

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Кафедра фундаментальної та прикладної геології

Методичні рекомендації
по проведенню практичних робіт
по дисципліні:
«Розробка родовищ підземних вод»

Укладач: Тищенко І.І.

Харків-2024

Вступ

Методичні рекомендації з проведення практичних робіт з дисципліни «Розробка родовищ підземних вод» розроблені з метою забезпечення ефективного засвоєння студентами теоретичних знань та формування практичних навичок у галузі дослідження, експлуатації та управління родовищами підземних вод.

У сучасних умовах, коли підземні води є стратегічним ресурсом для питного водопостачання, сільського господарства та промисловості, фахівці з гідрогеології та інженерії водокористування повинні володіти актуальними методами оцінки запасів, проектування водозахватних споруд та моніторингу експлуатації водоносних горизонтів.

Дані рекомендації містять опис практичних робіт, які допоможуть студентам:

- ознайомитися з методами дослідження параметрів водоносних шарів;
- опанувати методику розрахунку запасів підземних вод;
- навчитися аналізувати режим експлуатації свердловин;
- розглянути питання охорони підземних вод від забруднення та виснаження.

Методичні рекомендації базуються на чинних нормативних документах, сучасних наукових дослідженнях та практичному досвіді експлуатації родовищ.

Виконання запропонованих практичних завдань сприятиме підготовці кваліфікованих фахівців, здатних вирішувати актуальні завдання у сфері раціонального використання підземних вод.

Очікуваний результат:

Після опрацювання матеріалів студенти зможуть:

- проводити гідрогеологічні розрахунки;
- проектувати ефективні системи водозабору;
- аналізувати технологічні та екологічні ризики.

Методичні рекомендації розроблено з урахуванням вимог сучасних освітніх стандартів та на основі актуальних нормативних документів (ДСТУ, СНиП, директиви ЄС).

Актуальність методичних рекомендацій обумовлена зростаючою потребою у кваліфікованих фахівцях, які володіють сучасними методами дослідження, експлуатації та управління ресурсами підземних вод. В умовах зміни клімату та зростання антропогенного навантаження на навколишнє середовище раціональне використання підземних вод стає одним із ключових завдань у сфері водогосподарської діяльності.

Методичні рекомендації призначені для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальностями, пов'язаними з гідрогеологією, інженерною геологією, водопостачанням та водоочисткою.

Практична робота № 1. «Загальні відомості».

В процесі вивчення дисципліни «Розробка родовищ підземних вод» важливе значення має правильне розуміння ключових термінів, що стосуються гідрогеології, експлуатації водоносних горизонтів та управління водними ресурсами.

Метою даної практичної роботи є закріплення теоретичних знань шляхом визначення основних понять, пов'язаних із родовищами підземних вод. У ході виконання завдання необхідно заповнити **таблицю 1.1**, в якій наведено перелік термінів та їх короткі визначення.

Завдання:

1. Ознайомитися з переліком термінів.
2. Використовуючи конспект лекцій, рекомендовану літературу та нормативні документи, сформулювати чіткі та лаконічні визначення кожного поняття.
3. Заповнити таблицю, дотримуючись наукової точності та відповідності сучасним стандартам.

«Основні терміни та їх визначення»

Таблиця 1.1.

Термін	Визначення
Загальні поняття	
Бурова свердловина	
Буріння свердловини	Виконання комплексу заходів, внаслідок яких створюється свердловина*
Глибина свердловини	
Діаметр свердловини	
Вибій свердловини	
Закриття свердловини	
Керн	
Консервація свердловини	
Конструкція свердловини	

Ліквідація свердловини	
Вісь свердловини	
План свердловини	
Профіль свердловини	
Спорудження свердловини	
Стовбур свердловини	
Стінки свердловини	
Траса свердловини	
Поглиблення свердловини	
Гирло свердловини	
Шлам	
Основні способи буріння	
Безкернаве буріння	
Буріння з продуванням	
Буріння з промиванням	
Вибухоударне буріння	
Вібраційне буріння	
Обертальне буріння	
Гідродинамічне буріння	
Колонкове буріння	
Механічне буріння	
Пневмоударне буріння	
Роторне буріння	
Термічне буріння	
Турбінне буріння	
Ударне буріння	
Ударно-канатне буріння	
Шнекове буріння	
Бурові установки та машини.	
Бурова вежа	
Бурова установка	
Буровий агрегат	
Буровий насос	
Буровий верстат	
Буровий інструмент	
Бурильна колона	
Бурильна свічка	
Буровий інструмент	
Бурове долото	
Буровий снаряд	

<i>Провідна труба</i>	
<i>Желонка</i>	
<i>Колонковий набір</i>	
<i>Породоруйнівний інструмент</i>	
<i>Технологічний інструмент</i>	
<i>Ударна штанга</i>	
<i>Ударне долото</i>	
<i>Обважнена бурильна труба</i>	
<i>Шнек</i>	
Допоміжний інструмент	
<i>Аварійний інструмент</i>	
<i>Башмак обсадних труб</i>	
<i>Допоміжний інструмент</i>	
<i>Кондуктор</i>	
<i>Напрямна труба</i>	
<i>Обсадна колона</i>	
<i>Випереджальна колона</i>	
<i>Потайна колона</i>	
<i>Трубна муфта</i>	
<i>Трубний ніпель</i>	
<i>Ходова колона</i>	
<i>Експлуатаційна колона</i>	
Спорудження свердловин	
<i>Буріння із навантаженням</i>	
<i>Забурювання свердловини</i>	
<i>Окружна швидкість породоруйнівного інструменту</i>	
<i>Осьове навантаження на породоруйнівний інструмент</i>	
<i>Оптимальний режим буріння</i>	
<i>Пророблення свердловини</i>	
<i>Витрата очисного агента</i>	
<i>Розширення свердловини</i>	
<i>Раціональний режим буріння</i>	
<i>Спеціальний режим</i>	

