

УКРАЇНСЬКА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК
ІНСТИТУТ ГІДРОТЕХНІКИ І МЕЛІОРАЦІЇ

На правах рукопису

ТКАЧЕНКО Валентин Петрович
кандидат технічних наук

**Спорудження освоєння та експлуатація
свердловин великого діаметра для сільсько-
господарського водопостачання та дренажу**

Спеціальність
06.01.02—меліорація-зрошуване землеробство

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

КИЇВ—1993

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00777779 (1)

Українська академія аграрних наук
Інститут гідротехніки і меліорації

На правах рукопису

Ткаченко Валентин Петрович
кандидат технічних наук

СПОРУДЖЕННЯ, ОСВОБННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ СВЕРДЛОВИН
ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРА ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВОДО-
ПОСТАЧАННЯ І ДРЕНАЖУ

Спеціальність 06.01.02.-меліорація-зрошуване землеробство

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
ДИСЕРТАЦІЇ НА ЗДОБУТТЯ НАУКОВОГО СТУПЕНЯ
ДОКТОРА ТЕХНІЧНИХ НАУК

Київ 1993

Робота виконана в Інституті гідротехніки і меліорації Української академії аграрних наук.

Офіційні опоненти:

Доктор технічних наук, професор Пивовар М.Г.
Доктор технічних наук, професор Хоружий П.Д.
Доктор технічних наук, с.н.с. Яковенко П.І.

Провідна установа - Управління водних ресурсів Державного комітету України по водному господарству.

Захист дисертації відбудеться "30" березня 1994 р.
о 10 год. на засіданні спеціалізованої вченої Ради Д.01.26.01
в Інституті гідротехніки і меліорації УААН / 252022, Київ,
вул. Васильківська, 37, ІГТМ /.

Відгуки на автореферат в двох примірниках, завірених
печаткою, просимо направити вченому секретарю Ради.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці інституту.

Автореферат розіслано "19" лютого 1994 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої Ради, канд. с.-г. наук

П.М. Бененко

Актуальність. Технічний прогрес нерозривно пов'язаний з інтенсифікацією роботи по видобуванню підземних вод. У зв'язку з посиленням процесу урбанізації, зростанням технічного навантаження на навколишнє природне середовище питання водопостачання за рахунок підземних вод на обмежених по площі територіях, водопониження з метою ліквідації підтоплення сільськогосподарських угідь, населених пунктів та промислових майданчиків, будівельних шлей в стислі строки, з мінімальними витратами, розрахованими на потрібний термін експлуатації, набувають особливо актуального значення. Досвід роботи проектних, виробничих установ провідних економічно розвинутих країн світу свідчить, що стосовно спорудження високодебітних свердловин в нез'язних осадових відкладах найбільш ефективним є буріння роторним способом зі зворотною промивкою чистою водою. Вирішення багатьох питань, пов'язаних із спорудженням свердловин великого діаметру цим способом, їх обладнанням, освоєнням та експлуатацією може бути отримано на основі розробки наукових принципів комплексного підходу до вирішення даної проблеми: теоретичних розробок, лабораторних та експериментальних досліджень. До таких питань в першу чергу належать: конструювання спеціалізованих бурових установок, визначення впливу різноманітних способів і технологій буріння на гідравлічні показники прифільтрових зон, дослідження раціональної технології буріння в різних гідрогеологічних умовах, обладнання свердловин новими конструкціями, які дозволяють суттєво підвищити можливості відбору підземних вод при застосуванні каркасів фільтрів великої довжини з урахуванням нерівномірностей притоку по довжині фільтрів, виконання робіт по спорудженню гравійно-обсипних фільтрів з застосуванням гравію

неоднорідного складу, технологія освоєння свердловин та їх експлуатація.

Основну увагу в дисертації приділено розробкам нових спеціалізованих бурових установок для буріння свердловин великого діаметра на воду, навісного обладнання до них, дослідженню впливу різних способів буріння і технологій на гідравлічні показники прифільтрових зон, розробкам та дослідженням нових конструкцій свердловин для збільшення водовідбору у зв'язку з нерівномірністю припливу підземних вод по довжині фільтрів, дослідженням технології проведення робіт по обладнанню та освоєнню свердловин при застосуванні ґравію неоднорідного складу.

Опрацювання технології буріння свердловин великого діаметра на воду, технологічних засобів його здійснення дозволили створити наукову і промислову базу для виготовлення спеціалізованих бурових установок та навісного обладнання до них, забезпечити збільшення продуктивності та якості робіт, збільшити водовідбір і період експлуатації свердловин на воду. Більшість поставлених завдань випробувалась на об'єктах України, Росії, Білорусії, Латвії, Молдови. Під час виробничих випробувань та перевірок створені унікальні стаціонари для дослідження роботи фільтрів різних типів /каркасно-стержневі, з отворами типу "міст", щільніні пластмасові, м'якопоролонкові, жорсткопоролонкові, з пористого бетону та ін./, розроблені нові конструкції, які дозволяють виконувати гідравлічні випробування, витратометрії, відбирати проби води на хімічний та газовий склад в будь-якій точці фільтра при працюючій свердловині без виконання трудомістких монтажних-демонтажних робіт водовідбірних засобів /Кам'яньський, В.Знаменський, Нікопольський, Кременчуцький, Ржищевський вертикальні дренажі, водозабір м. Черкаси та ін. об'єкти/.

Мета роботи пов'язана з вирішенням важливих проблем технічного та технологічного забезпечення бурових робіт на воду науковим обґрунтуванням спорудження, обладнання, освоєння та експлуатації високопродуктивних свердловин великого діаметра в різноманітних гідрогеологічних умовах для сільськогосподарського, кочувального і промислового водопостачання, дренажу сільськогосподарських угідь, населених пунктів, промислових майданчиків.

Загальна методика досліджень ґрунтується на теоретичних дослідженнях та експериментальних роботах, виконаних переважно в польових умовах, конструкторських і технологічних розробках з широким випробуванням при проведенні гідрогеологічних досліджень, бурових робіт на виробничих об'єктах, водозаборах і вертикальних дренажах.

Наукова новизна. В результаті виконаних досліджень отримано:

1. Розроблені, виготовлені і втілені у виробництво комплекти навісного обладнання для спорудження свердловин великого діаметра методом зворотної промивки чистою водою з діаметром бурильних труб ІІ4-273мм з фланцевими, клиновими швидкороз'ємними з'єднаннями. Розроблені і втілені у виробництво дволопасні і трилопасні долота для проходки осадових відкладів І-5 категорій по бурильності. Розроблений і виготовляється перший на Україні спеціалізований буровий агрегат на воду "Україна - 20".
2. Розроблена нова конструкція легкої шлангокабельної установки для буріння свердловин на воду зі зворотною промивкою на глибину 100м в осадових відкладах. Макет установки виготовляється в Черкаській гідрогеологічній експедиції Держводгоспу України.
3. Встановлений вплив різних способів і технологій буріння на гідравлічні показники фільтрових зон свердловин на воду. Доведено, що при дотриманні розроблених технологій

буріння найкращі техніко-економічні показники мають свердловини при бурінні роторним способом зі зворотною промивкою чистою водою.

4. Встановлені закономірності розшарування гравію неоднорідного складу при створенні гравійно-обсипних фільтрів. Розроблена технологія проведення робіт і складені рекомендації по створенню гравійно-обсипних фільтрів свердловин великого діаметра на воду із застосуванням гравію неоднорідного складу.

5. Розроблена технологія освоєння свердловин великого діаметра на воду, устаткованих фільтрами гравійного типу.

6. Розроблена методика розрахунку діаметра каркасу фільтра свердловин великого діаметра на воду.

7. Отримані закономірності нерівномірності притоку води по довжині фільтрів свердловин великого діаметра при різноманітних режимах водовідбору. З урахуванням отриманих результатів розроблені нові конструкції для обладнання свердловин великого діаметра на воду, які захищені авторськими свідоцтвами та патентами.

На захист виносяться такі основні положення:

1. Вплив різних способів буріння на гідралічні показники прифільтрових зон свердловин на воду.
2. Технологія спорудження свердловин великого діаметра на воду методом зворотної промивки чистою водою.
3. Технологія обладнання свердловин великого діаметра на воду гравійно-обсипними фільтрами з використанням гравію неоднорідного складу.
4. Методика розрахунку діаметра каркасу фільтра свердловин великого діаметра на воду.
5. Технологія освоєння свердловин великого діаметра на воду, обладнаних гравійно-обсипними фільтрами.
6. Методи інтенсифікації водовідбору із свердловин великого діаметра з врахуванням нерівномірності притоку по довжині фільтрів.
7. Конструкція легкої планшетабельної установки для буріння свердловин великого діаметра на воду.

Практична цінність та реалізація робіт. Робота спрямована на наукове обґрунтування швидкісного буріння свердловин великого діаметра методом зворотної промивки чистою водою. Виконані теоретичні дослідження, проектно-конструкторські розробки впроваджувались і перевірялись на об'єктах України, Росії, Білорусі та Молдови. Вони виявились підставою для масового застосування в практику робіт бурових організацій цього способу спорудження свердловин на воду. Гатуються до випуску перший вітчизняний спеціалізований буровий агрегат на воду "Україна-20" із зусиллям на гаку 30т. Надана у виробництво конструкторська документація до нього, включаючи документацію на навісне обладнання з двоопасними, триопасними долотами та бурильними штангами із швидкокороз'ємними клиновими з'єднаннями. Розроблена принципово нова конструкція легкої установки плангокабельного буріння свердловин великого діаметра на воду, макет якої виготовляється в Черкаській гідрогеологічній експедиції Держводгоспу України. Вперше визначені зміни гідравлічних характеристик прифільтрових зон свердловин при різних способах їх буріння та в процесі експлуатації. Розроблена і впроваджена у виробництво технологія спорудження, обладнання та освоєння свердловин великого діаметра, обладнаних гравійно-засипними фільтрами із застосуванням гравію неоднорідного складу. Опрацьована методика розрахунку каркасів фільтрів для обладнання свердловин великого діаметра. Виходячи з нерівномірності притоку підземних вод по довжині фільтра, для інтенсифікації водовідбору та покращення розподілу навантажень на окремі ділянки фільтра розроблені, перевірені і втілені у виробництво двохсторонні конструкції свердловин, а також свердловини з фільтрами батарейного типу. Розроблена і випробувана в польових умовах технологія їх спорудження та освоєння. Рекомендації по спорудженню свердловин великого діаметра методом зворотної промивки, їх обладнанню та освоєнню являються методичним посібником навчальним, проектним та виробничим організаціям при виконанні робіт по добуванню підземних вод.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 57 робіт, одержано 5 авторських свідоцтв.

Обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, семи розділів, висновків, списку літератури, який включає 125 найменувань, викладена на 235 сторінках машинописного тексту, в тому числі 63 малюнка, 26 таблиць.

Апробація роботи. Результати досліджень доповідались на чисельних Всесоюзних, республіканських нарадах в 1968-1991 р.р., присвячених проектуванню, будівництву та експлуатації свердловин на воду в місцях Нова Каховка, Київ, Москва, Мінськ, Новосибірськ.

Зміст роботи.

У вступі йде мова про актуальність проблеми добування підземних вод свердловинами з мінімальними витратами, розрахованих на довготривалий термін експлуатації. Цим вимогам відповідають при заляганні водоносних горизонтів в незв'язних осадових відкладах свердловини великого діаметра. Вирішення чисельних питань, пов'язаних із спорудженням свердловин великого діаметра, їх устаткуванням і освоєнням може бути здійснене на основі комплексних теоретичних розробок, проектно-конструкторських, лабораторних та польових робіт. До таких питань в першу чергу належать розробки спеціалізованих бурових установок та навісного обладнання до них, впливу різних способів і технологій буріння на гідравлічні показники прифільтрових зон, опрацювання раціональних технологій буріння в різноманітних гідрогеологічних умовах, обладнання свердловин новими конструкціями, які дозволяють суттєво підвищити можливість водовідбору підземних вод та зрівняти навантаження на різні ділянки фільтра, опрацювання технологій обладнання гравійно-засипних фільтрів з застосуванням гравію неоднорідного складу, методика розрахунку каркасу фільтра, опрацювання раціональної технології освоєння свердловин. На основі аналізу досліджень розвитку різних способів буріння свердловин на воду в осадових відкладах зроблено висновок, що в перспективі переважна більшість із них буде споруджуватись установками шлангокабельного буріння.

