

## BUDOWA WIERCONYCH STUDZIEN BEZFILTROWYCH

## I

**W** OSTATNIM ROKU PLANU 6-LETNIEGO na czoło zagadnień gospodarczych wysunięto sprawę zaopatrzenia w dobrą wodę pitną ludności rolniczej pracującej w PGR i spółdzielniach produkcyjnych.

W związku z tym plan gospodarczy państwa przewiduje wybudowanie na terenach rolnych w okresie najbliższych kilku lat znacznej ilości studzien wierconych.

W studniach wierconych najważniejszą ich częścią składową jest filtr, a rodzaj filtra i dobre jego funkcjonowanie wywierają zasadniczy wpływ na wydajność studni. Z tego powodu bardzo ważne jest umiejętne dobranie typu filtra, odpowiedniego dla danych warunków geologicznych. Zastosowanie bowiem nieodpowiedniego typu filtra może nie tylko zmniejszyć, lecz i uniemożliwić dopływ wody z warstwy wodonośnej do studni.

Filtry studzien wierconych składają się z trzech części: filtra właściwego, osadnika i rury nadfiltrowej (1).

**Filtr właściwy** lub krótko filtr przedstawia rurę z otworami lub szczelinami dla przepływu wody.

W drobno i średnioziarnistych warstwach wodonośnych rura filtrowa musi być owinięta siatką filtracyjną na odpowiednim podkładzie. W warstwach wodonośnych gruboziarnistych i żwirowych siatka filtracyjna może być niekiedy zbędna. Długość właściwego filtra dochodzić może do kilkudziesięciu metrów. Zależy to od miąższości warstwy wodonośnej nadającej się do eksploatacji.

**Osadnik** zwany także rurą podfiltrową lub podfiltrem stanowi dolną część filtra i przedstawia nieperforowany odcinek rury filtrowej długości kilku metrów. Odcinek ten może być przedłużeniem perforowanej rury filtrowej i stanowić z nią jednolitą całość lub może być dokręcany. Długość jego zależy od charakteru horyzontu wodnego. Służy on do gromadzenia osadów mechanicznych, przenikających do wnętrza studni, a następnie opadających na dno. Dolny otwór rury podfiltrowej uszczelnia się dopasowanym drewnianym korkiem lub przyspawanym denkiem, więc dopływ wody do studni odbywa się wyłącznie przez otwory boczne filtra.

**Rura nadfiltrowa** jest górną nieperforowaną częścią filtrującej kolumny rur i służy do uszczelnienia filtra w kolumnie rur płaszczowych. Zazwyczaj jest to odcinek rury długości do 5 m, stanowiący całość lub skręcony z filtrem właściwym. W części górnej rura nadfiltrowa po-

siada specjalny zamek dla uchwytu kluczem przy opuszczaniu lub podnoszeniu filtra.

Po postawieniu filtra w określonej głębokości warstwy wodonośnej rury płaszczowe są podciągane do góry na taką wysokość, by filtr został odsłonięty na całej swej długości i zetknął się bezpośrednio z warstwą wodonośną. Przestrzeń między filtrem a rurami płaszczowymi uszczelniana jest sznurem nasyconym lojem z grafitem lub smołowanym, nasuniętym między dwa pierścienie umieszczone pod zamkiem filtra. Pierścień dolny jest przyspawany, górny zaś ruchomy służy do ściśnięcia sznura i uszczelnienia filtra w rurach płaszczowych po ich podciągnięciu. W studniach płytkich stosuje się często obydwie pierścienie przyspawane.

W studniach artezyjskich rury filtrowe sięgają czasem powierzchni terenu.

Przy budowie studzien wierconych stosowane są różne typy filtrów (1): siatkowe, szczelinowe albo perforowane, szkieletowe (2), żwirowe i inne. W praktyce najczęściej jednak są stosowane filtry siatkowe. Toteż studnie wiercone przeważnie są wyposażone w filtry siatkowe.

Sporządzanie jednak filtrów siatkowych napotyka jeszcze u nas na duże trudności, które nieraz są nie do przewyciężenia. Siatki filtracyjne mogą być bowiem produkowane tylko z drutu miedzianego lub mosiężnego, który należy obecnie do materiałów deficytowych i reglamentowanych. Toteż konieczne jest przejście na budowanie studni wierconych bezfiltrowych wszędzie, gdzie pozwalają na to warunki geologiczne. Tym samym zmniejszy się bardzo poważnie zapotrzebowanie na reglamentowane metale kolorowe.

Będzie to nie tylko ogromnym ułatwieniem dla wiertniczych przedsiębiorstw wykonawczych, oszczędzając im wiele trudności związanych z wykonywaniem i zdobywaniem siatki filtracyjnej, lecz posiadać będzie jeszcze inne ważniejsze znaczenie o charakterze ogólnopństwowym. Zwolni mianowicie dla ważniejszych celów gospodarczych pokaźne ilości deficytowych metali kolorowych, zużywanych dotychczas na siatki filtracyjne.

Poza tym filtry siatkowe posiadają jeszcze jedną ujemną cechę, polegającą na zbyt szybkim zatykaniu się oczek siatek filtracyjnych osadami związków żelaza przy eksploatacji wody żelazistej. Siatki zatykają się również przy eksploatacji warstw wodonośnych, wykształconych w postaci mało wydajnych piasków pylastych.

W pewnych warunkach niedogodności te można usunąć przez zastosowanie studni wierconych bez filtrów.

**WYKONANIE** wierconej studni bezfiltrowej wymaga jednak pewnych określonych warunków geologicznych.

Takimi warunkami koniecznymi do zakładania studni bezfiltrowej są:

- istnienie nieprzepuszczalnej i zwartej warstwy stropowej odpowiadającej miąższości, przykrywającej horyzont wodonośny,
- istnienie ciśnienia hydrostatycznego w warstwie wodonośnej.