буріння	
Технологічний режим буріння	
Питоме навантаження на породоруйнівний інструмент	
Число обертів бурового снаряда	
Чищення свердловини	
Промивання та продування свердловин	
Аерований розчин	
Глинистий розчин	
Місцева циркуляція рідини для промивання	
Зворотнє промивання свердловини	
Очисний агент	
Промивання свердловини	
Пряме промивання свердловини	
Продування свердловини	
Привибійна циркуляція рідини для промивання	
Промивна рідина	
Обважнений розчин	
Кріплення та тампонування свердловин	
Кріплення свердловин	
Ліквідаційне тампонування	
Тампонування свердловин	
Цементування свердловин	
Ліквідація аварій та ускладнень	
Аварія у свердловині	
Зашламування у свердловині	
Ловильні роботи у свердловині	
Ускладнення у свердловині	

Поглинання рідини для промивання	
Розбурювання	
Фрезерування у свердловині	
Буріння спрямованих свердловин	
Природне викривлення у свердловині	
Викривлення свердловини	
Штучне викривлення свердловини	
Штучний забій	
Напрямок буріння	

**- Приклад заповнення таблиці.*

Виконання цієї роботи допоможе систематизувати базові знання, необхідні для подальшого вивчення методів розвідки, оцінки запасів та експлуатації підземних вод.

Практична робота 2. «Умовні позначення та одиниці виміру.

В процесі дослідження та експлуатації родовищ підземних вод важливу роль відіграє правильне використання стандартних позначень та одиниць вимірювання фізичних величин. Це забезпечує однозначність інтерпретації даних, спрощує проведення розрахунків та дозволяє уникнути помилок у проектуванні водозахватних споруд.

Мета роботи:

- Закріпити знання основних фізичних величин, що використовуються у гідрогеології.
- Навчитися правильно застосовувати умовні позначення та одиниці виміру відповідно до міжнародних (SI) та галузевих стандартів.
- Скласти таблицю відповідностей між величинами, їх позначеннями та одиницями виміру.

Завдання:

1. Вивчити рекомендовану літературу та нормативні документи щодо позначень та одиниць виміру.
2. Заповнити таблицю 2.1. відповідностей величин і одиниць виміру.
3. Перевірити відповідність заповнених даних сучасним стандартам.

Таблиця 2.1.

Найменування величин	Літерні позначення у формулах та на схемах	Одиниці виміру	
		найменування	Позначення
1	2	3	4
Водовіддача глинистого розчину статична	В	кубічний сантиметр	см ³
Водоцементне відношення			
Висота каверни безфільтрової свердловини			
Висота склепіння обвалу покрівлі безфільтрової свердловини			
Висота підйому цементного розчину в затрубному просторі			
Вихідна швидкість фільтрації			
В'язкість динамічної рідини для			

промивання			
Геометрична висота підйому води насосом			
Гідростатичний опір води у водоносному шарі			
Глибина зниження ерліфту			
Глибина зниження рівня води у свердловині			
Глибина від поверхні землі до динамічного рівня води у свердловині			
Глибина свердловини			
Тиск бурового насоса, необхідний для продавлювання цементного розчину в рідині для промивання при цементуванні свердловини			
Дебіт свердловини			
Діаметр башмака внутрішній			
Діаметр башмака зовнішній			
Діаметр бурильної труби внутрішній			
Діаметр бурильної труби зовнішній			
Діаметр зерен водоносного ґрунту відсотковий			
Діаметр зерен завантаження гравійного фільтра відсотковий			
Діаметр муфти внутрішній			
Діаметр муфти зовнішній			
Діаметр ніпеля внутрішній			
Діаметр ніпеля зовнішній			
Діаметр обсадної труби внутрішній			
Діаметр обсадної труби зовнішній			
Діаметр свердловини кінцевий			
Діаметр свердловини початковий			
Діаметр ударної штанги			
Діаметр обтяженої труби внутрішній			
Діаметр обтяженої труби зовнішній			
Діаметр фільтра внутрішній			
Діаметр фільтра зовнішній			
Довжина водоприймаючої частини свердловини			

Довжина робочої частини фільтра			
Довжина фільтра загальна			
Зазор між тарілками гравітаційного фільтра			
Кольматаж глинистого розчину (товщина глинистої кірки)			
Концентрація глинистого розчину			
Коефіцієнт фільтрації водоносного ґрунту			
Маса бурового снаряду			
Маса долота			
Маса одного погонного метра труби			
Маса ударної штанги			
Модуль пружності бурильних труб			
Потужність насосного агрегату			
Об'єм каверни безфільтрової свердловини			
Об'єм рідини для промивання для продавлювання цементного розчину при цементуванні свердловини			
Об'єм цементного розчину для цементування свердловини			
Окружна швидкість породоруйнівного інструменту при обертальному бурінні			
Осьове навантаження на породоруйнівний інструмент			
Площа бічної поверхні безфільтрової свердловини			
Пористість водоносного ґрунту			
Пористість фільтра			
Втрати напору у напірному трубопроводі			
Втрати напору у всмоктувальному трубопроводі			
Граничний гідравлічний ухил			
Тривалість закачування глинистого розчину під час цементування свердловини			
Тривалість закачування цементного розчину під час цементування свердловини			