Дослідження питань, що розглядаються, здійснювались автором в 1965-1993 р.р. в Черкаській гідрогеологічній експедиції Мінводгоспу

України, інститутах Водгео та ЦНДІКВВР.

В першому розділі аналізується сучасний стан справ по бурінню свердловин великого діаметра/ понад 400 мм / на воду. Бурові роботи на воду здійснюються такими основними способами: ударно-канатним, обертальним з прямою промивкою, обертальним зі зворотною промивкою. Великий внесок в розробки бурових установок, навісного обладнання до них здійснили фірми США, Німеччини, Англії, Японії, транснаціональні корпорації. В країнах СНД значний внесок в розвиток бурової техніки, дослідження технології виконання робіт здійснили Воздвиженський В.І., Волков С.О., Вальдман І.Я., Вортман З.М., Гаврилко В.М., Башкатов Д.М., Квашнін Г.П., Сулакшин С.С., Кардін В.Г., Мурзаков Б.В., Кузьмін І.В., Алексєєв В.С., Верстов В.В., Беляєв В.М., Онопрієнко М.Г., Ткаченко В. Керімов В.О. та ін. В дисертації викладені характеристики основних способів буріння свердловин на воду, бурових агрегатів, що випускаються в світі, та навісного обладнання до них. Показано, що рівнем бурових агрегатів країни СНД значно поступаються економічно розвинутим країнам світу. Разом з тим, значна кількість розробок навісного обладнання на Україні, в Росії, Туркменістані виконана на сучасному технічному рівні, захищена патентами і при масовому втіленні в практику бурових робіт може дати значний економічний ефект. На жаль, втілення у виробництво цих розробок, значна частина яких виконувалась і вдосконалювалась по Всесоюзній міжвідомчій програмі "Скважина", затримується.

Для покращення забезпечення бурових робіт на воду сучасними буровими установками та навісним обладнанням до них під керівництвом автора розробляється буровий агрегат "Україна-20". Установа на шасі КраЗ-260 призначена для буріння свердловин на воду роторним способом з прямою і зворотною промивками на глибину до 300-600 м діаметрами до 1200 мм. В дисертації наведена характеристика агрегата і навісного обладнання до нього. Особлива увага приділена швидкоз'єдним зв'язкам з'єднанням, які розроблені під керівництвом автора і добре зарекомен-

дували себе при проході осадових товщ. На з'єднання подана заявка на винахід.

В другому розділі подана методика та результати досліджень зміни проникності прифільтрової зони при різних способах і технологіях буріння свердловин на воду. Достатньо об'єктивним критерієм, який дозволяє оцінити ступінь деформації порід, може бути показник узагальненого опору прифільтрової зони, втілений в практику гідрогеологічних досліджень Ф.М.Бочерером та В.С.Алексеевим:

$$\xi_2 = \xi_{2\varphi} + \xi_{2n} + \xi_{2н.л.} \quad //$$

Узагальнений опір прифільтрових зон свердловин являє собою суму опорів: опору, обумовленого недосконалістю по характеру розкриття пласта/конструкцією фільтра - $\xi_{2\varphi}$ /опору, зв'язаного зі зміною проникності водоносних порід в прифільтровій зоні в процесі буріння і освоєння свердловин $1/\xi_{2n}$ і опору при відхиленні від лінійного режиму фільтрації $1/\xi_{2н.л.}$. При використанні каркасів фільтрів великої шпарності /більше 20 відсотків/ і проведенням відкачування із збереженням лінійного режиму фільтрації, що в напірних умовах контролюється лінійністю індикаторних кривих, можливо оцінити зміну проникності порід прифільтрової зони за рахунок буріння та освоєння свердловин.

Досліджувались зміни проникності водонасичених порід в прифільтрових зонах при бурінні свердловин ударно-канатним способом, роторним з прямою промивкою глинистим розчином і роторним зі зворотною промивкою чистою водою на спеціально обладнаних кущах свердловин. Останні устатковувались прив'язаними п'єзометрами, п'єзометрами в контурі гравійної обсіпки і п'єзометром на відстані 2-4м від центральної свердловини. Дослідні свердловини обладнувались однаковими конструкціями фільтрів-каркасно-стержневими з обмоткою дротом з нержавіючої сталі. Шпарність каркасів фільтрів складала 35-50 відсотків. Каркаси фільтрів обсіпались гравієм ідентичного складу. Водопровідність водонасичених порід оцінювалась по даних про відновлення /пониження/ рівня

с спостережних свердловинах під час проведення або після припинення відкачки з дослідної свердловини, а також по даним кущових відкачувань. Показник опору, обумовлений зміними проникності порід в процесі буріння і освоєння свердловин ξ_2 , опінувався з врахуванням недосконалості по ступеню розкриття пласта за формулою:

$$\xi_{2n} = \frac{2.73 \text{ км } S_{1-2}}{Q} - \left[1.9 \frac{Z_2}{Z_1} + 0.435 (\xi'_1 - \xi'_2) \right] / 2$$

де: km - водопровідність пласта;

S_{1-2} - різниця понижень в п'езометрах на зовнішньому контурі гравійної обсыпки та в пласті, розташованих відповідно на відстанях Z_1 та Z_2 ;

Q - витрати відкачування;

ξ'_1, ξ'_2 - показники опорів, обумовлені недосконалістю ступеня розкриття пласта для п'езометрів в контурі обсыпки і в пласті на відстанях Z_1 та Z_2 .

Дослідження виконувались на ділянках вертикальних дренажів та водозаборів Наддніпров'я. В роботі також проаналізовані дані відкачувань із свердловин, пробурених роторним способом з прямою промивкою глинистим розчином в районі ст. Голубинької / Краснодарський край / з випробуванням різних методів розглинизації / зазубна промивка, промивка крізь промивні вікна, крізь промивні вікна з наступним торпедуванням ТДШ /. Роботи виконувались спільно інститутами ВСЕДІНГЕО та ВОДГЕО. Одержані результати / табл. I-4 / дозволяють зробити наступні висновки:

1. При роторному бурінні свердловин на воду прямою промивкою з глинистим розчином гідравлічні опори в прифільтрової зоні виявляються настільки великими, що застосування цього способу для розкриття водоносних пластів недоцільне при будь-якому гідравлічному чи механічному способі освоєння свердловин.

2. Роторне буріння зі зворотньою промивкою чистою водою та ударно-канатне буріння забезпечують досить ефективне розкриття та освоєння водоносних пластів. Фільтраційні деформації водоносних порід

Таблиця I

Дані опорів, обумовлені бурінням свердловин ударним способом

№ сверл.	Водопрівід- ність, м ² /доба	Втрата відкачки, м ³ /доба	Радіус фільтра, м	Z ₁	Z ₂	Різниця знижень		Показники опору		
						в центра- льній і спостереж- ній свер- дловині	в двох спостереж- них свер- дловинах	ξ _{2φ}	ξ _{2n}	ξ ₂
						S ₀₋₁	S ₁₋₂			
м. К. Дніпровська										
12	520	1035	0.095	0.30	25.0	0.03	3.0	- 1.35	- 0.04	- 1.39
54	504	633	0.095	0.21	7.40	0.02	1.32	- 0.48	+ 0.74	+ 0.26
72	540	1038	0.095	0.21	25.0	0.03	3.0	- 0.92	+ 0.76	+ 0.16
81	540	1028	0.095	0.21	25.0	0.04	2.97	- 0.83	+ 0.09	- 0.74
108	494	283	0.095	0.21	8.40	0	0.38	- 0.92	- 0.92	- 1.83
163	520	1080	0.095	0.21	25.0	0.04	4.03	- 0.78	- 0.33	- 1.11
Зрошуваний масив "Кам"янський під"										
22	510	1210	0.15	0.21	10.0	0.04	2.76	- 0.30	- 0.12	- 0.42
36	560	2525	0.15	0.21	10.5	0.12	4.41	- 0.26	- 0.43	- 0.69

Примітка: -

- ξ_2 - показник узагальненого опору свердловини;
 ξ_{2n} - показник опору, який характеризує зміну проникності порід в прифільтровій зоні свердловини;
 $\xi_{2\varphi}$ - показник опору каркасу і фільтра і гравійної обсыпки.

Таблиця 2

Опори, обумовлені бурінням свердловин роторним способом
з прямою промивкою забоя глинистим розчином.

№ свердл.	Водопровідність м ² /доба	Витрата відкачки м ³ /доба	z_p	z_1	z_2	Різниця знижень		Показники опорів		
						S_{0-1}	ξ_{y-2}	ξ_{z_p}	ξ_{z_1}	ξ_{z_2}
К.Дніпровський вертикальний дренаж										
105 ic	449	570	0.095	0.22	25	0.02	4.36	- 0.80	+ 4.70	+ 3.90
79	500	830	0.095	0.22	25	0.04	3.27	- 0.75	+ 1.13	+ 0.38
103	494	535	0.095	0.22	25	0.03	4.07	- 0.76	+ 4.80	+ 4.04
105	494	587	0.095	0.22	24	0.04	7.10	- 0.73	+12.40	+11.67
107	499	554	0.095	0.225	25	0.03	5.41	- 0.74	+ 9.60	+ 8.86

Дані опорів при розкритті водоносного пласта без заміни
розчину, що утворився, на чисту воду

М свердлов.	Водопровід- ність м ³ /доба	Витрата відкачки м ³ /доба	Потужність пройденого суглинку, м	7φ	7 ₁	7 ₂	7 ₃	Різниця знижень			Показники опорів			
								S ₀₋₁	S ₁₋₂	S ₂₋₃	ξ ₂	ξ _{2φ.к.}	ξ _{2φ.об.}	ξ _{2φ}
К. Дніпровська														
2Г	600	608	11.2	0.095	0.12	0.35	5.03	0	0.01	1.25	-2.12	-0.28	-1.25	-0.5
63	545	595	5.4	0.095	0.12	0.35	7.47	0.01	0.01	1.60	+1.45	-0.16	-0.61	-0.22
76	500	916	8.9	0.025	0.12	0.32	25	0.02	0.02	2.08	-1.63	-0.15	-0.84	-0.4
77	500	690	5.3	0.095	0.12	0.32	25	0.01	0.01	2.66	+0.41	-0.21	-1.28	+1.9
109	494	890	10.3	0.095	0.12	0.30	25	0.01	0.02	2.24	-0.79	-0.17	-1.02	+0.4
181	498	515	1.0	0.095	0.12	0.30	1.03	0.0	0.01	0.45	-1.17	-0.18	-0.87	-0.1
182	515	352	0.0	0.095	0.12	0.32	2.4	0.0	0.01	0.41	-1.72	-0.19	-0.98	-0.5
184	650	337	0.5	0.095	0.12	0.42	2.22	0.0	0.0	0.37	-1.47	-0.21	-1.06	-0.2
55	605	1002	6.2	0.095	0.12	0.30	25.0	0.02	0.02	4.15	+1.30	-0.15	-0.89	+2.3
56	572	1038	7.1	0.095	0.12	0.30	25.0	0.01	0.02	3.1	+0.33	-0.21	-0.85	+1.3
Зводувальний масив "Кам"янський під"														
22	510	1210	10.6	0.15	0.18	0.36	10	0.02	0.03	3.70	+1.30	-0.19	-0.50	+1.5
36	560	795	12.1	0.15	0.18	0.425	10.5	0.01	0.03	4.66	+6.76	-0.18	-0.61	+7.5
28	590	1252	14.0	0.15	0.18	0.425	10	0.01	0.04	1.70	-0.95	-0.24	-0.45	-0.2
28а	690	1210	17.0	0.15	0.18	0.425	11.0	0.02	0.03	1.50	-2.01	-0.18	-0.97	-0.6

Примітка:

- ξ_{2φ.об.} - показник опору обсіпки
ξ_{2φ.к.} - показник опору каркасу фільтра

Таблиця 4

Дані опорів при розкритті водоносного пласта з заміною розчину, що утворився, на чисту воду

№ вердл.	Водопрвід- ність	Втрата відкачки	Потужність пройденого суглинку, м/с	Різниця знижень				Показники опорів						
	м ² /доба	м ³ /доба	суглинку, м/с	Z_p	Z_1	Z_2	Z_3	S_{p-1}	S_{p-2}	S_{p-3}	ξ_2	ξ_{2p-1}	ξ_{2p-2}	ξ_{2p}
<u>м. К. Дніпровська</u>														
23	500	854	7.0	0.095	0.12	0.30	2.93	0.01	0.02	0.98	-1.06	-0.14	-0.75	-0.17
24	415	817	11.0	0.095	0.12	0.25	4.58	0.01	0.02	1.71	-1.08	-0.24	-0.77	-0.07
133	602	1018	7.0	0.095	0.12	0.31	3.68	0.01	0.02	1.50	-0.93	-0.27	-0.48	-0.18
163	639	794	3.60	0.095	0.12	0.30	3.36	0	0.02	1.35	-1.11	-0.16	-0.51	-0.44
<u>с. В. Знам'янка</u>														
37	262	214	8.50	0.095	0.12	0.35	3.40	0	0	0.51	-1.23	-0.16	-0.92	-0.11
38	364	203	7.0	0.095	0.12	0.30	6.57	0	0.01	0.60	-1.35	-0.16	-0.82	-0.31
46	391	760	8.90	0.095	0.12	0.36	25.0	0.01	0.02	2.00	-1.39	-0.15	-0.97	-0.21
<u>Зрошуваний масив "Кам"янський під"</u>														
13	485	1555	11.7	0.19	0.22	0.5	4.62	0.01	0.04	1.35	-0.66	-0.07	-0.39	-0.16
45	650	890	13.10	0.15	0.18	0.36	10.1	0	0.02	1.30	-0.87	-0.19	-0.49	-0.21

в процесі буріння звичайно незначні і під час прокачки створюються умови для підвищення проникності порід в прифільтрової зоні. При проході свердловин роторним способом зі зворотною промивкою чистою водою на ділянках, де в верхній частині розрізу присутні супіщано-глинисті відклади, перед розкриттям водомістких порід, необхідно зробити заміну колоїдного розчину, що утворився в процесі буріння, на чисту воду. Нехтування цією вимогою призводить до відносно високих втрат проникності в прифільтрових зонах. З цієї ж причини буріння ствола під відстійники в глинистих відкладах повинно бути максимально обмежене, або буріння необхідно вести на скид.

3. При бурінні методом зворотної промивки не відбувається зміщення порід в прифільтрової зоні, забезпечується більша точність визначення контактів шарів. По сумі гідравлічних і техніко-економічних показників буріння зі зворотною промивкою чистою водою в осадових відкладах значно перевищує ударно-канатне і є одним з найбільш перспективних способів буріння свердловин на воду.

В третьому розділі розглянуті питання вибору каркасу фільтра для обладнання свердловин великого діаметра на воду та методика визначення раціональних співвідношень діаметра ствола і каркасу фільтра. При виборі каркасів фільтрів експлуатаційних свердловин на воду поряд з забезпеченням незначних опорів в початковий період експлуатації повинні виконуватись умови збереження стійкої роботи в часі при механічному і розвитку хімічного кольматажу. Детальні дослідження гідравлічних втрат на межі фільтр-порода для фільтрів різноманітних конструкцій виконані Клотнем, а в інституті ВОДГЕО - В.М.Гаврилком та В.С.Алексеевим. Встановлено, що найкращі гідравлічні характеристики мають каркасно-дротяні фільтри з горизонтально-орієнтованими отворами максимальної шпарності. Фільтри на стрижневих каркасах рекомендується

встановлюючи в свердловині на глибині до 200м. При більших глибинах свердловин доцільно застосовувати фільтри на трубчатих каркасах з доведенням їх шпарності до 20-25 відсотків.

Існуючі методи розрахунку діаметрів каркасу фільтрів ґрунтуються на гідравлічних критеріях: проектному водовідборі і неприпустимості перевищення швидкості руху води в середині каркасу більше 1,5-2 м/с. На практиці, як правило, перевага надається меншим діаметрам каркасів, за рахунок чого досягається економія металу, потрібні менші кінцеві діаметри свердловин. Такий підхід призводить до значного скорочення періоду експлуатації свердловин. Спостереження за роботою водозабірних свердловин свідчить, що при малих водовідборах їх експлуатація може тривати десятки років без значної зміни гідравлічних характеристик. При великих водовідборах в цих же природних умовах період їх експлуатації скорочується до кількох років. Хімічний кольматаж свердловин обумовлений порушенням хімічної рівноваги в прифільтровій зоні, пласті в зв'язку з водовідбором. Максимальна інтенсивність процесу хімічного кольматажу спостерігається на ділянках, прилеглих до каркасу фільтра, водовідбірних засобів. Особливо інтенсивно цей процес проходить при турбулентному режимі фільтрації. Критерієм режиму фільтрації служить число Рейнольдса :

$$Re = \frac{v_f \cdot d_e}{6a \cdot \eta \cdot (1 - P_0)} \quad /3/$$

де: v_f - швидкість фільтрації, d_e - ефективний діаметр часток, a - коефіцієнт форми зерен фільтруючого середовища, η - коефіцієнт кінематичної в'язкості, P_0 - пористість фільтруючого середовища.

Результати експериментальних досліджень Зенчера, Люїса, Барнса, В.М.Щелкачева, Д.М.Мінна свідчать, що значення нижньої межі критичного числа Рейнольдса близько 2

За Д.М.Міннем:
$$d_e = \frac{d_2 - d_1}{23 \lg \frac{d_2}{d_1}} \quad /4/$$

$$d_1 = [1 - 0,2(\eta - 1) + 1] d_0 \quad d_2 = [2(\eta - 1) + 1] d_0 /5/$$

де: η - коефіцієнт неоднорідності ґрунтів, d_o - діаметр часток, вміст яких в пробі складає 10 відсотків.

Діаметр каркасу фільтра A_k , який забезпечує ламінарний реґістратив в прифільтровій зоні при заданих характеристиках обсіпки, проектному водовідбору і довжині фільтра рекомендується визначати за формулою:

$$A_k = \frac{Q \cdot d_o}{37.7 \alpha \sqrt{(1-P) \ell_f}} \quad / 6 /$$

де: Q - проектний водовідбор, ℓ_f - довжина фільтра.

При використанні добре викатаного гравію $\alpha = 1,1$ і $P = 0,4$ рівняння /6/ набуває вигляду:

$$A_k = \frac{Q \cdot d_o}{24.86 \cdot \sqrt{\ell_f}} \quad / 7 /$$

Для пластів менше 10м довжина фільтра має дорівнювати потужності пласта, а для пластів більшої потужності її визначають із співвідношення:

$$\frac{\ell_f}{m} = 0.8 \div 0.9 \quad / 8 /$$

або

$$\ell_f > 0.53 \frac{A_k}{\eta} \quad / 9 /$$

де: m - потужність пласта, η - коефіцієнт витрат фільтра, ℓ_f - шпарність фільтра.

Діаметр свердловини визначають по діаметру каркасу і товщині контура обсіпки 150-200мм, яка забезпечує її тривалу і стійку роботу в період експлуатації. Діаметр надфільтрових труб визначають у відповідності з насосним обладнанням.

Отримані результати польових робіт автора про експоненціальну зміну коефіцієнта фільтрації в контурі обсіпки від пласта до каркасу фільтра узгоджуються з даними теоретичних досліджень в інституті ВОДГЕО /В.С.Алексєєв/ та лабораторних дослідів в секторному лотку в інституті ВІОГЕМ /В.І.Фоменко/:

$$\kappa(z) = \kappa_n + (\kappa_o - \kappa_n) \exp \left\{ -\alpha \frac{R_o - R_n}{R_n} \right\} \quad / 10 /$$

де: κ_n - коефіцієнт фільтрації пласта, κ_o - початкова проникність

гравію, d - коефіцієнт механічного кольматажу гравійного фільтра-безрозмірний параметр, який характеризує зміну проникності обсіпки в результаті механічного кольматажу, R_0 - радіус свердловини, R_k - радіус каркасу фільтра.

З врахуванням /ІО/ досліджено зміну втрат тиску в прифільтровій зоні свердловини при різних співвідношеннях радіуса свердловини каркасу фільтра та параметра механічного кольматажу обсіпки по рівнянню:

$$\Delta S = \frac{Q}{2\pi m} \int_{R_k}^{R_0} \frac{dr}{r^2(z)} \quad /II/$$

Рівняння /II/ вирішено числено на ЕОМ і табульовано. Ці додаткові результати також підтверджують необхідність збільшення діаметра каркасу фільтра для свердловин, які розраховані на тривалий час експлуатації.

В четвертому розділі наведені результати дослідження технології виконання робіт при спорудженні гравійно-засипних фільтрів великого діаметра. Досвід спорудження таких свердловин свідчить, що, як правило контур обсіпки виконується одношаровим з сортового матеріалу розрахункової величини. В залежності від механічного складу водомістких порід як обсіпка застосовується гравій, піщано-гравійні суміші. Найвищим вимогам при спорудженні гравійно-засипних фільтрів відповідає сортовий, митий, добре відкатаний гравій з коефіцієнтом неоднорідності 1,5-2. Використання обсіпок, збруднених дрібнопіщаними, глинистими та пілуватими частками, згідно багатьох теоретичним та експериментальним дослідженням, призводить до різкого зменшення їх проникності. При наявності домішок близько 10 відсотків проникність обсіпки дорівнює проникності цих фракцій.

Обладнання свердловин великого діаметра гравійно-засипними фільтрами здійснюється переважно гравітаційним способом. Гравій осідає в кільцевому проміжку між стінками ствола свердловини і надфільтровими трубами, каркасом фільтра. В більшості випадків для обладнання гравійно-засипних фільтрів використовується гравій неоднорідний.

ного складу. Застосування неоднорідного гравію часто призводить до спорудження піскутих свердловин через те, що параметри обсіпки в прифільтрової зоні виявляються суттєво відмінними від початкових.

В дисертації теоретично та експериментально досліджені закономірності розшарування гравію при гравітаційному завантаженні в свердловині. Ступінь розшарування оцінювалась коефіцієнтом:

$$W = \frac{\Delta_{30}^{\kappa}}{\Delta_{50}} / 12/$$

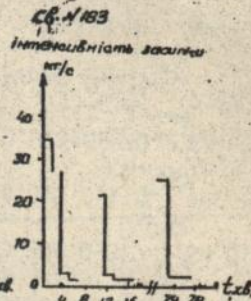
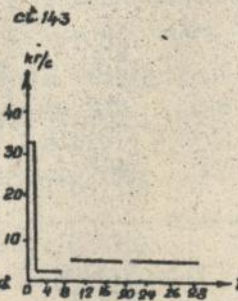
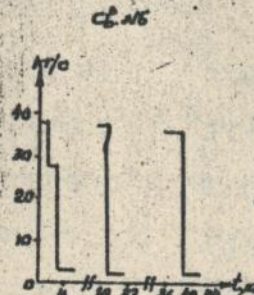
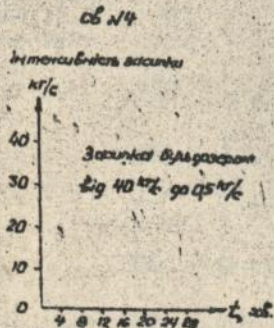
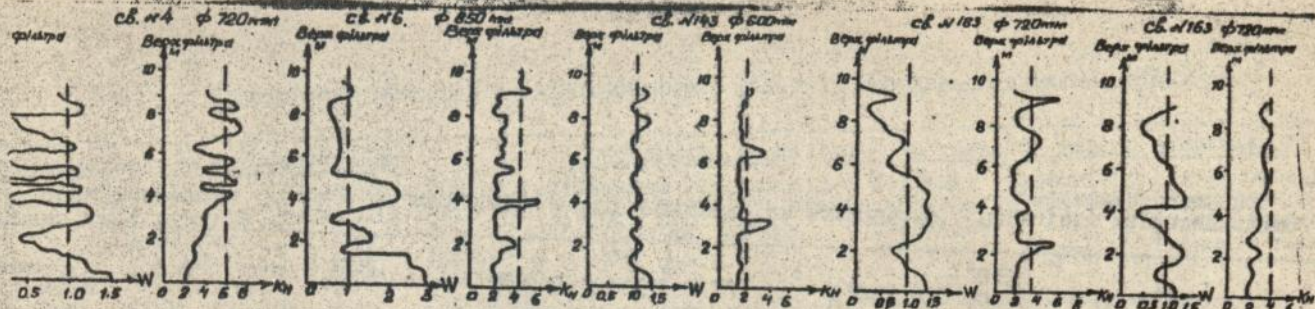
де: Δ_{30}^{κ} - середній розмір гравію в досліджуваному інтервалі контура обсіпки, Δ_{50} - середній розмір гравію обсіпки до засипки.