Niezbędne jest stwierdzenie tych warunków w orzeczeniu hydrogeologicznym przez organ resortowej służby geologicznej.

W Polsce powyższe warunki hydrogeologiczne są bardzo rozpowszechnione, szczególnie w środkowej i północnej części kraju, i sprzyjają zastosowaniu u nas wierconych studzien bezfiltrowych.

Za granicą, a szczególnie w Związku Radzieckim i Niemczech, gdzie służba geologiczna zorganizowana jest od dawna, ten typ studzien ma szerokie zastosowanie. Każda poważniejsza praca radziecka lub niemiecka, traktująca zagadnienia studzien wierconych, zawsze porusza możliwości stosowania studzien bezfiltrowych.

U nas w kraju, dopóki nie mieliśmy zorganizowanej służby geologicznej oraz nie mieliśmy wskutek tego możliwości dokładnego stwierdzenia warunków hydrogeologicznych koniecznych do projektowania tego typu studzien, wiercone studnie bezfiltrowe prawie nie miały zastosowania. Z chwilą jednak powołania do życia Uchwałą Prezydium Rządu nr 828 z dn. 26 IX 1952 r. resortowych służb geologicznych powstały również i u nas możliwości projektowania studzien bezfiltrowych w miejscowościach posiadających odpowiednie warunki hydrogeologiczne. Istnienie bowiem czy też brak warunków hydrogeologicznych dla zaprojektowania studni bezfiltrowej wynika z orzeczenia hydrogeologicznego, które musi być sporządzone dla każdej studni wierconej przez geologa własnej służby geologicznej zainteresowanego resortu czy też resortu, któremu inwestor zleci wykonanie dokumentacji geologiczno - technicznej dla zaprojektowanej studni.

**KAŻDE** orzeczenie hydrogeologiczne powinno bezwzględnie zawierać:

- charakterystykę geologiczną i hydrogeologiczną okolicy z nawiązaniem do terenu budowy studni;
- wskazanie właściwego horyzontu wodnego do eksploatacji z podaniem przypuszczalnej jego głębokości, wydajności, jakości oraz ciśnienia statycznego wody — z uzasadnieniem tego wyboru;
- przewidywany profil geologiczny projektowanego otworu studziennego;
- wskazania o zastosowaniu studni odpowiedniego typu i tutaj właśnie, o ile warunki geologiczne na to pozwalają, geolog powinien stwierdzić istnienie możliwości zaprojektowania studni bezfiltrowej.

Na podstawie orzeczenia hydrogeologicznego Biuro Projektów opracuje dokumentację projektowo-kosztorysową.

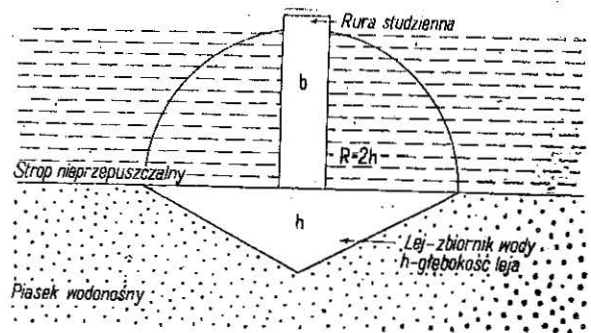
## II

**PRZY BUDOWIE** STUDNI BEZFILTROWEJ potrzebna jest znajomość grubości i charakteru warstwy wodonośnej, gdyż otwór wiertniczy doprowadza się tylko do samego stropu warstwy wodonośnej. Po nawierceniu tej warstwy i zagłębieniu się w niej na około 0,20—0,25 m dalsze wiercenie się wstrzymuje.

Dolna część studni nie będzie zafiltrowana, a woda będzie dopływała do studni z warstwy wodonośnej przez dolny przekrój rur okładzinowych.

Celem zwiększenia powierzchni czynnej warstwy wodonośnej dla napływu z niej wody tworzy się w tej warstwie zbiornik dla wody w postaci leja (ryc. 1). Powierzchnia boczna tego odwróconego stożka powinna być wystarczająco duża do otrzymania potrzebnej wydajności studni przy dopuszczalnych największych szybkościach wypływu wody z warstwy wodonośnej. Utworzony w ten sposób lej jest w studni bezfiltrowej jej częścią zastępującą filtr.

Przy budowie studzien bezfiltrowych na głębokościach niewielkich (do 60—80 m) lej może



Ryc. 1

być wytworzony zwykłą łyżką wiertniczą. Dla wypłukania ze skarpy leja drobnych ilastych i pylastych części warstwy wodonośnej trzeba przeprowadzić energiczne pompowanie wody z wydajnością o ca 50% przewyższającą przewidzianą wydajność eksploatacyjną. Czynność ta odpowiada odpiaszczaniu filtra w studni z filtrem siatkowym. Przy budowie studzien bezfiltrowych o większych głębokościach, szczególnie tam, gdzie eksploatację studni przewiduje się za pomocą pomp z zastosowaniem sprężonego powietrza (air lift, mamut), należy wytwarzać lej pompą kompresorową. Wytwarzanie prawidłowego kształtu leja i w tym wypadku, podobnie jak przy wykonywaniu go łyżką wiertniczą osiągnięte jest przez pompowanie ze studni wody z wydajnością o 50% przewyższającą przewidzianą wydajność eksploatacyjną. Dla wytworzenia leja zapuszcza się rurę ssącą pompy do studni aż do spodu otworu i powierzchni warstwy wodonośnej, po czym rozpoczyna się in-

tensywne pompowanie wody ze studni. Wobec wielkiej siły ssącej piasek spod rury ssącej będzie pompowany i wynoszony razem z wodą na powierzchnię terenu, zaś pod otworem dolnym rur okładzinowych zacznie się wytwarzać lej — zbiornik wody. Rurę ssącą pompy w miarę wydobywania piasku należy stopniowo opuszczać coraz niżej. W ten sposób możemy wytworzyć lej o dowolnej głębokości, nie przekraczającej jednak miąższości warstwy wodonośnej, jeżeli wytrzymałość i grubość warstw stropowych na to pozwala.