Тривалість тампонування свердловини			
Радіус каверни безфільтрової свердловини			
Розмір прохідних отворів фільтра			
Розмір частинок водоносного ґрунту			
Різниця в діаметрах суміжних колон обсадних труб			
Відстань від поверхні землі до водоупору			
Відстань від поверхні землі до покрівлі водоносного пласта			
Швидкість поглиблення свердловини механічна			
Швидкість поглиблення свердловини технічна			
Швидкість поглиблення свердловини загальна			
Швидкість поглиблення свердловини повна			
Вміст піску в глинистому розчині			
Стабільність глинистого розчину			
Статичний шар води у свердловині			
Статичний рівень води у свердловині			
Статична напруга зсуву глинистого розчину			
Товщина водоносного пласта			
Товщина стінки бурильної труби			
Товщина стінки обсадної труби			
Товщина фільтра			
Кут внутрішнього тертя породи			
Кут природного откосу водоносного ґрунту			
Кут кривизни свердловини			
Питома густина води			
Питома щільність водоносного ґрунту			
Питома густина глинистого розчину			
Питома щільність ґрунту покрівлі			

Питома щільність цементу			
Питомий дебіт свердловини			
Число оборотів долота в одиницю часу			
Число колон обсадних труб			
Число ударів долота по вибою свердловини в одиницю часу			

Виконання цієї роботи сприятиме точній роботі з гідрогеологічними даними та формуванню навичок правильного оформлення технічної документації.

Рекомендації:

- Використовуйте актуальні державні стандарти (ДСТУ, ISO) та навчальні матеріали.
- Звертайте увагу на розмірність величин у різних системах вимірювання.
- Обговоріть результати у групі для уточнення спорядних моментів.

Практична робота № 3. ПРОЕКТУВАННЯ СВЕРДЛОВИННОГО ВОДОЗАБОРУ.

Свердловинні водозабори є основним способом видобування підземних вод для господарсько-питного та промислового водопостачання. Грамотне проектування таких споруд вимагає комплексного підходу, що враховує гідрогеологічні умови родовища, техніко-економічні показники та вимоги до якості води.

Мета роботи:

- Опанувати методику розрахунків основних параметрів свердловинного водозабору.
- Навчитися визначати продуктивність свердловини, конструкцію фільтра та глибину його закладення.
- Закріпити навички проектування водозабірних споруд з урахуванням нормативних вимог.

Актуальність роботи:

Проектування ефективного водозабору дозволяє забезпечити стабільне водопостачання при мінімальних експлуатаційних витратах. Виконання цієї роботи дасть студентам практичні навички, необхідні для майбутньої професійної діяльності.

Приклад вихідних даних для розрахунків:

- Продуктивність водоносного горизонту.
- Глибина залягання підземних вод.
- Необхідний дебіт водозабору.

Очікувані результати:

- Технічний розрахунок параметрів свердловини.
- Креслення конструкції водозабору.
- Обґрунтування прийнятих проектних рішень.

Робота виконується індивідуально з подальшим захистом результатів.

Початкові дані для проектування

Склад вихідних даних при реальному проектуванні визначається залежно від стадії проектування.

Для проектних робіт потрібні три групи вихідних даних:

- а) технічне завдання, у якому зазначається склад водоспоживачів, місця їх розміщення, вимоги до якості води;
- б) топографічні карти та плани різних масштабів;
- в) відомості про наявність підземних вод для використання за різним призначенням. Якщо таких даних немає, проектна організація видає завдання геологічним організаціям на розвідку підземних вод.

Крім перерахованих вище, при розробці проектів, вихідними є такі матеріали:

- а) дані про розвідку підземних вод у районі розміщення водоспоживачів
- б) дозвіл на використання підземних вод, отриманий замовником відповідно до вимог пункту 1.4 ;
- в) топографічний план ділянки майбутнього водозабору;
- г) матеріали для оцінки можливих змін якості підземних вод під впливом природних та механічних факторів;
- д) відомості про можливий вплив відбору підземних вод на екологічні та гідромеліоративні умови прилеглої до водозабору;
- е) характеристики фізико-механічних та водних властивостей ґрунтів, агресивності середовища, в якому будуть знаходитися водозабірні споруди;
- ж) відомості про місцеві будівельні матеріали, їх запаси та якість.

Вибір вихідних даних для навчального проектування

Для виконання практичних завдань кожному студенту пропонується індивідуальний варіант, що є двозначним числом. (таблиця 11). За другою цифрою варіанта приймаються показники якості води у водоносних пластах та характеристики водоносних горизонтів (таблиці 12, 13, 14).

Для побудови геологічного розрізу пропонують вихідні дані для дев'яти пластів, три з яких є водоносними. По таблиці 1 підбираються варіанти відомостей про кожен шар. Ці відомості приймаються за таблицею 9.

Відомості про пласти геологічного розрізу

Номер Пласта	Варіант завдання (перша цифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Варіант пласта									
1	4	3	1	2	1	1	2	4	2	3
2	1	1	4	2	2	2	3	3	1	4
3	2	3	3	4	4	3	1	4	2	1
4	2	3	3	4	1	4	2	2	3	1
5	1	2	1	2	3	3	3	4	4	1
6	3	3	4	2	1	4	4	1	3	2
7	3	1	3	4	2	1	4	2	1	2
8	3	3	3	4	4	1	1	2	2	3
9	1	1	3	4	4	1	1	2	2	3

Відомості про пласти геологічного розрізу

Номер пласта	Варіант пласта	Найменування гірських порід	Потужність пласта
1	2	3	4
1	1	Рослинний шар	4
	2	Рослинний шар	2
	3	Пісок	1
	4	Пісок	4
2	1	Глина	30,4
	2	Конгломерат	41,2
	3	Піщаник	44,7
	4	Суглинок	29,6
3	1	Пісок водоносний	17,7
	2	Пісок водоносний	18,9
	3	Пісок водоносний	22,4
	4	Пісок водоносний	20,5
4	1	Конгломерат	15,7
	2	Піщаник	21,4
	3	Суглинок	37,8
	4	Суглинок	29,7
5	1	Піщаник	20,2
	2	Глина	22,6
	3	Крейда	31,1
	4	Піщаник	41,2
6	1	Пісок водоносний	23,0
	2	Пісок водоносний	26,9
	3	Пісок водоносний	27,6
	4	Пісок водоносний	31,8
7	1	Суглинок	16,8
	2	Конгломерат	41,6
	3	Глина	18,9
	4	Крейда	54,5
8	1	Пісок водоносний	42,8
	2	Пісок водоносний	24,6
	3	Пісок водоносний	16,2
	4	Пісок водоносний	31,4
9	1	Суглинок	17,9
	2	Конгломерат	24,7
	3	Крейда	30,4