Визначення пористості в залежності від коефіцієнта неоднорідності гравію виконувалась згідно емпіричних співвідношень, одержаних в інститутах ВОДГЕО та ВНДІГ для випадків вільного осідання часток, а коефіцієнт фільтрації розраховувався по формулі В.М.Кондратьєва:

$$\kappa = \frac{1.1n}{\sqrt{v}} (\eta_x \Delta_{50})^2 / 13/$$

де: κ - коефіцієнт фільтрації, v - коефіцієнт кінематичної "в'язкості", n - пористість, η_x - параметр неоднорідності, $\eta_x = \frac{\Delta_n}{\Delta_{100-n}}$, Δ_n - діаметр часток ґрунту, який відповідає на кривій механічного складу його пористості, Δ_{100-n} - діаметр часток ґрунту, який відповідає на кривій механічного складу 100-п, Δ_{50} - середній розмір часток гравію в пробі,

Дані про характеристики гравію до та після обсіпки по ряду свердловин приведені в Таблиці 5. Встановлено, що ступінь розшарування гравію підвищується зі збільшенням неоднорідності обсіпки. Значно збільшується проникність гравію в контурі обсіпки порівняно з відною. Згідно експериментальних даних при глибині свердловин 30-40м і коефіцієнті неоднорідності 4-6 коефіцієнт розшарування дорівнював 1,2-2,5 /Малюнок 1/. Суттєво збільшились проти вихідних значення коефіцієнтів мішаровості. Очевидно, що з прийняттям близьких до граничних значень коефіцієнта мішаровості, можливе невинне піскування свердловин в зоні відкладення найбільш крупнозернистих фракцій. В зв'язку з цим сформульовані рекомендації для підбирання гравійних фільтрів з урахуванням розшарування гравію / Таблиця 6 /. Розроб-



$$W = \frac{\pi_{50}^{\pi}}{\pi_{50}}, \quad K_H = \frac{\pi_{50}}{\pi_{10}} \quad \text{--- характеристики роботи по засинки}$$

Мал. 1. Графіки зміни коефіцієнтів розшарування і неоднорідності роботи в контурі обсягів обертових

Характеристика гравію до засипки та після засипки в інтервалі
встановлення фільтра свердловин К.Дніпровського дренажу

Ш.	Найменуван- ня матеріа- лу осипки	Діаметр свердловин, мм	D ₅₀ , мм		K _н =D ₅₀ /D ₁₀		V _ф , см/с		Коефі- цієнт розши- руван- ня	Пористість, %	
			1	2	1	2	1	2		розр- хунко- ва	фак- тич. перес. по кол.
13	Дрібний вол- гоградський гравій	600	2.9	2.5-3.7	2.06	1.45-5.62 1.9	0.617	0.514-2.94 1.660	0.86	1.28 39.45	39.45
63	Тех.	650	2.0	0.45-2.75	3.45	1.65-3.37 2.6	0.394	0.017-1.34 0.685	0.23	1.37	37.2 39.9
73	Тех.	650	2.5	1.35-2.90	3.00	1.76-7.9 2.6	0.510	0.115-1.766 0.888	0.54	1.12	38.0 38.6
83	Тех.	720	2.8	0.25-3.9	3.54	1.57-17.3 2.3	0.57	0.010-2.94 1.424	0.09	1.4	37.0 37.6
6	Тех.	650	2.9	0.31-3.7	3.33	1.68-6.6 2.4	0.786	0.016-2.71 1.322	0.09	1.23	37.3 40.1
4	Суміш гравій- ного вистіву з крупним вол- гоградським піском	720	4.4	1.2-7.2	6.45	2.27-13.88 3.9	0.567	0.083-3.70 1.577	0.27	1.64	- -
6		850	3.0	1.1-7.4	6.0	2.31-9.33 4.0	0.282	0.045-7.20 1.042	0.37	2.47	

Примітка: 1 - до засипки; 2 - після засипки; в знаменнику - перестічна характеристика після засипки.

Влаштування контурів гравійно-обсипних фільтрів свердловин великого діаметра

Свердловини тимчасового користування				[Свердловини, розраховані на тривалий період експлуатації]					
Діаметр каркасу фільтра, мм	Неоднорідність гравію, Кн=Д ₆₀ /Д ₁₀	Товщина контура обсіпки, мм	Коефіцієнт міжшарової мішаровості, N Д ₅₀ /Д ₂₅₀	Запас гравію над верхом фільтра, відсоток довжини каркасу	Діаметр фільтра, мм	Неоднорідність гравію, Кн=Д ₆₀ /Д ₁₀	Товщина контура обсіпки, мм	Коефіцієнт міжшаровості, N Д ₅₀ /Д ₂₅₀	Запас гравію над верхом фільтра, відсоток довжини каркасу
Пласт однорідної будови									
Менше 200	2	100	8-20	10-15	Менше 200	Менше 2	150-200	8-20	10-20
200-400	2	100-300	8-20	10-15	200-400	Менше 2	200-350	8-20	15-25
Більше 400	2	150-300	8-20	15-20	Більше 400	Менше 2	200-400	8-20	20-30
Пласт неоднорідної будови									
Менше 200	2-8	100-150	8-12	20-30	Менше 200	2-8	200-250	8-12	30-40
200-400	2-8	200-300	8-12	25-40	200-400	2-8	200-400	8-12	35-40
Більше 400	2-8	200-300	8-12	30-40	Більше 400	2-8	300-400	8-12	40-50

х/при Кн= 6-8 рекомендується глибина свердловин до 40м, Кн=5-6 - до 100м, Кн=2-5 - до 150 м
 Кн=2 - будь-яка глибина. Умови ведення робіт з неоднорідним гравієм, рівномірна безперервна подача в свердловину при засипанні.

лена методика створення гравійної обсіпки з одночасною відкачкою з свердловин, заснована на одержанні в міжтрубному просторі швидкостей руху сумішей гравій-вода, які перевищують швидкість утрудненого осадження часток. При розробці вказаних рекомендацій використані дані теоретичних і лабораторних досліджень Д.М.Мінна та С.О.Шуберта.

В зв'язку з тим, що недостатньо вивчена проблема освоєння свердловин великого діаметра, яка забезпечує ефективне формування природного зворотнього фільтра та мінімальні гідравлічні опори в прифільтровій зоні, на основі лабораторних та польових досліджень зроблено аналіз залежності матеріалу, що виноситься, від коефіцієнта мішаровості, градієнта, товщини обсіпки, неоднорідності гравію:

$$P = f(N, J, t, \eta) \quad /14/$$

Встановлені граничні величини сумарного винесення часток при умові використання гравійної обсіпки з різним ступенем неоднорідності. При застосуванні однорідного гравію та мішарових коефіцієнтах 4-10 сумарне винесення часток з прифільтрової зони при прокачці складало 0,25-1 відсоток від загальної кількості засипаного гравію. У випадку використання обсіпки з коефіцієнтом неоднорідності 4-6 винесення досягло 5-17 відсотків від загальної кількості обсіпки. Отже, при проектуванні свердловин великого діаметра і використанні неоднорідної обсіпки слід мати резерв гравію над фільтром не менше 20 відсотків загальної кількості.

При освоєнні свердловин великого діаметра стандартна прокачка не дає відчутного ефекту внаслідок малих значень швидкостей і градієнтів на зовнішньому контурі гравійного фільтра. В зв'язку з цим випробувана поінтервальна прокачка, дія якої ґрунтується на нерівномірному припливі води по довжині фільтра з максимальними швидкостями і градієнтами поблизу всмоктування водовідбірних засобів. В процесі поінтервальних прокачок свердловин відбувається віддалення колюмату на межі гравій-порода, який утворюється при бурінні свердловин, і ефективне утворення зворотнього фільтра з виносом дрібнозернистих ча-

сток. Ефективність поінтервальних прокачок при освоєнні свердловин оцінювалась по результатам кущових відкачок та витратометрії/ Таблиця 7/. Одержані матеріали дають підставу для висновку, що поінтервальні прокачки сприяють збільшенню питсмих дебітів в середньому на 6-8 відсотків та суттєвому зменшенню узагальненого показника опору прифільтрових зон свердловин. Поінтервальні прокачки не тільки зменшують гідравлічні опори прифільтрових зон, але й збільшують гряземісткість фільтра, що об'єктивно сприяє збільшенню часу експлуатації свердловин.

В п'ятому розділі викладені результати досліджень інтенсифікації водовідбору з свердловин великого діаметра в зв'язку з нерівномірністю притоку по довжині фільтрів.

При проектуванні та спорудженні свердловин на воду прагнуть до збільшення діаметра ствола, покращення проникності прифільтрової зони, що сприяє збільшенню водопритоку, гряземісткості фільтра, тривалій та сталій роботі свердловини в період експлуатації. Теоретично співвідношення дебітів свердловини зі зміненою проникністю прифільтрової зони і свердловини, в якій збережена її природна проникність, в напірних умовах визначається рівнянням:

$$\frac{Q_0}{Q} = \frac{a_1 \ln \frac{R}{R_0}}{\ln \frac{R_0}{R_0} + a_1 \ln \frac{R}{R_0}} \quad /15/$$

де: Q_0 - дебіт свердловини зі зміненою проникністю в прифільтровій зоні, Q - дебіт свердловини з проникністю, яка дорівнює пластовій, $a_1 = \frac{k_{\phi}}{k_{\phi 0}}$, k_{ϕ} - коефіцієнт фільтрації прифільтрової зони, k - коефіцієнт фільтрації водомістких порід, R - радіус впливу свердловин, R_0 - радіус буріння, R_k - радіус каркасу фільтра.

Теоретично збільшення проникності прифільтрової зони в 10 разів при радіусі буріння 0,5м сприяє збільшенню дебіту на 40 відсотків, а збільшення радіуса буріння в два рази збільшує дебіт на 18 відсотків. На ефекті збільшення дебіту свердловини за рахунок збільшення діаметра та покращення проникності в прифільтровій зоні ґрунтуються методи спорудження свердловин за способом Бенісона.