Uważa się jednak za niecelowe wytwarzanie leja o głębokości większej niż 0,6—0,7 miąższości warstwy wodonośnej, ponieważ stwierdzono, że dalsze zwiększenie głębokości leja nie spowoduje zwiększenia wydajności studni. Głębokość i zasięg leja zależy od kąta zesypu naturalnego materiału tworzącego skarpy leja, czyli warstwy wodonośnej.

**STUDNIE BEZFILTROWE MOGĄ BYĆ ZAPATRZONE** w leje otwarte lub zapełnione żwirem. Zastosowanie zasypanki żwirowej zaleca się szczególnie w warstwach wodonośnych o mniejszej wytrzymałości i słabym nieprzepuszczalnym stropie. Zasypanka ochrania lej od zawalenia się stropu bez zmniejszenia wydajności studni. Lej wypełnia się żwirem przez wprowadzenie go do otworu wiertniczego. Dla dokładniejszego wypełnienia leja żwir wysypuje się małymi dozami i następnie ubija się odpowiednio obciążoną łyżką na żerdziach wiertniczych.

W laboratorium Moskiewskiego Instytutu Hydromelioracyjnego za pomocą lekkiego ubijania metalowym prętem udawało się wypełniać żwirem do 70—85% objętości leja. Badania laboratoryjne przeprowadzone w roku 1946 w wyżej wymienionym Instytucie wykazały, że omawiane leje posiadają kształt prawidłowych stożków odwróconych przy utrzymaniu stosunku promienia podstawy stożka  $R$  do jego wysokości  $h$ , w warstwach drobno i średnioziarnistych zbliżonego do 2.

Wobec tego, że studnie bezfiltrowe mają zastosowanie przeważnie w piaskach drobnoziarnistych, schemat obliczeniowy podany niżej dla studzien bezfiltrowych dostosowany jest do tych warunków. Obliczenia stosuje się pod warunkiem zabezpieczenia trwałości pochyłych boków i stropu leja. Obliczenie wydajności leja jako zbiornika wody wykonuje się pod warunkiem utrzymania trwałości jego pochyłych boków oraz przy stosunku promienia podstawy leja ( $R$ ) do jego głębokości ( $h$ ) równym 2 ( $R = 2h$ ), (ryc. 1). Wydajność leja wynosi według wzoru:

$$q = Fv_0 \dots \dots \dots \text{(wzór 1)}$$

gdzie:  $q$  — przewidywany wydatek wody w  $m^3/\text{sek}$ .

$F$  — powierzchnia pochyłych boków leja, jako zbiornika wody.

$v_0$  — dopuszczalna szybkość wypływu wody z gruntu w  $m/\text{sek}$ .

Powierzchnia zaś pochyłych boków leja wynosi:

$$F = \pi R \sqrt{R^2 + h^2}$$

gdzie:  $R$  — promień podstawy leja w  $m$   
 $h$  — głębokość leja w  $m$

Przy  $R = 2h$  boczna powierzchnia leja  $F = 14 h^2$  wzór (1) przyjmie postać:

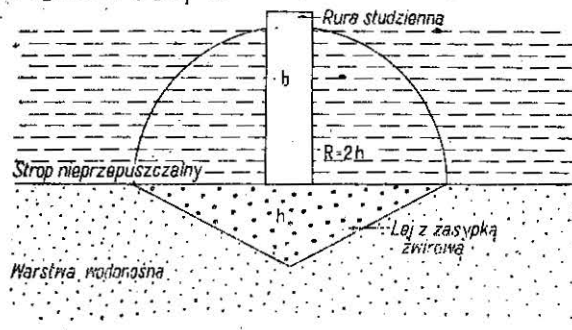
$$q = 14 h^2 \cdot v_0 \dots \dots \dots \text{(wzór 2)}$$

Poszukiwana głębokość leja jako zbiornika wody wyniesie:

$$h = \sqrt{\frac{q}{14 v_0}} \dots \dots \dots \text{(wzór 3)}$$

**BADANIA LABORATORYJNE WYKAZAŁY**, że przy szybkościach wypływu wody z warstwy wodonośnej  $v_0 = 0,0003 m/\text{sek}$ , skarpy leja-zbiornika wody w badanych drobno i średnioziarnistych piaskach wykazały zupełną trwałość. Natomiast przy szybkościach wypływu wody  $v_0 = 0,0006 m/\text{sek}$ . zaobserwowano już spływ skarpy leja. Wobec tego szybkość wypływu wody z warstwy wodonośnej  $v_0 = 0,0003 m/\text{sek}$ . może być spokojnie przyjęta dla naszych obliczeń.

Obliczenie statyczne leja-zbiornika wody pod warunkiem wytrzymałości jego stropu przeprowadzamy na podstawie hipotezy prof. Protodiakonowa. Zakładamy, że nad lejem-zbiornikiem wody o głębokości  $h$  strop jego może stracić oparcie (ryc. 2).



Ryc. 2

Wówczas możliwe jest zawalenie się stropu w postaci kopuły do wysokości  $b$ , powyżej której opadnięcie gruntu nie może mieć miejsca wskutek wytworzenia naturalnego sklepienia parabolicznego. Wysokość wytworzonego sklepienia uzależniona jest od promienia  $R$  podstawy sklepienia, który jest jednocześnie promieniem  $R$  podstawy leja-zbiornika wody. Im większy jest promień podstawy  $R$ , tym większa będzie wysokość strzałki sklepienia  $b$ .