Таблиця 11

Загальні дані для проектування

Найменування показників	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Середньодобова водопотреба Q _{ср.сут.} , м ³ /сут	950	1200	1000	1250	1050	800	1100	850	1150	900
Час роботи водопідйомника протягом сут. Т, година.	16	22	18	24	20	20	22	18	24	16
Абсолютна позначка гирла свердловини, м	205	365	225	45	405	85	285	125	325	165
Позначка, на яку потрібно подати воду, м	220	385	241	55	422	96	303	138	344	179

Таблиця 12

Показники якості води та характеристики водоносного піску 1 водоносного горизонту

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Запах та присмак, бали	4	3	1	5	2	1	2	3	3	4
Мутність, мг/л	0	0,7	0,5	1,5	1,8	2,4	2,0	5,0	1,0	3,0
Кольоровість, град	23	26	10	19	23	17	21	42	18	36
Сухий залишок, мг/л	1730	840	730	930	1120	940	1260	1020	1290	650
Загальна жорсткість, мг-екв/л	6,0	8,0	4,1	9,0	6,5	3,7	7,7	9,5	7,0	8,5
До кишеч. паличок в 1л води	1	2	1	4	4	1	1	5	2	1
50% розмір часток водоносного піску	0,5	0,05	1,0	0,1	2,0	1,5	3,0	2,5	4,0	0,8
Коефіц. фільтрації, м/добу	20	19	5	1,5	23	25	17	3,5	27	13
Питомий дебіт, м³/год	0,48	0,33	0,9	0,52	0,43	1,1	0,56	0,46	0,53	0,60
Статич. тиск, м	20	32	41	25	24	39	30	22	34	35

Таблиця 13

**Показники якості води та характеристики водоносного піску
2 водоносного горизонту**

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Запах та присмак, бали	1	2	5	4	1	2	2	2	1	3
Мутність, мг/л	0	0,2	0,5	2,0	1,5	4,5	2,5	0,8	1,0	4,0
Кольоровість, град	11	17	14	26	19	37	25	13	15	21
Сухий залишок, мг/л	1860	900	1230	1050	670	1590	1150	760	950	1810
Загальна жорсткість, мг-екв/л	8,8	6,8	7,7	8,8	7,0	7,5	9,2	6,3	5,1	9,5
До кишеч. паличок в 1л води	3	1	6	3	3	2	4	2	2	4
50% розмір часток водоносного піску	0,5	1,0	0,8	2,0	1,5	3,0	0,1	2,5	0,25	3,5
Коефіц. фільтрації, м/добу	4,5	42	32	7	34	3,2	36	11	14	18
Питомий дебіт, м³/год	0,36	0,8	0,26	0,4	0,85	0,34	0,29	0,95	1,0	0,44
Статич. натиск, м	35	53	30	45	55	28	54	67	59	42

**Показники якості води та характеристики водоносного
піску 3 водоносного горизонту**

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Запах та присмак, бали	1	2	3	1	3	5	1	4	4	2
Мутність, мг/л	0,7	1,4	2,2	0,5	2,5	1,4	0	3,0	1,5	1,0
Кольоровість, град	12	25	28	14	20	24	16	22	22	18
Сухий залишок, мг/л	750	1670	890	800	1180	1180	850	1980	1200	900
Загальна жорсткість, мг-екв/л	5,5	5,0	10,3	6,0	8,5	8,0	6,5	7,5	5,5	4,0
До кишеч. паличок в 1л води	1	1	5	2	4	5	3	3	6	1
50% розмір часток водоносного піску	0,25	4,0	0,5	1,8	1,0	0,7	2,0	1,5	0,9	3,0
Коефіц. фільтрації, м/добу	39	33	5	29	10	15	36	26	20	23
Питомий дебіт, м³/год	1,15	0,26	0,64	1,2	0,36	0,3	1,03	0,23	0,34	0,82
Статич. тиск, м	65	25	40	80	50	30	75	45	35	70

Побудова проектного геолого-технічного розрізу свердловини

Проектування свердловинного водозабору починають із побудови проектного геолого-технічного розрізу. На рис.7 наведено приклад такого розрізу. У графі 1 відкладається вертикальний масштаб. З урахуванням цього масштабу та вихідних даних, прийнятих з таблиці 9 та 10, заповнюються графи 2, 3, 4. У графі 5 глибина підосви – це відстань від поверхні землі до підосви водоносного пласта. У графу 6 записуються абсолютні позначки підосв кожного пласта. У графі 7 геологічний розріз заповнюється з урахуванням умовних позначень, наведених на рис.8. У графі 8, 9, 10 наводяться відмітки статичних рівнів водоносних пластів. Для того, щоб знайти відмітку статичного рівня водоносного пласта, необхідно до абсолютної позначки покрівлі водоносного пласта (або підосви попереднього пласта, що те саме) додати статичний напір пласта (див.

таблиці 12, 13, 14). Графи 11, 12, 13 та 14 заповнюються в процесі конструювання свердловини.