Таблиця 7

Дані опорів та питомих дебітів свердловин при різних
способах освоєння свердловин

Найменування об'єкта	№ свердлов.	м ² /до- ба	Дослідно-експлуатаційна відкачка				Політервальна прокачка				Приріст питомого дебіту %
			Q л/с	S м	q л/с	Δ ₂₀	Q л/с	S м	q л/с	Δ ₂₀	
Кам'янсько-Дніпровсь- ський дренаж	8	390	9.26	2.42	3.83	-	9.62	2.37	4.06	-	6.2
	18	450	12.50	2.71	4.61	-	12.40	2.40	5.17	-	12.1
	20	310	8.9	3.00	2.97	0.07	9.60	3.04	3.16	-0.3	6.4
	23	300	11.5	3.11	3.58	-0.02	9.87	2.55	3.87	-0.17	8.1
	24	315	9.45	3.14	3.01	0.05	9.45	2.92	3.23	-0.07	7.3
	135	602	11.3	2.47	4.57	-0.01	11.65	2.39	4.87	-0.08	6.5
З.Знам'янський дренаж	20	326	10.0	2.70	3.70	-0.08	16.35	3.95	4.13	-0.23	11.2
	24	445	9.46	1.99	4.75	-0.01	10.1	1.96	5.14	-0.19	8.1
	37	262	3.90	2.44	3.65	-0.10	5.10	1.35	3.78	-0.15	3.5
Зрошуваний масив "Кам'янський під"	13	485	18.1	3.74	4.84	-0.01	18.0	3.58	5.03	-0.19	4.0
Зортницький зрошуваний масив	1	740	12.86	1.77	7.27	+0.03	13.0	1.74	7.45	0	2.5
Зодозабір Черкаси	1	710	13.58	1.65	8.23	-	15.0	1.43	10.5	-	2.7
	2	536	30.4	7.52	4.03	-	16.8	4.03	4.17	-	3.5
	4	480	19.4	5.73	3.83	-	17.6	5.19	3.40	-	0.6
	5	670	17.0	2.78	6.11	-	14.6	2.34	6.20	-	1.5

влаштування гравійної обсыпки з застосуванням башмака-конуса /В.М.Гаврилко і В.С.Алексеев/, способу *Georgeson*/Швейцарія, 1975/. Спорудження свердловин, водозаборів за цими способами в певний природних умовах дає позитивні результати, однак, досить громіздке і вимагає значних витрат часу і коштів. Порівняння характеристик свердловин, споруджених вищевказаними методами, зі свердловинами великого діаметра, пробурених роторним способом зі зворотною промивкою чистою водою, свідчить, що при дотриманні певних технологічних заходів вони можуть бути близькими між собою.

Дослідженнями *D.Peterson*, *K.Rower*, *M.Alibertson*, *M.Solimen*, А.Ф.Шульгіна, В.О.Васильєва, В.С.Алексєєва, В.П.Ткаченка, Е.А.Грикевича та О.О.Руселіса доведена нерівномірність притоку підземних вод по довжині фільтра. При невеликих розмірах водовідбору нерівномірність навантаження різних ділянок фільтра незначна. Зі збільшенням водовідбору навантаження на різні ділянки фільтра відрізняються в декілька разів. Особливо великі відмінності мають місце при довгих фільтрах та їх малих діаметрах. Враховуючи нерівномірність притоку підземних вод по довжині фільтра, частина дослідників розглядала питання про нерівномірну перфорацію водоприймальної частини свердловин для вирівнювання вхідних швидкостей. *M.Solimen* пропонує влаштовувати гравійну обсыпку зі збільшеною товщиною контура в верхній частині фільтра для зменшення суфозійних процесів при експлуатації свердловин. Ці пропозиції або помилкові/нерівномірна перфорація призводить до зменшення шпарності каркасу фільтра, скорочення періоду її експлуатації, або є окремим вирішенням завдання. Зміни таких параметрів, що визначають нерівномірність навантаження, як діаметр, довжина фільтра, коефіцієнт витрат або шпарність не завжди можлива чи й виправдана. Так, біля рівномірний притік забезпечується в фільтрах з великими вхідними опорами. Проектування та влаштування фільтрів такого типу надійніше.

В 1969р. автором на ділянці К.Дніпровського вертикального дренажу /Наховська водосховища/ було облаштовано перші свердловини дзво-

колонної конструкції, яка дозволяє вести водовідбір нижче фільтра через додаткову колону, розташовану паралельно фільтровій. Така конструкція дозволила провести широкі дослідження в польових умовах для визначення притоку по довжині фільтра при різноманітних режимах водовідбору, в т.ч. і з водовідбором вище і нижче фільтра. Аналогічні дослідження на двоколонних конструкціях свердловин з водовідбором вище, вище фільтра, в різних частинах виконані на більш ніж 300 свердловинах К. Дніпровського, В. Знам'янського, Нікопольського; Кременчуцького, Ржищевського, масиву "Кам'янський під" вертикальних дренажів, водозаборах м.м. Черкаси, Канів, Шпола, різних районів Черкаської, Київської областей в 1969-1992р.р. Роботи виконувались за участю також В.С.Алексєва, Е.А.Грикевича, В.Д.Гуриновича. Лабораторні дослідження виконані Е.А.Грикевичем та О.О.Руселісом.

Витікання рідини з пласта в свердловину визначається рівнянням:

$$\frac{d^2 Q}{dt^2} - c^2 Q = 0 \quad /16/$$

де: Q - витрати рідини в довільному перерізу фільтра,

$t = h_0 \cdot c \cdot l$ - інтегральна характеристика ділянки фільтра, що розглядається,

$h_0 \cdot c$ - середня величина ділянки фільтра, що розглядається,

h - коефіцієнт витрачання, η - шпарність фільтра,

$c = \sqrt{2} D$ - параметр фільтра, D - внутрішній діаметр фільтра.

Рівняння /16/ має загальне розв'язання:

$$Q = C_1 e^{ct} + C_2 e^{-ct} \quad /17/$$

Окремі розв'язання рівняння /17/ :

при водовідборі вище фільтра $/Q_{t=0} = Q_0; Q_{t=l} = Q^*/$:

$$Q_e = \frac{Q_0 sh ct + Q^* sh (ct - ct)}{sh ct} \quad /18/$$

при водовідборі нижче фільтра $/Q_{t=0} = Q_0^*; Q_{t=l} = Q^*/$:

$$Q_e = \frac{Q^* (ct - ct) + Q_0^* sh ct}{sh ct} \quad /19/$$

У випадку рівномірної перфорації та однорідності прифільтрової

зони, одночасному відборі води вище і нижче фільтра:

$$Q_e = \frac{Q' sh a e + Q'' sh a (L - e)}{sh a L} \quad / 20 /$$

де: Q' - величина водовідбору вище фільтра, Q'' - величина водовідбору нижче фільтра, L - довжина фільтра, e - довжина ділянки фільтра, $a = 4\sqrt{2} \frac{K}{d}$ - параметр фільтра.

Втрати тиску в будь-якому із перерізів фільтра при одночасному відборі води вище і нижче фільтра визначаються рівняннями:

$$\Delta h = \frac{1}{gW} [Q' c h a e + Q'' c h a (L - e)]^2 / 21 /$$

де: W - площа поперечного перерізу каркасу фільтра.

Середні швидкості руху води всередині фільтра та крізь його отвори визначаються при рівномірній перфоранції та однорідності профільнової зони рівняннями:

$$V_e = \frac{Q sh a e - Q'' sh a (L - e)}{W sh a L} \quad / 22 /$$

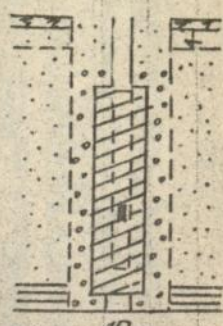
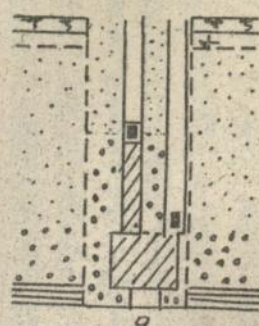
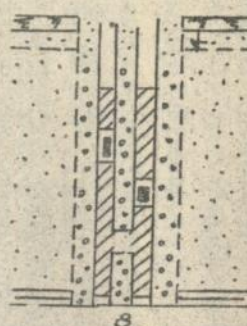
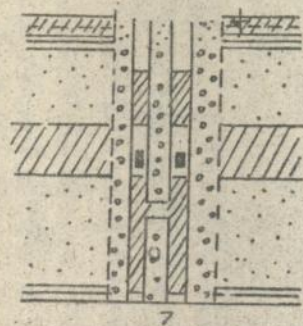
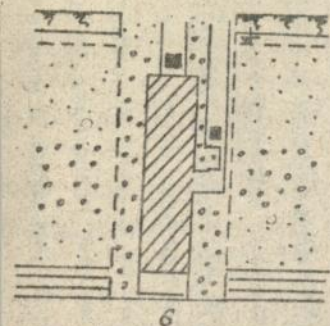
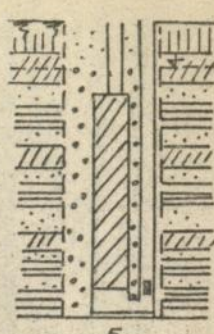
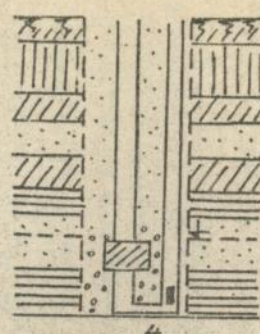
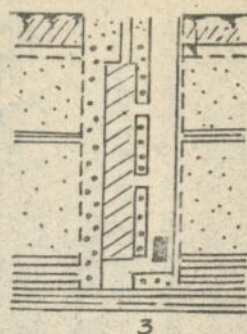
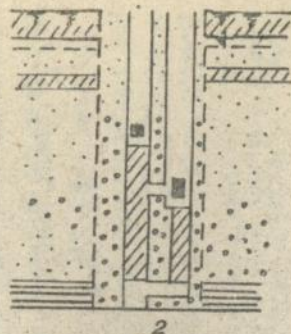
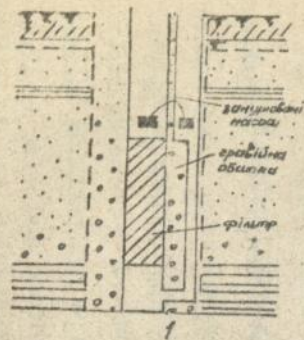
$$U_e = \sqrt{2} \frac{1}{W sh a L} [Q c h a e + Q'' c h a (L - e)] \quad / 23 /$$

де: V_e - середня швидкість руху рідини всередині фільтра в перерізі що розглядається e .

U_e - середня швидкість руху рідини крізь його отвори в перерізі e .

Аналіз рівнянь /22/ та /23/ доводить, що у випадку однорідної товщі, однорідності проникності профільнової зони, рівності водовідбору вище і нижче фільтра / $Q' = Q''$ / криві $Q_e' = f(e)$ та $V_e' = f(e)$ є перевернутими дзеркальними відображеннями кривих $Q_e'' = f(e)$ та $V_e'' = f(e)$. Криві $\Delta h' = f(e)$ і $U_e' = f(e)$ являють собою дзеркальні відображення одноіменних кривих.

Для покращення навантаження фільтрів, інтенсифікації водовідбору автором запропоноване застосування свердловин двоколонних конструкцій. В них як перша водопідіймна колона використовуються надфільтрві труби. Друга водопідіймна колона встановлюється паралельно фільтрві з врізкою в неї на ділянці відстійника чи між окремими ланками фільтра в нижній частині свердловин. Друга колона може бути як глухою, так і з фільтром /врізатися в каркас фільтра більшого діаметра/



1. Типова двоколонна конструкція свердловини в пласті з великою водопроникністю потужністю $> 25\text{м}$
 2. Двоколонна конструкція свердловини при заляганні в нижній частині пласту потужного базальтового горизонту
 3. Конструкція свердловини для максимального зниження рівня підземних вод.
 4. Конструкція свердловини для водовідбору із пластів малої потужності (1-5м) при глибокому заляганні статичного рівня
 5. Конструкція свердловини для водовідбору з пластів малої водопроникності

6. Конструкція свердловини в пласті з зоною підвищеної водопроникності
 7. Конструкція свердловини з регульованим водовідбором в тришаровому пласті
 8. Конструкція свердловини з регульованим водовідбором в однорідному пласті потужністю $> 40\text{м}$
 9. Конструкція свердловини з потужним базальтовим горизонтом в нижній частині розрізу
 10. Конструкція свердловини великого діаметра з нахиленим фільтром великої роботи діаметром $> 14^\circ$ однорідному пласті.

Мал. 2. Двоколонні конструкції свердловин на воду

/Малюнок 2/. Одночасна відкачка з двох колон забезпечує збільшення водовідбору, більш рівномірне навантаження фільтра, сприяє включенню в роботу нижньої частини фільтрів великої довжини, що особливо важливо при фільтрації в неоднорідності порід в розрізі з заляганням в підшві водоносного шару високопроникних відкладів / базальний горизонт /. Місце знаходження врізки додаткової колони в першу чергу визначається довжиною фільтра, фільтраційними властивостями нижньої частини водомістких порід та потужністю пласта.

