekonomikę stosowania wierceń. Zależy on zatem od systematycznej akcji szkolenia naszej kadry hydrogeologów i wiertaczy na przykładach najbardziej nowoczesnych i uzasadnionych technicznie rozwiązań metodologicznych i organizacyjnych. Drogą prowadzącą do urzeczywistnienia zamierzeń powinna być rozsądna, lecz zdecydowana polityka ludzi odpowiedzialnych za przyszłość naszego wiertnictwa hydrogeologicznego.