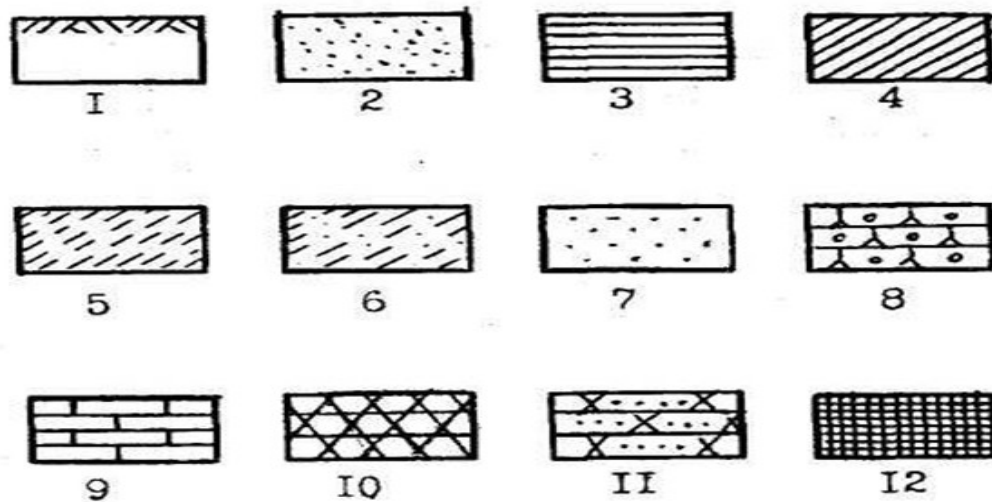


Рис. 3.1. Умовні позначення.

1 – рослинний шар; 2 – пісок; 3 – четвертинна глина; 4 – суглинок; 5 – суглинок лісоподібний; 6 – супісок; 7 – гравій; 8 – конгломерат; 9 – вапняк; 10 – брекчія; 11 – піщаник; 12 – крейда.

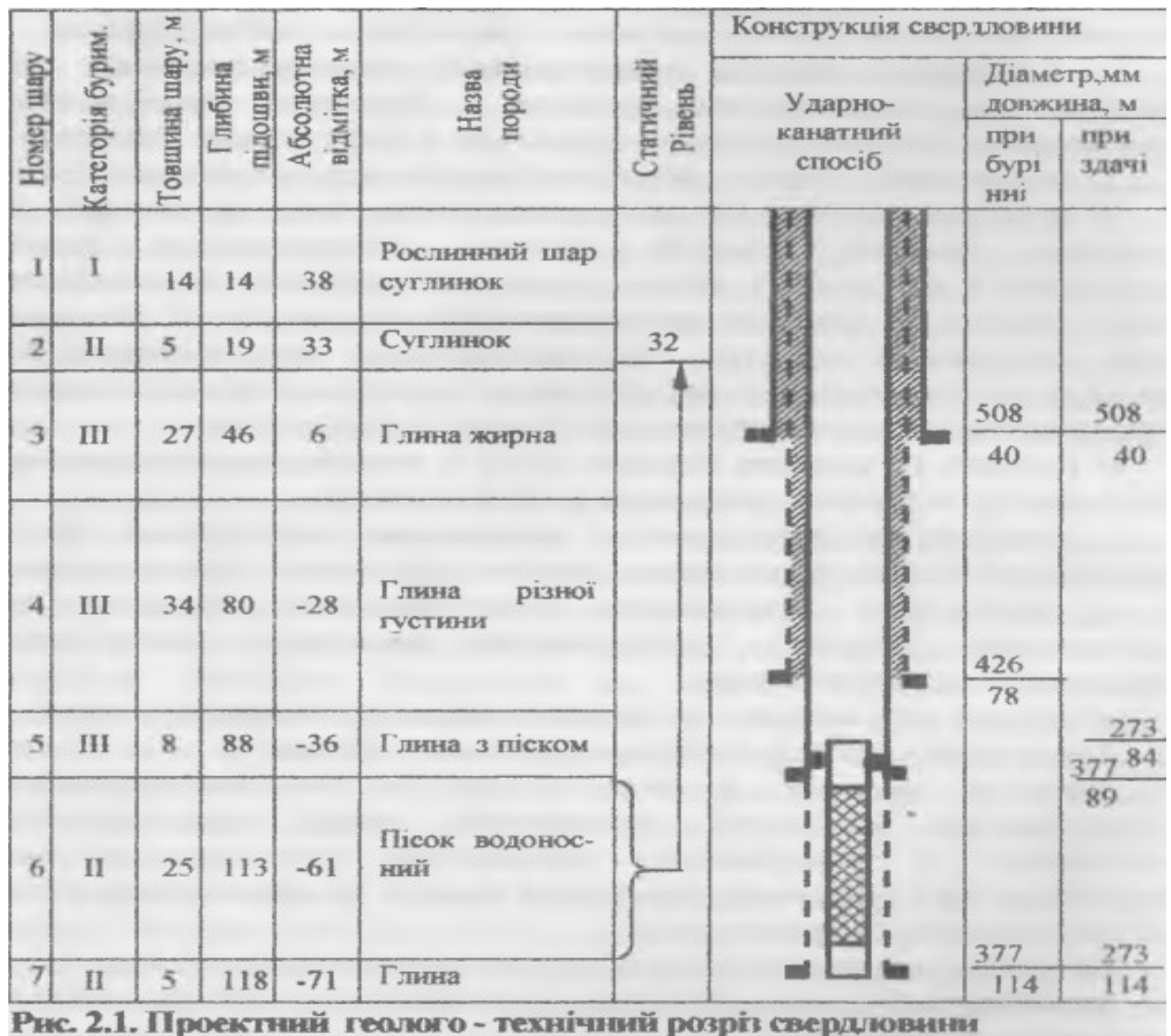


Рис. 3.2. Приклад геолого-технічного розрізу.