Двоколонні конструкції свердловин застосовуються переважно для концентрованого відбору великої кількості води /в пластах водопрвідності більше $500 \text{ м}^3/\text{добу}$ потужністю 40-60м до $15000 \text{ м}^3/\text{добу}$ /. Вони можуть використовуватись як з метою водозниження /будівельні котловани, дренаж зрошувальних земель, захист від підтоплення/, так і водопостачання, особливо для перекриття пікових навантажень в системах значних водоспоживачів з можливістю регулювання водовідбору в широкому діапазоні. Спорудження високодебітних свердловин дозволяє суттєво скоротити витрати на будівництво комунікацій, під'їздних шляхів, ліній електромереж, зменшити зону відчуження сільськогосподарських угідь, експлуатаційні витрати. Аналіз, виконаний Інститутом Діпроводгосп, свідчить, що вартість власне свердловини та її обладнання в 6-8 разів менше вартості допоміжних заходів. Широкого застосування двоколонні конструкції свердловин набули при визначенні зміни їх гідралічних характеристик в процесі експлуатації, випробуванні роботи фільтрів різних типів. Ці конструкції забезпечують виконання повного комплексу гідрогеологічних досліджень без відключення свердловин і монтажу-демонтажу водопідйомного обладнання. Ефективне застосування двоколонних свердловин при каптажі малопотужних водоносних горизонтів / 0,5-2м / доброї водопрвідності з низьким заляганням статичних рівнів підземних

4.

Експериментальними роботами підтверджено, що при каптажі водоносних горизонтів двоколонними конструкціями забезпечується більш

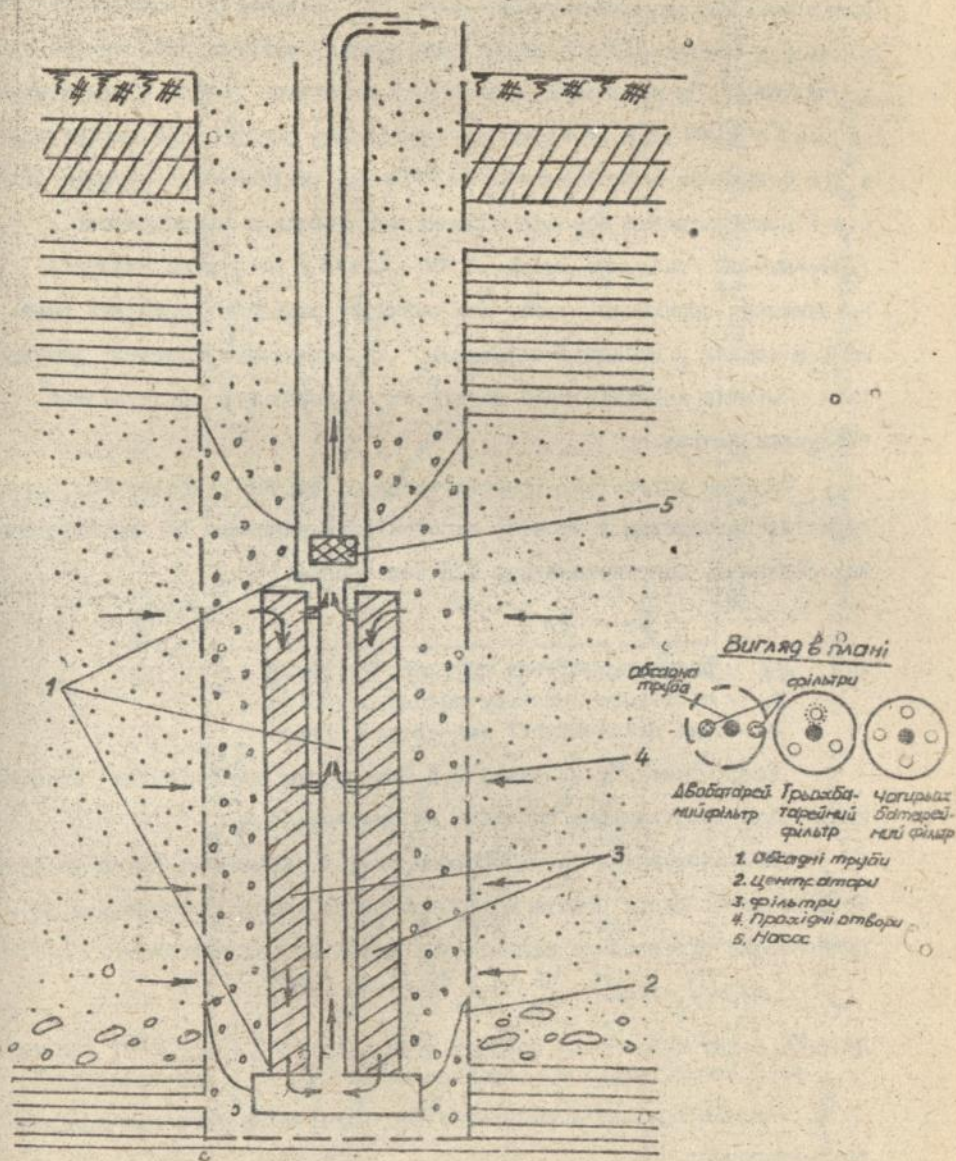
повне використання водоприймальної поверхні усього фільтра, деяке збільшення питомого дебіту при відборі суттєво більшої кількості води двома насосами.

Одним із методів інтенсифікації водовідбору підземних вод є обладнання свердловин великого діаметра фільтрами батарейного типу /Малюнок 3/. В цій конструкції розв'язуються два завдання: збільшення площі водоприймальної поверхні каркасу фільтра і більш рівномірне навантаження фільтра по його довжині за рахунок з'єднання каркасів фільтрів з колоною обсаджувальних труб водопропускними патрубками. Виробничі випробування підтвердили ефективність використання таких конструкцій. Водовідбір з таких свердловин може бути доведений до $7500 - 10000 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$.

На розроблені і втілені у виробництво двоколонні конструкції, свердловини з фільтрами батарейного типу одержано 4 авторських свідоцтва.

В розділі 6 викладені результати натурних спостережень за роботою свердловин великого діаметра, обладнаних каркасами фільтрів різних типів з потужними контурами гравійної обсыпки в часі. Дослідження виконувалися переважно на дослідних кущах свердловин дренажних систем Наддніпрянщини. Спорудження та обладнання свердловин за найбільш досконалою технологією, що підтверджується відомими значеннями узагальненого показника опору прифільтрових зон, і несприятливі умови їх експлуатації /ерліфтний водовідбір, який призводить до аерації води і переводу закисного заліза в важкорозчинний гідроокис, біологічний колюмат, нерівномірний режим водовідбору, наявність в ґрунтових водах великої кількості заліза /дають підставу вважати, що зафіксовані параметри зміни гідравлічних характеристик свердловин у часі можуть застосовуватись при проектуванні і обґрунтуванні ремонтних робіт на дренажних системах заплавних дамб і територій, які потребують захисту від підтоплення.

Наведені характеристики дослідних свердловин, відомості про режим водовідбору, дані про зміни за спостережений період експлуатації



Мал.3. Водозабірна свердловина з фільтром батареїного типу

Дослідження стійкості залізнистих сполук у відкачуваних підземних водах показали, що концентрація іонів Fe^{3+} відповідає розчинності гідроксиду, а концентрація іонів Fe^{2+} лімітується умовами його окислення до $Fe(OH)_3$. Ця рівновага виявляється нестійкою і навіть при незначних змінах E_h і pH , які неминучі при ерліфтному водовідборі, зміщується в бік утворення важкорозчинної $Fe(OH)_3$, що викликає коагуляцію фільтрів і прифільтрових зон. Зафіксовані окислювально-відновлювані $E_h = +80 \div 150$ та лужно-кислі $pH = 7.2 \div 7.6$ обставини вказують на виключно сприятливі умови для розвитку залізобактерій, які виявлені в осадах у вигляді *Siderococcus* та *Siderocapsa*. Наведені результати хімічних аналізів проб осадів, які в основному представлені сполуками заліза.

Обробка результатів спостережень за зміною гідравлічних характеристик свердловин в процесі експлуатації виконана по видозміненому рівнянню, запропонованому М.Д.Безсоновим:

$$q_t = q_0 e^{-\beta t} \quad /24/$$

де: q_t - поточне значення питомого дебіту,
 q_0 - початкове значення питомого дебіту,
 t - час експлуатації свердловин, місяць.

Коефіцієнт β названий М.Д.Безсоновим коефіцієнтом "старіння". Результати спостережень наведені на Малюнках 4-6.

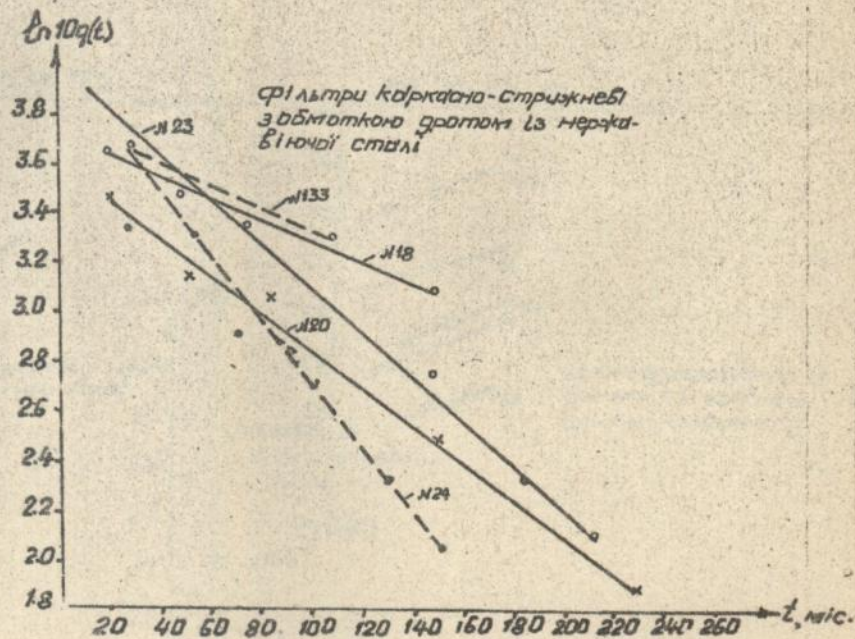
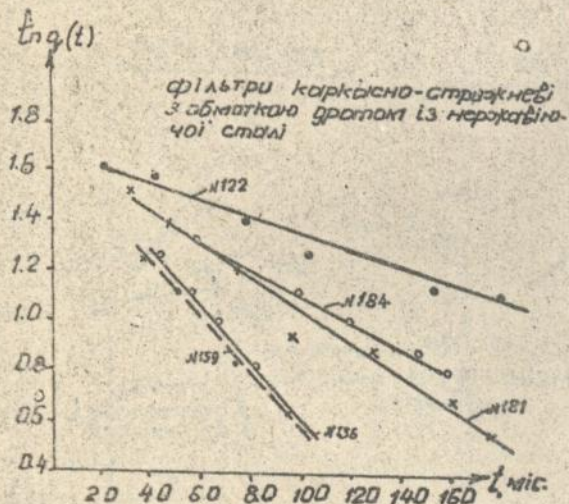
В.С.Алексеевим та Г.М.Комунаром для визначення зміни коефіцієнта фільтрації порід пласта в процесі експлуатації свердловини запропоноване більш точне рішення, яке визначається рівнянням:

$$K(r,t) = K_0 \left[1 - \frac{N_0}{n_0} (1 - e^{-\gamma \int_0^t c(\tau) d\tau})^m \right] /25/$$