Wysokość sklepienia  $b$  określa się, zgodnie z hipotezą prof. Protodiakonowa, jako iloraz podzielenia promienia sklepienia zawatu  $R$  przez współczynnik wytrzymałości gruntu  $f$

$$b = \frac{R}{f}, \text{ lecz } R = 2h, \text{ wówczas } b = \frac{2h}{f}$$

Siłą przeszkadzającą utworzeniu się parabolicznego sklepienia będzie ciśnienie w warstwie wodonośnej, wywierane na podstawę sklepienia ( $H - S$ ).



Nieprzepuszczalny strop będzie trwały pod warunkiem, że:

$$(H - S) \geq h\gamma = \frac{2h}{f} \cdot \gamma \text{ lub}$$

$$h \leq \frac{(H - S) \cdot f}{2\gamma} \quad (\text{wzór 4})$$

gdzie: H — ciśnienie warstwy wodonośnej w m  
 S — depresja przy pompowaniu w m  
 f — współczynnik wytrzymałości gruntu (wg tabeli)  
 $\gamma$  — waga 1 m<sup>3</sup> nieprzepuszczalnego stropu w t.

**Tabela 1**  
**Tabela współczynników wytrzymałości skał-gruntów wg Protodiakonowa.**

Kategoria skał i gruntów	Nazwa skał (gruntów)	Współczynniki wytrzymałości f
IV, IVa	Piaskowce i łupki	5,0—6,0
V	Łupki ilaste (mocne); piaskowce i wapienie (niemocne); konglomeraty (miękkie)	4,0
Va	Łupki rozmaite (niemocne); margle zwarte	3,0
VI	Łupki i wapienie (miękkie); kreda; sól kamienna; antracyt; margle zwykłe; otoczaki scementowane	2,0
VIa	Łupki zniszczone; węgiel kamienny (mocny, f = 1,4 — 1,8); iły stwardniałe	1,5
VII	Iły zwarte (osady starsze); węgiel kamienny mocy średniej (f = 1,0 — 1,4); grunty ilaste	1,0
VIIa	Iły piaszczyste; lessy; węgiel miękki (f = 0,6 — 1,0)	0,8
VIII	Gliny zwałowe	0,6

**Uwaga:** Pod wytrzymałością skał-gruntów w danym wypadku należy rozumieć ich opór kompleksowy na oddziaływanie sił zewnętrznych. Jako miernik wytrzymałości służy opór kompleksowy wykazywany przez grunt przy wykonywaniu prac górniczych lub wierceniu otworów.

Klasyfikacja skał podana w tabeli 1 według Protodiakonowa oparta jest na oporze kompleksowym stawianym przy przebijaniu lub urabianiu skały. Opór ten jest wyrażony współczynnikiem wytrzymałości skały f, ustalonym dla każdego rodzaju skały (gruntu) na podstawie szeregu wskaźników: oporu doraźnego na ściskanie; ilości skały wydobytej na jednostkę czasu; zużycia energii na wywiercenie jednostki objętości skały; ilości potrzebnych środków wybuchowych itp.

Według wielkości liczbowej współczynnika wytrzymałości wszystkie skały (grunty) dzieli Protodiakonow na 15 kategorii.

(Prikłonskij — Gruntowiedzenie, cz. I, tabela 74, str. 361).

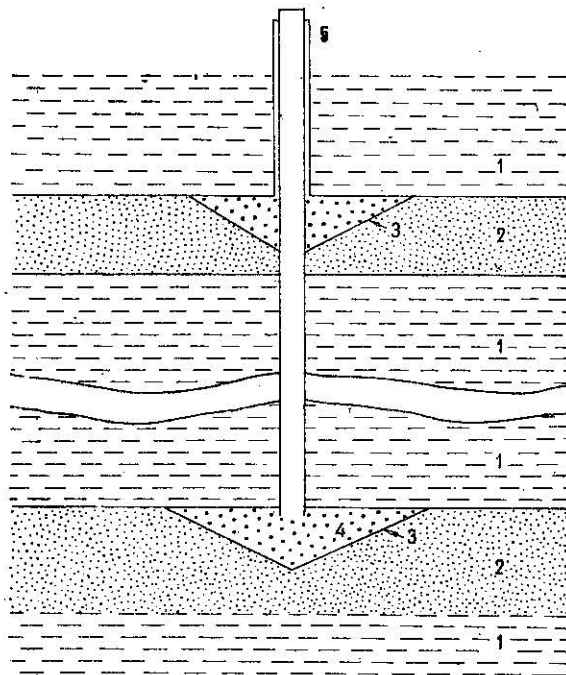
**WIERCONE STUDNIE BEZFILTROWE** wykonywane bywają z lejami otwartymi, jak i wypełnionymi żwirem.

W studniach bezfiltrowych zbiornik wodny wykonuje się początkowo jako lej otwarty, którego objętość oblicza się według wzoru 1. Poza tym lej wypełnia się żwirem o dowolnej wielkości otoczków. Zасыпка żwirowa wpływa zarówno na wzmocnienie trwałości pochyłych boków leja, jak i na wytrzymałość jego stropu. Przy obliczaniu pojemności leja objętości zasypki pod uwagę się nie bierze.

W praktyce przy zaopatrywaniu osiedli w wodę spotykamy czasem warunki geologiczne umożliwiające pobieranie wody jedną studnią z kilku horyzontów wodonośnych.

Wykonanie studni wierconej czerpiącej wodę z 2 lub więcej horyzontów wodonośnych może być uskutecznione przez wykonanie w jednym pionie 2—3 lejów na różnych poziomach i kolejne wypełnianie ich zasypką żwirową.