Вибір водоносного пласта

Підземні води як джерело водопостачання можуть бути прийняті для проектування у таких випадках:

- якщо запаси підземних вод задовольняють потребу у воді, а при недостатніх запасах-якщо можливе їх збільшення до розрахункової потреби шляхом штучного поповнення;

- якщо якість води задовольняє ДСанПіН 2.2.4-171-10

- якщо якість води при її відхиленні від зазначених державних стандартів може бути доведена до необхідної кондиції засобами обробки, передбаченими ДСанПіН 2.2.4-171-10;

- якщо вода з відхиленням від державних стандартів щодо окремих інгредієнтів свого хімічного складу з дозволу органів охорони здоров'я може бути подана водоспоживачам;
- якщо є можливість створити зону санітарної охорони відповідно до Положення;
- якщо використання підземних вод для водопостачання в кожному конкретному випадку є найбільш економічним у порівнянні з використанням інших джерел (річок, каналів, озер, водосховищ), у тому числі порівняно з можливою подачею води від системи водопостачання, що вже існує в районі;
- якщо незалежно від техніко-економічних міркувань використання підземних вод встановлено спеціальними умовами водопостачання.

Вибір водоносного пласта має проводитися з урахуванням його санітарної надійності та можливості отримання питної води.

Придатність джерела для господарсько-питного водопостачання встановлюється на основі:

- санітарну оцінку умов формування та залягання вод підземного джерела водопостачання;
- санітарної оцінки поверхневого джерела водопостачання, а також прилеглої території вище та нижче водозабору за течією води;
- оцінювання якості та кількості води джерела водопостачання;
- санітарну оцінку місця розміщення водозабірних споруд;
- прогноз санітарного стану джерел.

Залежно від якості води та необхідного ступеня обробки для доведення її до показників ДСанПіН 2.2.4-171-10 водні об'єкти, придатні як джерела господарсько-питного водопостачання, ділять на 3 класи.

1-й клас – якість води за всіма показниками відповідає вимогам ;

2-й клас ДСанПіН 2.2.4-171-10 – якість води має відхилення за окремими показниками вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10, які можуть бути усунені аеруванням, фільтруванням, знезараженням; або джерела з непостійною якістю води, що проявляється у сезонних коливаннях сухого залишку в межах нормативів ДСанПіН 2.2.4-171-10, що потребують профілактичного знезараження;

3-й клас – доведення якості води до в ДСанПіН 2.2.4-171-10 вимог методами обробки, передбаченими у 2-му класі, із застосуванням додаткових – фільтрування з попереднім відстоюванням, використання реагентів тощо. Показники якості води джерел водопостачання наведено у таблиці 15.

Таблиця 15.

Показники якості води джерел водопостачання

Найменування показників	Показники якості води джерела за класами		
	1	2	3
Мутність, мг/дм ³ , трохи більше			
Кольоровість, градуси, не більше	1,5	1,5	10
Водневий показник (рН)	20	20	50
Залізо (Fe), мг/дм ³ , трохи більше	6-9	6-9	6-9
Марганець (Mn), мг/дм ³ , не більше	0,3	10	20
Сірководень (H ₂ S), мг/дм ³ , не більше	0,1	1	2
Фтор (F), мг/дм ³ , трохи більше	Відсутня	3	10
Окислюваність перманганатна мгО/дм ³ , не більше	1,5-0,7	1,5-0,7	5
	2	5	15
Число бактерій групи кишкових паличок (БГКП) в 1 дм ³ , не більше	3	100	1000

Для виконання практичної роботи порівнюються показники якості води кожного водоносного пласта з нормативними вимогами. Після порівняння показників кожного водоносного пласта робиться висновок про необхідність очищення води.

Визначається максимальний можливий дебіт кожного пласта за такою формулою:

$$q = 0.5 \cdot q_0 \cdot H_c, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1)$$

де q_0 - питомий дебіт водоносного пласта, м³/год 1 метр зниження рівня;

H_c - статичний напір водоносного пласта, м.

До кожного водоносного пласта робиться висновок про величину дебіту і можливість забезпечити водоспоживання об'єкта водопостачання.

Складається загальний висновок про можливість експлуатації кожного з обстежених пластів та проводиться вибір експлуатаційного пласта. Якщо за попередніми даними такий вибір неможливий, розглядаються різні можливі варіанти свердловинного водозабору, проводиться техніко-економічне порівняння цих варіантів і робиться остаточний вибір експлуатаційного пласта. За інших рівних умов найбільш підходящим для експлуатації є водоносний пласт, який містить воду найкращої якості, має великий питомий дебіт і розташований ближче до поверхні землі.

Практична робота № 4. « Визначення дебіту досконалої артезіанської свердловини».

Горизонтальні водозабірні споруди (галереї, кяризи, канали тощо) теж можуть бути досконалими та недосконалими, залежно від ступеня розкриття пласта.

Розглянемо найпростіший випадок припливу води до прямокутного в розрізі каналу, що доведений до нижнього водотриву (рис. 4.1).

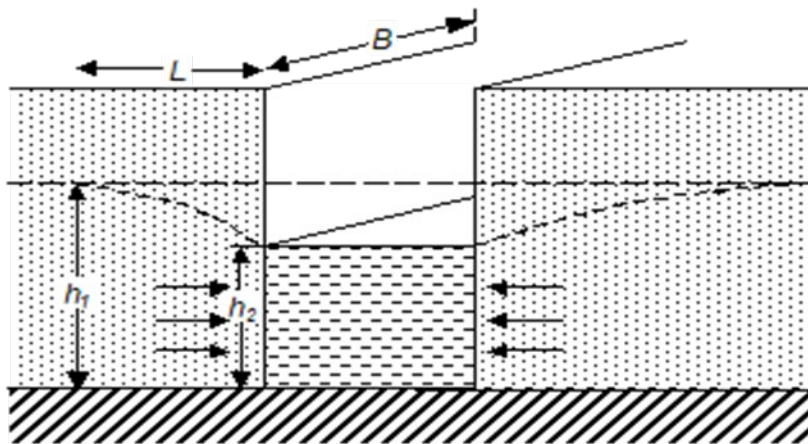


Рис. 4.1. Схема розрахунку притоку води до досконалого каналу:
 h_1, h_2 – відповідно відмітки рівнів ґрунтового горизонту в точці,
де збігаються статичний та динамічний рівні та в каналі,
 B – ширина потоку, L – радіус воронки депресії