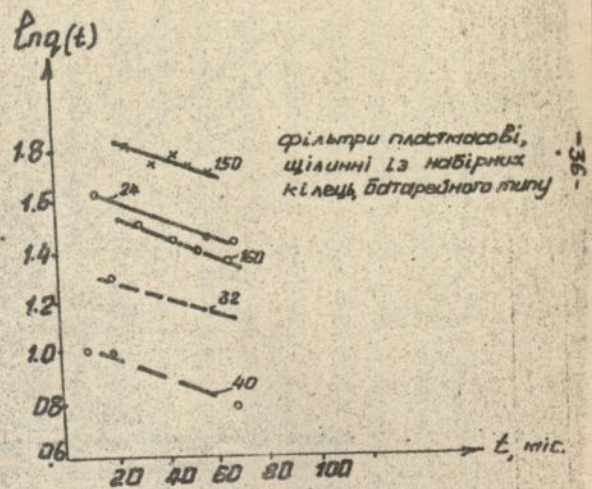
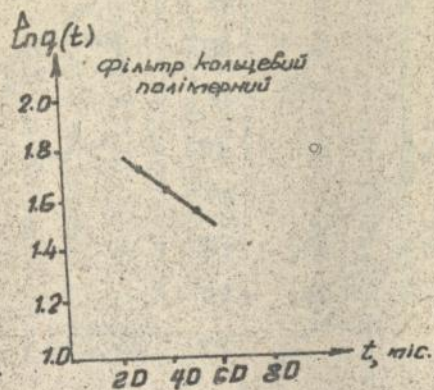
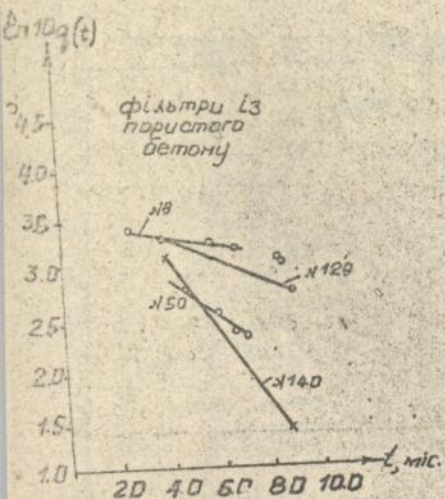
де: N_0 - питомий об'єм порових відкладів, γ - коефіцієнт коагуляції,
 n_0 - пористість, m - показник степеня, τ - час релаксації.

Аналіз одержаних результатів спостережень дозволяє зробити такі висновки:

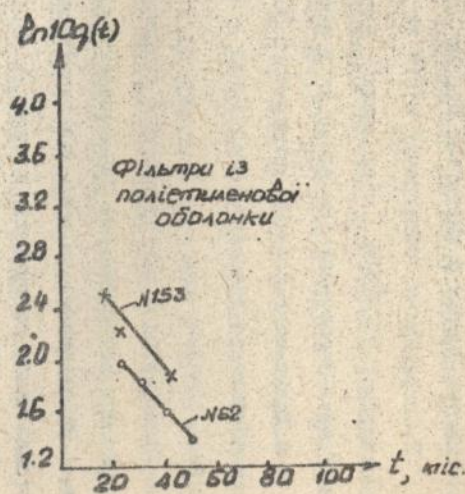
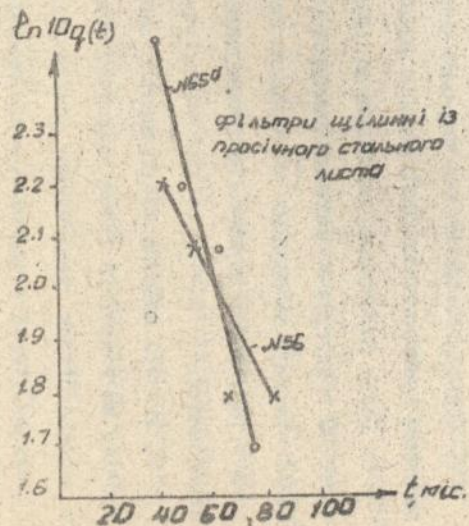
1. Карбасно-стержневі фільтри з обмоткою дротом із нержавіючої сталі щільність 35-40 відсотків з потужним контуром гравійної об-



Мал. 4. Графіки зміни питомих дебітів свердловин в часі



Мал. 5. Графіки зміни питомих дебітів свердловин в часі



Міал. 6. Графіки зміни питомих дебітів сфероболів в часі

сипки працюють задовільно, мають мінімальні коефіцієнти "старіння".

2. Свердловини, обладнані фільтрами із азбесто-цементних труб з щільною перфорацією шпартністю 2-3 відсотка, обсіпані гравійним матеріалом, мають великі входні опори, малі питомі дебіти і не рекомендуються для застосування в системах, які працюють в складних гідрохімічних умовах з витратами більше $300 \text{ м}^3/\text{добу}$.

3. Свердловини, обладнані м'якою та жорсткопоролоновими фільтрами конструкції ВСЕДІНГЕО, мали великі входні опори, малі питомі дебіти і були перебудовані без вводу їх в експлуатацію.

4. Тарільчані фільтри конструкції ВСЕДІНГЕО можуть застосовуватися для обладнання дренажних свердловин тільки з потужним контуром гравійної обсіпки.

5. Фільтри з поліетиленової оболонки згідно умов механічного, хімічного кольтатажу не рекомендується застосовувати в свердловинах, розрахованих на тривалий термін експлуатації. Коефіцієнти "старіння" таких свердловин на порядок більші, ніж свердловин, обладнаних каркасно-стержневими фільтрами.

6. Фільтри з пористого бетону без гравійної обсіпки не рекомендується встановлювати в свердловини, які працюють в складних гідрохімічних умовах і розраховані на тривалий термін експлуатації.

7. Фільтри із просічного сталюого листа з нержавіючої сталі з потужним контуром гравійної обсіпки працюють задовільно.

8. Добре зарекомендували себе фільтри кільцеві полімерні шпартністю 25 відсотків з потужним контуром гравійної обсіпки. При заміщенні сталюих зв'язуючих стрижнів на базальтопластикові фільтри даного типу рекомендується застосовувати в будь-яких агресивних середовищах.

9. Фільтри пластмасові щільні з набірних кілець діаметром 120-140 мм шпартністю 10-12 відсотків можуть успішно застосовуватися в високодебітних свердловинах у вигляді кількох батарей. Коефіцієнти "старіння" таких свердловин - мінімальні.

10. Період експлуатації свердловин при інших однакових умовах

прямо пропорційний значенню початкового питомого дебіту. Зменшення питомого дебіту в часі пропорційне кількості відкачаної води і обернено пропорційне гряземісткості фільтра. При одній і тій же кількості відкачаної води темп зниження питомого дебіту пропорційний інтенсивності водовідбору.

II. Максимальне заростання фільтрів і прифільтрових зон свердловин спостерігається на ділянках, прилеглих до всосу водовідбірних засобів.

12. Найбільш інтенсивне зниження питомих дебітів свердловин великого діаметра Придніпров'я припадає на третій-шостий рік їх експлуатації. Величина міжремонтного періоду, яка дорівнює шести рокам, може бути прийнята як гранична при підтриманні роботи дренажних систем.

В цьому розділі наведено перспективні напрямки робіт з метою поліпшення техніко-економічних показників спорудження свердловин великого діаметра на воду. Особливу увагу приділено розробкам провідних фірм світу у галузі шлангокабельного буріння на нафту та газ. Дано характеристику обладнання, що застосовується. При цьому, участь різних фірм і міжнародних корпорацій в його виробництві та використанні. Наведено також принципову схему бурової установки, відомості про результати випробувань і використання в різних країнах світу, в т.ч. і в Росії. Складність конструкції і велика вага закордонних установок шлангокабельного буріння, мала маневровість, можливість спорудження свердловин малого діаметра лише з прямою промивкою забоя глинистим розчином, складна конструкція шлангокабеля, його велика вага роблять їх практично непридатними для масового використання при бурінні свердловин на воду на глибини до 100 м, які складають більш 80 відсотків всіх об'ємів робіт на воду. На основі аналізу існуючих методів спорудження свердловин на воду, технічних характеристик шлангокабеля, що серійно виготовляється, забійних двигунів автором зроблено висновок про можливість створення принципово нової шлангокабельної бурової установки на воду методом прямої і зворотної промивки.

Впровадження шлангокабеля в практику бурових робіт дозволить

зробити якісний стрибок в галузі спорудження свердловин на воду і вирішити ряд питань:

1. Створити промислову бурову установку з повною автоматизацією основних і допоміжних процесів при проходінні ствола.

2. Різко скоротити час на спуско-підйомні операції.

3. Ліквідувати процес нарощування бурового інструменту.

4. Підвищити механічну швидкість буріння.

5. Різко скоротити аварійність при проходінні стводу за рахунок безперервності промивки.

6. Значно зменшити небезпеку травмування бурильників, бо більшості нещасних випадків відбувається при спуско-підйомних операціях.

7. Покращити кадровий стан за рахунок залучення до роботи з комплексним автоматизованим технологічним процесом молоді.

Наведено технічну характеристику легкої установки шлангокабельного буріння на воду на глибину до 100м. Нині під керівництвом автора макет такої установки виготовляється Черкаською гідрогеологічною експедицією Держводгоспу України.

Основні висновки та інженерні рекомендації

Проведені теоретичні, проектно-конструкторські, лабораторні і експериментальні дослідження в галузі спорудження, освоєння, та експлуатації свердловин великого діаметра на воду дозволяють зробити такі основні висновки і інженерні рекомендації:

1. Досвід провідних промислово-розвинутих країн світу в галузі спорудження свердловин на воду свідчить, що найбільших успіхів досягають спеціалізовані структури, де об'єднані зусилля заводів-виробників бурових станків і обладнання до них, організацій по навчанню роботі на станках і обладнанні, експлуатаційних підрозділів /фірм, асоціації, міжнародні корпорації/. Для ефективного проведення робіт на воду в різноманітних гідрогеологічних умовах спеціалі-

зовані організації випускають ряди бурових установок із зусиллям на гаку 1.5-280т. На вимогу замовника бурові агрегати комплектуються необхідною транспортною базою та додатковим спеціалізованим обладнанням для виконання робіт в конкретних гідрогеологічних умовах.

2. На сучасному етапі розвитку науки і техніки при спорудженні свердловин великого діаметра на воду на осадові відклади найбільш ефективним є застосування обертального буріння із зворотною промивкою чистою водою. Багато розробок навісного обладнання для цього способу буріння в організаціях України, Росії, Туркменістану виконані на сучасному технічному рівні, захищені патентами і при масовому впровадженні в практику бурових робіт дадуть значний економічний ефект. До таких розробок відносяться:

- а/ конструкції універсальних вертлюгів-сальників;
- б/ конструкції бурових штанг із швидкороз'ємними клиновими, різьбовими з'єднаннями;
- в/ конструкції долот / дволопасні, трилопасні, шарошечні розширювачі/.

3. Досліджений вплив різних способів буріння, розкриття і освоєння водоносних пластів на гідравлічні показники прифільтрових зон. При роторному бурінні з прямою промивкою глинистим розчином гідравлічні опори в прифільтрових зонах виявляються настільки великими, що застосування цього способу для розкриття водоносних пластів недоцільно при будь-якому гідравлічному або механічному способі освоєння свердловин. Роторне буріння із зворотною промивкою чистою водою і ударно-канатне буріння забезпечують достатньо ефективне розкриття і освоєння водоносних пластів. Значний вплив на величину узагальненого показника опору прифільтрових зон свердловин, пробурених методом зворотної промивки чистою водою, має технологія розкриття пласта. На ділянках, де в гідрогеологічній будові присутні суглинки і глини, для запобігання глинизації водовміщуючих порід перед розкриттям

водоносного горизонту необхідно провести заміну колоїдного розчину, що утворився, на чисту воду. Неотримання цієї вимоги призводить до значних фільтраційних деформацій прифільтрової зони, які в ряді випадків досягають значень, що спостерігаються при роторному бурінні з прямою промивкою глинистим розчином. З цих же причин проходка стволу під відстійник повинна бути обмежена величиною 0,5-1м, або буріння необхідно вести на скид.