Budowę wielopiętrowych studzien bezfiltrowych wykonuje się w sposób następujący. Otwór wiertniczy doprowadza się do pierwszego horyzontu wodnego. Po nawierceniu go wiercenie się wstrzymuje, otwór zaś zarurowuje się do odpowiedniej głębokości rurami płaszczowymi. Następnie przystępuje się do wykonania leja-zbiornika wody. Głębokość leja doprowadza się do 0,6—0,7 miąższości warstwy wodonośnej, czyli do głębokości, z której się otrzymuje maksymalną wydajność wody. W praktyce jednak głębokość leja nie przekracza nigdy 1,5—2,0 m. Utworzony w ten sposób lej wypełnia się następnie żwirem. Po wypełnieniu żwirem pierwszego leja do otworu wprowadza się drugą dymensję rur o średnicy mniejszej od poprzed-



Ryc. 3. Studnia wielopiętrowa. 1. Warstwa nieprzepuszczalna, 2. Warstwa wodonośna, 3. Lej, zbiornik wody, 4. Zасыпка żwirowa, 5. Rury płaszczowe.

niej i kontynuuje się dalsze wiercenie otworu aż do nawiercenia następnego horyzontu wodonośnego, gdzie znowu tworzony jest drugi lej, następnie wypełniany żwirem itp.

Woda z dolnego horyzontu wodonośnego będzie przepływała przez wewnętrzną kolumnę rur, natomiast woda z horyzontów wyższych wypływać będzie przez pierścieniowe przestrzenie międzyrurowe (ryc. 3).

### III

#### Przykład obliczeń

Trzeba określić głębokość leja-zbiornika wody dla wierconej studni bezfiltrowej w okolicy st. kol. Merefa, Charkowskiego okręgu, USRR, zaprojektowanej na otrzymanie 36 m<sup>3</sup>/godz. wody pitnej z buczackiego horyzontu wodonośnego złożonego z drobnoziarnistych piasków ilastych (3).

Według danych z istniejących już w tej okolicy otworów artezyjskich, buczacki poziom wodonośny w tej okolicy występuje na głębokości 69 m od powierzchni terenu i jest przykryty zwartymi ilami piętra kijowskiego ponad 50 m miąższości, posiada ciśnienie 67 m oraz wydajność właściwą 2,6 m<sup>3</sup>/godz.

Wychodząc z założenia utrzymania trwałości powierzchni boków leja obliczamy głębokość leja według wzoru 3:

$$h = \sqrt{\frac{q}{14v_0}} = \sqrt{\frac{0,01}{14 \cdot 0,0003}} = 1,55 \text{ m}$$

gdzie:  $q$  = wydatek obliczeniowy = 36 m<sup>3</sup> na godz, czyli 0,01 m<sup>3</sup>/sek.

$v_0$  = dopuszczalna szybkość wypływu = 0,0003 m/sek.

Sprawdzamy trwałość nieprzepuszczalnego stropu według wzoru 4:

$$\frac{(H - S) \cdot f}{2\gamma} \geq h$$

gdzie:  $h$  = głębokość leja otrzymana według wzoru 3 = 1,55 m,

$H$  = ciśnienie warstwy wodonośnej = 67 m

$S$  = depresja przy pompowaniu określa się według obliczeniowej i właściwej wydajności,  $S = 14$  m

$f$  = współczynnik wytrzymałości nieprzepuszczalnego stropu; dla ilów zwartych na podstawie tabeli  $f = 1,0$

$\gamma$  = ciężar 1 m<sup>3</sup> stropu; przyjmujemy  $\gamma = 2 \text{ t}$ ,

Wówczas

$$\frac{(H - S) \cdot f}{2\gamma} = \frac{(67 - 14) \cdot 1,0}{2 \cdot 2} = 13,25 \text{ m} > 1,55 \text{ m}$$

Powyższe obliczenia wykazują, że przy głębokości leja  $h = 1,55$  m, trwałość nieprzepuszczalnego stropu zostanie zabezpieczona z nadwyżką trwałości ponad 11,65. W rzeczywistości zaś trwałość nieprzepuszczalnego stropu będzie znacznie większa niż 11,65, ponieważ liczba wy-

razająca wielkość depresji wody w studni  $S$  w prawidłowo urządzonej studni bezfiltrowej będzie znacznie mniejsza od wziętej do obliczenia liczby z istniejącego otworu. Wstępne obliczenia głębokości lejów, sporządzone według wyżej przytoczonego schematu, w każdym konkretnym wypadku budowy studzien bezfiltrowych powinny być oparte o dokładne dane cyfrowe.

### IV

#### STUDNIE WIERCONE BEZ FILTRÓW posiadają szereg istotnych zalet:

1) Trwałość ich jest nieporównanie dłuższa niż studzien zaopatrzonych w filtry siatkowe. Przy prawidłowym urządzeniu i eksploatacji studnie bezfiltrowe mogą być użytkowane przez 30 i więcej lat, gdy tymczasem studnie z filtrami, będące w analogicznych warunkach hydrogeologicznych, przestają funkcjonować już po 10—15 latach ich eksploatacji.

2) Koszty budowy wierconych studzien bezfiltrowych z reguły są niższe od kosztów budowy ich z filtrami siatkowymi, ponieważ odpadają koszty na wykonanie i opuszczanie filtrów do otworu, poza tym otrzymują się poważne oszczędności z powodu mniejszej głębokości otworu przy jego wierceniu. Otwór bowiem studni bezfiltrowej doprowadza się tylko do stropu warstwy wodonośnej, gdyż po nawierceniu jej, wiercenie natychmiast się wstrzymuje. Przy budowie zaś studni zaopatrzonej w filtr siatkowy wiercenie otworu prowadzi się w warstwie wodonośnej w dalszym ciągu aż do głębokości odpowiadającej długości filtra właściwego, osadnika i rury nadfiltrowej osiagających łącznie znaczną długość. W wypadku projektowania filtra siatkowego średnica rur końcowych zależy od filtra, którego średnica musi być dosyć znaczna, w szczególności przy niewielkiej miąższości i drobnoziarnistym materiale warstwy wodonośnej.