Одинична витрата потоку з одного боку каналу визначається за формулою Дюпюї:

$$q = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L}. \quad (4.21)$$

де L – відстань, на яку пошириться зниження рівня ґрунтових вод при роботі водозбірного каналу, з висотою природного рівня цій відстані h_1 :

Якщо довжина каналу B і приплив води до нього відбувається з обох сторін, то загальний приплив підземних вод до каналу становить:

$$Q = Bk \frac{h_2^2 - h_1^2}{L}. \quad (4.22)$$

Дебіт артезіанської свердловини з круговим контуром живлення при горизонтальному заляганні водотриву обчислюється за формулою Дюпюї:

$$Q = \frac{2,73kMS}{\lg \frac{R}{r}} \quad (4.23)$$

З формули (4.23) видно, що основними чинниками, які впливають на дебіт артезіанської свердловини, є коефіцієнт фільтрації k , товщина водоносного горизонту M і пониження рівня води в свердловині S . Зміна радіусу впливу R і радіусу свердловини r позначається на дебіті артезіанської свердловини також дуже мало.

Величини M , S і r визначаються шляхом звичайного вимірювання їх в свердловині. Коефіцієнт фільтрації k визначають, досліджуючи водоносну породу в лабораторії або за наслідками польових дослідно-фільтраційних робіт (відкачки, наливи і нагнітання).

Радіус впливу R визначають на основі вимірювання рівнів води при відкачках в спостережних свердловинах або за допомогою емпіричної формули Зіхарта:

$$R = 3000S\sqrt{k} \quad (4.24)$$

де S – пониження рівня води в свердловині при відкачуванні, м;

k – коефіцієнт фільтрації, м/с.

Аналіз формули (4.23) показує, що між дебітом Q і пониженням S існує лінійна залежність:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{S_2}{S_1} \quad \text{або} \quad Q_2 = Q_1 \frac{S_2}{S_1} \quad (4.25)$$

Проте на практиці визначено, що лінійна залежність між дебітом Q і зниженням рівня S буває тільки при невеликих значеннях пониження S , коли воно не перевищують 30–40 % величини напору H .

Перед виконанням практичної роботи для засвоєння теоретичного матеріалу студенти повинні вирішити кілька практичних задач:

Задача 4.1. Для експлуатації напірного водоносного горизонту з коефіцієнтом фільтрації 20 м/доб запроектовано бетонний колодязь, який має проникне дно. Радіус колодязя дорівнює 0,6 м.

Визначити дебіт колодязя при зниженні рівня води в ньому на 1,5 м.

Задача 4.2. Свердловина експлуатує напірний водоносний горизонт товщиною 15,9 м з коефіцієнтом 8 м/доб. Радіус впливу свердловини дорівнює 200 м. Свердловина має діаметр 254 мм.

Визначити дебіт свердловини при зниженні рівня води в ній на 5 м.

Задача 4.3. Із напірного водоносного горизонту товщиною 10 м проведена відкачка води. Водонасні породи представлені мілкозернистими пісками. При зниженні рівня води в свердловині на 2 м отримано дебіт $120 \text{ м}^3/\text{доб}$. Свердловина має діаметр 203 мм, радіус впливу дорівнює 200 м.

Визначити коефіцієнт фільтрації пісків.

Задача 4.4. Свердловина розкрила напірний водоносний горизонт товщиною 15,5 м. Дебіт свердловини становить $5,6 \text{ м}^3/\text{год}$. Зниження рівня води в спостережних свердловинах становить: в першій – 2,76, а в другій – 0,9 м. Відстань між центральною і першою спостережною свердловинами становить 2 м, між центральною і другою – 25 м.

Визначити коефіцієнт фільтрації порід водоносного горизонту.

За своїм варіантом із табл. 4.1. визначити дебіт досконалої артезіанської свердловини.

Практичну роботу необхідно супроводжувати схемою. Буквенні позначення на ній необхідно замінити числовими значеннями, відповідними варіанту завдання.

Дані для виконання практичної роботи № 3 приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Дані до практичної роботи № 1.

№ варіанту	Абсолютна позначка гірла свердловини м	Глибина залягання, м				Діаметр свердловини мм	Коефіцієнт фільтрації, м/доб
		П'єзомет- ричного рівня	підстави верхнього водогризу	покрівлі нижнього водогризу	динамічного рівня при відкачці		
1	175,3	4,0	7,5	30,0	9,0	305	12,3
2	344,7	3,0	9,0	35,0	5,0	114	5,2
3	80,9	1,0	8,0	32,0	8,5	254	10,1
4	120,2	2,5	7,0	25,0	4,5	152	3,4
5	45,3	1,9	4,0	29,0	0,9	203	6,7
6	230,4	4,3	15,0	48,0	8,3	305	22,1
7	391,4	4,5	9,0	53,0	10,5	114	1,4
8	160,2	2,0	5,0	25,0	4,0	152	9,5
9	197,7	3,2	7,5	31,0	8,2	254	15,8
10	54,5	2,3	3,4	19,0	4,3	203	0,85
11	275,3	4,0	7,5	30,0	9,0	305	2,3
12	214,7	3,0	9,0	35,0	5,0	114	7,2
13	180,9	1,0	8,0	32,0	8,5	254	9,1
14	120,2	2,5	7,0	25,0	4,5	152	5,4
15	245,3	1,9	4,0	29,0	0,9	203	4,7
16	130,4	4,3	15,0	48,0	8,3	305	12,1
17	291,4	4,5	9,0	53,0	10,5	114	16,4
18	145,2	2,0	5,0	25,0	4,0	152	8,5
19	168,7	3,2	7,5	31,0	8,2	254	5,8
20	94,5	2,3	3,4	19,0	4,3	203	2,85
21	375,3	4,0	7,5	30,0	9,0	305	6,3
22	144,7	3,0	9,0	35,0	5,0	114	9,2
23	80,9	1,0	8,0	32,0	8,5	254	10,1
24	185,2	2,5	7,0	25,0	4,5	152	13,4
25	145,0	1,9	4,0	29,0	0,9	203	10,7
26	214,1	4,3	15,0	48,0	8,3	305	2,1
27	315,4	4,5	9,0	53,0	10,5	114	4,4
28	161,8	2,0	5,0	25,0	4,0	152	19,5
29	97,7	3,2	7,5	31,0	8,2	254	13,8
30	154,0	2,3	3,4	19,0	4,3	203	7,85