4. Найбільш ефективними для обладнання високодебітних свердловин великого діаметра є фільтри гравійного типу. Польовими дослідженнями підтверджено, що мінімальний гідравлічний опір мають фільтри-каркаси з водоприйомною поверхнею з дротової обмотки зі шпарністю більше 25-30 відсотків. Дані конструкції можуть бути рекомендовані для обладнання високодебітних свердловин /з витратою більше 150-200 м³/год/. Для відбору води із свердловин з дебітом до 100-150 м³/год, як водоприйомна поверхня може застосовуватись штампований лист із нержавіючої сталі з відкритими щілинами, або щілинами типу "Міст" зі шпарністю 20-30 відсотків. Ефективним є застосування щілинних кільцевих полімерних фільтрів.

5. При проектуванні свердловин /виборі довжини і діаметра каркасу фільтра/ в водоносних горизонтах потужністю до 10 м доцільно встановлювати фільтри на повну потужність пласта. Для свердловин з більшою довжиною каркасу запропонована методика його розрахунку, вихідним положенням якої є недопущення турбулентного режиму фільтрації в прифільтровій зоні. Діаметр буріння свердловин визначають виходячи з розрахованого діаметра каркасу і товщини контура обсіпки 150-200 мм, що забезпечує її тривалу і сталу роботу. Діаметр надфільтрових труб вибирають виходячи з умов встановлення необхідного насосного /водопідійомного/ обладнання.

6. Стала робота свердловин без піскування забезпечується при застосуванні однорідного гравію з коефіцієнтом мішаруватості 8+15. Досліджено розшарування гравію неоднорідного складу при обладнанні гравійно-засипних фільтрів свердловин великого діаметра. Сформульовано рекомендації щодо підбору гравійних обсыпок неоднорідного складу з урахуванням розшарування гравію. Розроблено технологію створення гравійних обсыпок з одночасною відкачкою із свердловин, яка ґрунтується на утриманні в кільцевому зазорі між стволом свердловини і каркасом фільтру, надфільтровими трубами швидкостей руху суміші гравій-вода, що перевищують швидкість утрудненого осаджування часток.

7. Досліджені питання сумарного виносу часток / при використанні гравію різного складу/ в процесі освоєння свердловин великого діаметра. Встановлено, що при застосуванні однорідного гравію і мішарових коефіцієнтах 4-10 сумарний виніс часток із прифільтрової зони при прокачці складає 0,25 - 1 відсоток загального об'єму засипаного гравію. У випадку використання обсыпки з коефіцієнтом неоднорідності 4-6 виніс досягає 5-17 відсотків від загальної кількості засипаної гравійної суміші. При проектуванні свердловин великого діаметра і використанні неоднорідного гравію його резерв над фільтром повинен складати 20 відсотків загального об'єму обсыпки.

8. Досліджена і розроблена ефективна технологія освоєння свердловин великого діаметра. Поінтервальна прокачка, з ґрунтування на нерівномірному притоку води по довжині фільтру, з максимальними вхідними швидкостями фільтраційного потоку поблизу всосу водовідбірних засобів, повинна бути обов'язковим елементом при освоєнні свердловин. Вона не тільки зменшує гідравлічні опори в прифільтрових зонах, але і збільшує гряземісткість фільтру, що об'єктивно призводить до збільшення строку служби свердловин.

9. Виконані дослідження інтенсифікації водовідбору із свердловин великого діаметра в зв'язку з нерівномірністю притоку води по довжині фільтрів дозволили розробити нові двоколонні конструкції і конструкції з фільтрами батарейного типу. Розроблена і перевірена в польових умовах технологія їх спорудження при водовідборі із пластів обмеженої потужності, пластів великої потужності з забезпеченням більш рівномірного навантаження по довжині фільтрів. Запропоновані конструкції особливо ефективні для покриття пікових навантажень в системах значного водопостачання і необхідності забезпечення зосередженого відбору великих об'ємів води для ліквідації підтоплення території, осушення будівельних котлованів.

10. Досліджені зміни гідравлічних характеристик свердловин великого діаметра в часі в процесі експлуатації. Розроблені рекомендації по використанню каркасів фільтрів різних типів.

11. Дослідження перспективних напрямків для покращення техніко-економічних показників спорудження свердловин великого діаметра на воду показує, що в недалекому майбутньому значна частина робіт буде виконуватись установками шлангокабельного буріння методом прямої і зворотної промивки. Наведена технічна характеристика легкої установки шлангокабельного буріння на воду, макет якої виготовляється в Черкаській гідрогеологічній експедиції Держводгоспу України.

Отримані результати теоретичних, лабораторних, дослідно-конструкторських і польових досліджень свідчать про наявність великих резервів в покращенні техніко-економічних показників при спорудженні свердловин на воду. Впровадження навіть частини з них в практику робіт забезпечують отримання значного економічного ефекту.

ОСНОВНІ ОПУБЛІКОВАНІ РОБОТИ АВТОРА ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Бурение скважин роторным способом с обратной промывкой для целей водоснабжения и водопонижения. Опыт бурения артезианских скважин СС. №1, Кишинев, 1968 /соавтор А.Я.Нищименко/
2. Опыт скоростного бурения водозаборных скважин большого диаметра. Разведка и охрана недр № 11, 1968 /соавторы: В.М.Гаврилко, А.Я.Нищименко/.
3. Опыт бурения водопонизительных скважин большими диаметрами с обратной промывкой Минводхоз СССР. Технологическое совещание по вертикальному дренажу. М., 1968 /соавтор А.Я.Нищименко/.
4. Опыт работ горизонтальных и вертикальных дренажей водохранилищ Днепровского каскада. Труды совещания по изучению берегов водохранилищ и вопросов дренажа в условиях Сибири. Новосибирск, 1969 /соавторы: И.А.Скабалланович, А.Я.Нищименко/.
5. Режим работы скважин, противofильтрационных завес и его регулирование в процессе эксплуатации. Труды совещания по изучению берегов водохранилищ и вопросов дренажа в условиях Сибири. Новосибирск, 1969г.
6. Технология бурения и оборудования скважин, проходимых роторным способом с обратной промывкой. Использование подземных вод /материалы семинара/, М., 1969г. /соавтор А.Я.Нищименко/.
7. Рекомендации по бурению скважин большого диаметра роторным способом с обратной промывкой, ВНИИ Водгео, М.6 1970 /соавторы: В.М.Гаврилко, Н.Д.Бессонов, А.Я.Нищименко/.
8. Рекомендации по бурению скважин большого диаметра роторным способом с обратной промывкой /издание второе/. ВНИИ Водгео М., 1972 /соавторы: В.М.Гаврилко, Н.Д.Бессонов, А.Я.Нищименко/.
9. Оценка эффективности и условия эксплуатации береговых дренажей Днепровских водохранилищ. Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии Украины. Выпуск 3. Недр, М., 1971г. /соавторы: И.А.Скабалланович, А.Я.Нищименко/.

10. Расслоение гравия при устройстве гравийно-обсыпных фильтров в скважинах большого диаметра. Труды ВНИИ Водгео, выпуск 31, М., 1971 г.

11. Оценка изменения фильтрационных свойств призабойных зон скважин при различных способах их бурения и освоения. Труды ВНИИ Водгео, выпуск 35, М., 1972 г. /співавтор В.С.Алексеев /.

12. Исследование влияния технологии вскрытия водоносного пласта при бурении с обратной промывкой на гидравлические показатели прифилтровых зон скважин. Труды ВНИИ Водгео, выпуск 38, М., 1972 г.

13. Зміна гідрогеологічних умов в узбережній зоні водосховищ Дніпровського каскаду. Методика і результати стаціонарних спостережень за інженерно-геологічними і гідрогеологічними процесами в зоні впливу водосховищ УРСР. "Знання", К., 1973р. /співавтор А.А.Мигловський /.

14. Дослідження, спорудження та освоєння свердловин великого діаметра, обладнаних фільтрами гравійного типу. Методика і результати стаціонарних спостережень за інженерно-геологічними та гідрогеологічними процесами в зоні впливу водосховищ УРСР. "Знання", К., /співавтор І.М.Кринько /.

15. Організація і результати спостережень за заростанням фільтрів та прифилтрових зон свердловин вертикальних дренажів на Каховському водосховищі. Методика і результати стаціонарних спостережень за інженерно-геологічними і гідрогеологічними процесами в зоні впливу водосховищ УРСР. "Знання", К., 1973р.

16. Рациональная технология прокачування свердловин, обладнаних фільтрами гравійного типу. Методика і результати стаціонарних спостережень за інженерно-геологічними та гідрогеологічними процесами в зоні впливу водосховищ УРСР. "Знання", К., 1973р.

17. Восстановление производительности водозаборных скважин. УкрНИИТИ, инф. листок №42, К., 1973 г.

18. Сооружение скважин большого диаметра на объектах Минводхоза УССР. Всесоюзная школа передовых методов труда по бурению скважин большого диаметра с обратной промывкой. М., 1973 г.

19. Исследование эффективности полнтервальных прокачек скважин большого диаметра. ВИЭС, экспресс информация, серия УИ, в.1. М., 1974 /соавторы: В.С.Алексеев, В.Т.Гребенников, А.С.Соколов/.

20. Сооружение высокодебитных водозаборных и дренажных скважин. М., Колос, 1974 /соавторы: В.М.Гаврилко, В.С.Алексеев, А.Я.Гуркин, Н.Д.Бессонов/.

21. Исследование, освоение и эксплуатация скважин большого диаметра, оборудованных фильтрами гравийного типа. Материалы республиканского семинара-совещания "Передовой опыт проектирования и сооружения скважин на воду", К., 1975 г.

22. А.с. 1448002. Водозаборная скважина, 1987, /БИ №48, 1988/.

23. Экономическая технология ликвидации скважин. Мелiorация и водное хозяйство №2, 1989 (соавторы: В.В.Верстов, В.И.Садовников/.

24. Технология электровибротеплохимической обработки водозаборных скважин. УкрНИИТИ, инф.листок № 78-49 /соавторы: Л.Ф.Патрашин, В.А.Чуриков, П.П.Школьный/.

25. Исследования гидравлических характеристик и параметров колымака дренажных скважин большого диаметра. Труды ВНИИ Водгос. Инженерная защита территорий. М., 1982 /соавторы: В.С.Алексеев, Г.М.Коммунар/.

26. Расчет диаметра каркаса фильтра скважин на воду. ЦЕНТИ. Водохозяйственное строительство. М., № 12, 1990 г.

27. Новое в проектировании, сооружении и освоении скважин большого диаметра на воду. ЦЕНТИ Минводхоза СССР, М., в.5, 1989 г.

28. Состояние и перспективы создания инфильтрационных водозаборов на побережье днепровских водохранилищ, АН УССР, ИГи. Влияние водохозяйственных мероприятий на гидрогеологические условия и защита окружающей среды, К., 1982 г.

29. А.с. 1477855 Водозаборная скважина ГИ № 16, 1989 г.

30. Использование водоносных горизонтов малой мощности и малой водопроводимости для сельскохозяйственного водоснабжения. Научно-техническая конференция. Достижения научно-технического прогресса - в проекты мелiorативного строительства, К., 1986 г.

31. Новые конструкции скважин для водоснабжения и вертикального дренажа. Научно-техническая конференция "Достижения научно-технического прогресса - в проекты мелиоративного строительства. К., 1986.

32. Рациональная технология эксплуатации скважин на воду. Научно-техническая конференция "Достижения научно-технического прогресса - в проекты мелиоративного строительства. К., 1986г.

33. Перспективы расширения водоснабжения крупных населенных пунктов Приднепровья за счет создания мощных инфильтрационных водозаборов. АН УССР. Выявление закономерностей и прогнозирование условий формирования и рационального использования ресурсов подземных вод. К., 1981. /соавторы: Крыжановский Л.С., Малая О.В. Пугач С.Л., Рыбин В.Ф./.

34. Технология сооружения двухколонных конструкций скважин. ЦБНТИ Госкомперна "Водстрой" В.8 М., 1991г.

35. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. СНиП 2.06.15-85, М., 1986 /колл.авторов/.

36. А.С. 1735513 Водозаборная скважина БИ № 19, 1992.

37. А.С. Водозаборная скважина В.И. № 12, 1992г.

38. А.С. 1719411 Полимерная композиция. БИ № 10, 1992 /соавторы: В.В.Ефанова, С.А.Лях, Р.А.Веселовский, О.А.Дехтяр/.

AB 29.310

AB 29.310