3) Bardzo ważną okolicznością przemawiającą za masowym stosowaniem studni bezfiltrowych jest zwolnienie na potrzeby naszego państwa znacznych ilości deficytowych metali kolorowych, zużytkowywanych na siatki filtracyjne.

4) Koszty eksploatacji studzien bezfiltrowych są mniejsze od kosztów eksploatacyjnych studzien z filtrami siatkowymi. Stwierdzono bowiem, że wydajność właściwa (tj. na 1 m depresji) studzien bezfiltrowych z reguły jest większa od wydajności właściwej studzien z filtrami siatkowymi. Stwierdzono również, że studnie bezfiltrowe, znajdujące się w jednakowych warunkach hydrogeologicznych ze studniami z filtrami siatkowymi, dają stosunkowo więcej wody. Przy pompowaniu obliczonej ilości wody w studni bezfiltrowej poziom dynamiczny wody znajduje się bliżej powierzchni, a więc podnoszenie wód odbywa się z mniejszej głębokości. Na przykład założona w r. 1935 w Połtawie studnia artezyjska z filtrem siatkowym dawała z cenomańskiego horyzontu wodo-

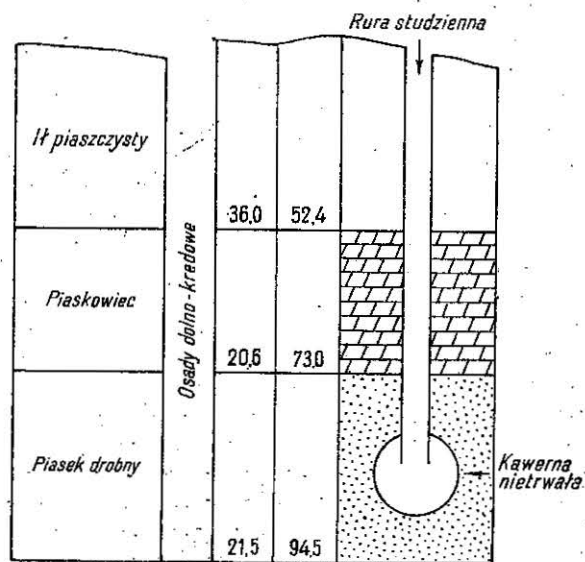
nośnego zaledwie 2 m<sup>3</sup>/godz. wody przy depresji do 40 m. Ta sama studnia przekształcona na bezfiltrową zaczęła dawać 50 m<sup>3</sup>/godz. przy depresji zaledwie 12 m. Należy zaznaczyć, że prawidłowo urządzone studnie bezfiltrowe w toku eksploatacji zwiększają swą wydajność właściwą. Na przykład studnia bezfiltrowa w Kursku w okresie 1907—1930 r. zwiększyła swoją wydajność właściwą z 3,1 l/sek do 3,4 l/sek., a studnia bezfiltrowa we wsi Wieliczki k. Połtawy w okresie 1937—1941 r. zwiększyła swoją wydajność właściwą 2,5-krotnie.

5) Wiercone studnie bezfiltrowe mogą mieć szczególne zastosowanie w drobnoziarnistych i gliniastych lub ilastych piaskach, czyli tam, gdzie zastosowanie studzien z filtrami siatkowymi jest praktycznie niecelowe z powodu ich małej wydajności i krótkowieczności.

Większość istniejących obecnie bezfiltrowych studzien wierconych Ukrainy, np. w osiedlu Połmierki, na st. kol. Merefa — okręgu Charkowskiego, w Połtawie, we wsi Bieliki okręgu Połtawskiego i miejscowościach innych, pobiera wodę z drobnoziarnistych i ilastych piasków różnych horyzontów wodonośnych. Budowa studzien bezfiltrowych przeważnie w drobnoziarnistych i ilastych piaskach tłumaczy się wyjątkowo złym funkcjonowaniem w tych poziomach wodonośnych studzien z filtrami siatkowymi.

## V

**PRZYSTĘPUJĄC DO BUDOWY STUDNI BEZFILTROWEJ** należy poświęcić dużo uwagi prawidłowemu wykonaniu, jak i prawidłowej eksploatacji tego typu studni. Od tego bowiem w znacznym stopniu zależy wysoka wydajność, długowieczność oraz ciągłość pracy studni.



Rys. 4. Studnia zbudowana nieprawidłowo. St. nr 3 w Penzie

Trzeba przede wszystkim pamiętać, aby przy wykonaniu otworu wiertniczego nie zagłębić go zbyt w warstwie wodonośnej, lecz po osią-

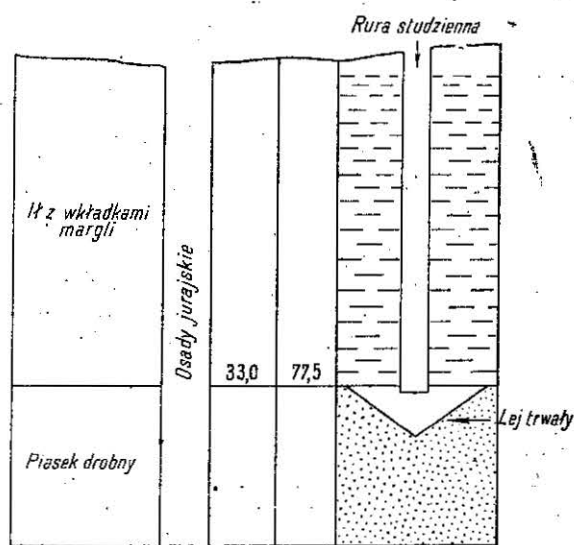
gnięciu granicy stropu warstwy wodonośnej i nawierceniu warstwy natychmiast przerwać wiercenie i przystąpić do wytworzenia na dnie otworu leja-zbiornika wody — odpowiedniej głębokości, w sposób podany w rozdziale II. Zbyt głębokie bowiem wprowadzenie rury studziennej do warstwy wodonośnej może spowodować poważne komplikacje przy eksploatacji studni.

Dla uniknięcia gołosłowności przytoczymy parę przykładów zarówno wadliwej, jak i prawidłowej budowy studzien bezfiltrowych.

W roku 1933 wybudowano w Pienzie (ZSRR) wierconą studnię bezfiltrową, otrzymującą wodę z dolnokredowych piasków drobnoziarnistych, słabo ilastych, występujących na głębokości 73 m od powierzchni terenu (ryc. 4). Zamiast utrzymać wiercenie na granicy stropu warstwy wodonośnej na głębokości 73 m otwór doprowadzono do głębokości 85 m, czyli zagłębiono go do warstwy wodonośnej na 12 m. Skutki tego zupełnie niepotrzebnego zagłębienia ujawniły się dosyć prędko. Już bowiem w r. 1935 studnia bezfiltrowa przestała pracować wskutek wytworzenia się w niej piaskowego korka. Podczas naprawy studni otwór zupełnie niepotrzebnie pogłębiono jeszcze o 7 metrów. W roku jednak 1936, jak to należało oczekiwać, studnia znowu została zakorkowana piaskiem i przestała pracować. Po oczyszczeniu jej z piasku jeszcze kilkakrotnie zakorkowywała się i z wielkimi trudnościami była doprowadzona do stanu używalności.

Przykład ten wykazuje zgubne skutki niepotrzebnego zagłębienia rur studzien bezfiltrowych w warstwę wodonośną.

Zupełnie inny obraz eksploatacji dają studnie bezfiltrowe, wykonane prawidłowo. Przy-



Rys. 5. Studnia zbudowana prawidłowo. St. nr 4 w Kursku.

kładem jest wspomniana już w rozdziale IV studnia bezfiltrowa w Kursku, zbudowana w r. 1907 i otrzymująca wodę z jurajskich



piasków wodonośnych, leżących na głębokości 77,5 m. Otwór dowieziono tylko do głębokości 78 m, a więc wywiercono w warstwie wodonośnej zaledwie 0,5 m. Studnia ta daje bez przerwy w ciągu 23 lat pracy ponad 50 m<sup>3</sup>/godz. wody, przy czym wydajność właściwa tej studni, wzrastając z roku na rok, zwiększyła się w tym okresie z 3,1 l/sek. do 3,4 l/sek. w roku 1930. Eksploatacja jej została przerwana po 28-letniej nieprzerwanej pracy wskutek ogólnego obniżenia się poziomu piezometrycznego wód artezyjskich tego obszaru.

Drugim przykładem dobrego wykonania może być wiercona studnia bezfiltrowa na st. Merefą okręgu charkowskiego, zbudowana w roku 1907, zasilana wodą z ilastych piasków drobnoziarnistych buczackiego horyzontu wodonośnego, leżącego na głębokości 68,8 m od powierzchni ziemi oraz przykrytego ilami trzeciorzędowymi piętra kijowskiego i charkowskiego o potężnej miąższości. Otwór ten przebito do głębokości 68,8 m, po nawierceniu zaś poziomemu wodonośnego wiercenie dalsze zostało wstrzymane. Studnia pracowała normalnie od roku 1907 do 1941 — do najazdu hitlerowskiego, dając bez przerwy czystą i dobrą wodę.

Orłów (3) w swej pracy podaje jeszcze szereg wierconych studzien bezfiltrowych we wsi Pomierki, w Barwienkowie okręgu charkowskiego, w kołchozie im. Lenina okręgu archangielskiego, w Pienzie i innych miejscowościach, w których studnie bezfiltrowe pracowały nienagannie przez długie lata i podkreśla, że dobre wyniki osiągały one w znacznej mierze dzięki temu, iż ich otwory studzienne były doprowadzone tylko do poziomu wodonośnego bez dalszego ich zagłębiania w horyzont wodonośny.

Inż. Gribanow w swej książce pt. „Studnie wiercone w gospodarstwie rolnym“ (4) pisze: „Studnie bezfiltrowe wymagają spokojnego przebiegu eksploatacji. Znaczne zwiększenie pompowania wywołuje wynoszenie piasku, zwłaszcza jeżeli lej nie jest wypełniony żwirami. Przy prawidłowej eksploatacji studnie bezfiltrowe są bardzo trwałe i długowieczne, wymagają minimalnych remontów, łatwo przywracają swą pierwotną wydajność, a do budowy ich mogą być stosowane rury płaszczowe o minimalnych średnicach. Najbardziej odpowiednie do pompowania eksploatacyjnego są pompy z zastosowaniem sprężonego powietrza (air lift, mamuty), na których pracy nie odbija się zapiaszczenie otworów“.

## VI

**KRAJ NASZ POSIADA NA WIELU OB-**  
SZARACH dobre warunki do budowy studzien bezfiltrowych. Warunki te powstały wskutek działalności potężnego lodowca, który w epoce lodowej co najmniej trzykrotnie nasuwał się na nasz kraj. Cofając się, lodowiec pozostawiał potężne zwały osadów polodowcowych, grubą powłoką przykrywających cały Niż Polski.

Dzięki temu cały obszar Niżu Polskiego pokryty jest prawie wszędzie znacznej grubości pokrywą plejstocенskich glin zwałowych oraz osadów fluwioglacjalnych związanych z działalnością lodowca.

Tabela 2 podaje podziały stratygraficzne plejstocenu polskiego według różnych autorów z nawiązaniem do dalszych obszarów Europy.

Tabela 2

### Schematy stratygraficzne plejstocenu polskiego (6)

Lp.	Wg podziału alpejskiego	Według Szafera	Według Sawickiego i innych
4	Würm	Varsovien II	północne
3	Riss	Varsovien I	środkowo-polskie
2	Mindel	Cracovien	południowe
1	Günz	—	—

Najstarsze zlodowacenie europejskie, tzw. „Günz“, do Polski nie dotarło, gdyż objęło swoim zasięgiem tylko pn.-zachodnią część Europy.

Drugie zlodowacenie europejskie, zwane „Mindel“, na terenie polskim najstarsze, znane pod nazwą „Cracovien“ lub „południowe“, objęło swoim zasięgiem prawie całą Polskę i sięgnęło aż po Sudety i Karpaty, gdzie poszczególne jezory lodowcowe wcisnęły się w głąb gór dolinami.

Trzecie zlodowacenie europejskie, „Riss“, według nomenklatury polskiej „Varsovien I“ lub „środkowo-polskie“, objęło większą część kraju. Czoło lodowca przebiegało mniej więcej od Głogowa przez Trzebnicę, Częstochowę, pn. i wsch. zbocza Gór Świętokrzyskich, potem wzdłuż linii Wisły ku pn. i dalej przez północną część Wyżyny Lubelskiej do Chełma.

Ostatnie, najmłodsze zlodowacenie europejskie, tzw. „Würm“, znane w kraju pod nazwą „Varsovien II“ lub „północne“, ograniczyło się w swym zasięgu głównie do obszaru naszych pojezierzy. Czoło jego dotarło najdalej po linię: Zielona Góra — Leszno — Konin — Płock — Ostrołęka.

Lodowiec każdego z tych zlodowaceń, topniejąc i opuszczając obszar naszego kraju, pozostawiał po sobie olbrzymie zwały przywleczzonego z północy materiału w postaci osadów glacialnych moreny dennej, zawierającej przeważnie gliny zwałowe z tkwiącymi w nich głazami, oraz moreny czołowej i osadów fluwioglacjalnych wyniesionych przez potoki lodowcowe, a składających się przeważnie ze żwirów i piasków o różnej wielkości uziarnienia.

Południowa część kraju w strefie zlodowacenia „Cracovien“ posiadała tylko jeden poziom glin morenowych, które w tej strefie zostały prawie w całości rozmyte i uległy zniszczeniu.

W strefie zlodowacenia środkowo-polskiego (Varsovien I) występują zasadniczo dwa główne poziomy glin zwałowych czerwonych

i szarych, poprzedzielane seriami utworów fluwioglacjalnych, stanowiących horyzonty wodonośne. Utwory plejstocenijskie tego zlodowacenia są często tak silnie zróżnicowane, glaci-tektonicznie zaburzone, a przede wszystkim tak rozmyte i przemieszczone, że stratygraficzne ich rozpozniowanie napotyka na poważne trudności. Na przykład morena czerwona według niektórych zaliczana jest do zlodowacenia Varsovien I, szara zaś do zlodowacenia Cracovien, lecz to kryterium nie zawsze jest dokładne, gdyż barwa gliny zwałowej nie zawsze jest wykładnikiem wieku, ale często stopnia natężenia procesów chemicznych lub pochodzenia materiału.

W Polsce północnej w strefie zlodowacenia „Varsovien II” występują 3—4, a nawet więcej poziomów glin zwałowych powstałych podczas oscylacji lodowca w okresie tzw. stadiów recesyjnych. Poziomy glin zwałowych są tutaj przedzielone utworami fluwioglacjalnymi piaszczysto-zwirowymi, tworzącymi horyzonty wodonośne. Utwory glacialne są najpełniej wykształcone na obszarze Wielkopolski, Pomorza i pojezierzy. Miąższość osadów polodowcowych przekracza w pn.-wsch. części tego obszaru nieraz 200 m.

Na obszarach, gdzie utwory plejstocenu zawierają kilka horyzontów wodonośnych, w wypadku potrzeby zwiększenia wydajności poszczególnych studzien można stosować typ wielopiętrowych studzien bezfiltrowych, jak to wskazano w rozdziale II (ryc. 3).

Z powyższego wynika, że w Polsce południowej występuje w utworach plejstocenijskich zazwyczaj jeden główny poziom wodonośny. Im dalej ku północy, tym większą napotyka się ilość plejstocenijskich poziomów wodonośnych.

Pierwszy poziom wodonośny nie jest najczęściej odizolowany od powierzchni terenu i ma swobodne komunikowanie się z powierzchnią wody z atmosferą. Niższe natomiast poziomy posiadają wodę pod ciśnieniem, występującą pod nieprzepuszczalną warstwą stropową. I te właśnie cechy hydrogeologiczne plejstocenu stwarzają korzystne warunki do budowy wierconych studzien bezfiltrowych wszędzie, gdzie miąższość stropowych warstw nieprzepuszczalnych, jak i wodonośnych osiąga kilka metrów.

Studnie bezfiltrowe mogą być stosowane w horyzontach wodonośnych wszystkich formacji geologicznych, gdzie teren budowy posiada warunki geologiczne omówione w rozdziale I.

Polska też ma dorobek własny w urządzeniu studzien bezfiltrowych. Kierownik odcinka robót studziennych w Zjednoczeniu Robót Inżynierskich w Poznaniu, ob. Kazimierz Tysiąc wybudował już na terenie województwa poznańskiego trzy studnie bezfiltrowe pobierające wodę z mioceńskiego horyzontu wodonośnego.

#### LITERATURA

1. Majewski K. — Rola i budowa filtrów studziennych. „Gospodarka Wodna”, 1953 r.
2. Wojnarowicz S. — Wykonanie i zastosowanie filtrów szkieletowych przy studniach wierconych. „Gospodarka Wodna”, 1953 r.
3. Орлов П. — Применение безфильтровых артезианских колодезей в водосносных песках. „Гидротехника и Мелиорация”, 1950.
4. Грибанов И. — Трубозатягие колодезей в селском хоззястве, Москва, 1948.
5. Приклонский В. — Грутоведение, cz. I, Moskwa, 1945.
6. Глодек J. — Badania czwartorzędu Polski w latach 100—1950. Biuletyn 66 Państwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa, 1952.