Практична робота № 5. «Визначення кількості експлуатаційних свердловин».

Ефективне водопостачання населених пунктів та промислових об'єктів неможливе без раціонального розміщення експлуатаційних свердловин. Визначення оптимальної кількості водозабірних споруд є ключовим етапом проектування, оскільки безпосередньо впливає на економічну доцільність та довговічність системи водопостачання.

Мета роботи:

- Опанувати методику розрахунку необхідної кількості експлуатаційних свердловин для забезпечення заданого водоспоживання.
- Навчитися враховувати взаємний вплив свердловин при їх груповому розташуванні.
- Закріпити навички визначення параметрів водозабору з урахуванням гідрогеологічних умов родовища.

Завдання:

1. Провести аналіз гідрогеологічних умов ділянки (потужність водоносного горизонту, коефіцієнт фільтрації, п'єзометричні рівні).
2. Визначити сумарний водовидіб з урахуванням потреби споживача.
3. Розрахувати кількість свердловин, необхідних для забезпечення проектного дебіту.
4. Обґрунтувати схему розміщення свердловин з урахуванням санітарних вимог та взаємного впливу.

Актуальність роботи:

Правильний розрахунок кількості свердловин дозволяє уникнути як недостатнього водозабезпечення, так і надмірних капітальних витрат. Виконання цієї роботи розвиває вміння приймати обґрунтовані інженерні рішення на основі гідрогеологічних розрахунків.

Приклад вихідних даних:

- Необхідний дебіт водозабору ($\text{м}^3/\text{добу}$).
- Продуктивність однієї свердловини ($\text{м}^3/\text{год}$).

- Відстань між свердловинами (м).

Очікувані результати:

- Розрахункова кількість свердловин.
- Схема розташування водозабірних споруд.
- Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень.

Кількість робочих експлуатаційних свердловин, що проектується, визначається за умови забезпечення добової водопотреби об'єкта водопостачання за формулою:

$$n_p = \frac{Q}{t \cdot q_{уд} \cdot S}, \text{ шт.} \quad (2)$$

де Q - добова водопотреба об'єкта водопостачання, м³/доб;

t - число годин роботи свердловини протягом доби;

$q_{уд}$ - питомий дебіт свердловини, м³/год на 1 м зниження рівня води;

S - максимальне зниження рівня води у свердловині при відкачуванні.

У першому наближенні величина максимального зниження рівня води приймається рівною:

$$S = 0,25 - 0,4 \cdot H \quad (3)$$

де H - статичний напір води у водоносному пласті, м.

Остаточна визначається фактична глибина зниження рівня води у свердловині:

$$S_{\phi} = \frac{Q}{t \cdot q_{уд} \cdot n_{раб}} \quad (4)$$

Крім робочих свердловин, до складу у свердловинного обладнання водозабору повинна входити щонайменше одна резервна свердловина ($n_{рез}=1$).

$$\eta = \eta_{\text{раб}} + \eta_{\text{рез}} \quad (5)$$

Таблиця для визначення кількості експлуатаційних свердловин

№ варіанту	Добова потреба (Q), м³/добу	Час роботи (t), год/добу	Питомий дебіт (q), м³/(год·м)	Допустиме зниження (S), м	Дебіт 1 свердловини (Q₀), м³/добу*	Необхідна кількість свердловин (n)**
1	500	12	2.5	8	240	3
2	750	10	3.0	10	300	3
3	1000	8	2.0	12	192	6
4	1200	16	1.8	15	432	3
5	800	14	2.2	9	277.2	3
6	1500	10	3.5	18	630	3
7	600	12	1.5	7	126	5
8	900	8	2.8	11	246.4	4
9	1100	10	2.4	14	336	4
10	1300	12	3.2			

Пояснення до таблиці:

- Формула для дебіту однієї свердловини (Q₀):**

$$Q_0 = q \cdot S \cdot t$$

Приклад для варіанту 1: .

- Формула для кількості свердловин (n):**

$$n = Q / Q_0$$

Округлення завжди в більшу сторону (наприклад, для $n=2.1$ беруть 3 свердловини).

Приклад для варіанту 3: $1000/192 \approx 5.21 \Rightarrow 6$ свердловин.

3. Санітарні вимоги:

Відстань між свердловинами – не менше **50 м** для запобігання взаємному впливу.

Завдання для студентів:

1. Перевірити розрахунки для свого варіанту.
2. Визначити, як зміниться кількість свердловин при:
 - Збільшенні часу роботи tt на 2 год.
 - Зменшенні допустимого зниження SS на 20%.
3. Запропонувати оптимальну схему розміщення свердловин на плані ділянки.

Таблиця дозволяє швидко отримати результат, враховуючи техніко-економічні та гідрогеологічні обмеження. Для глибшого аналізу рекомендується побудувати графіки залежності n від qq , SS або tt .

Примітка: Для варіантів з великим n (наприклад, варіант 3) варто розглянути збільшення SS або вибір більш продуктивного горизонту.

Практична робота № 6. Розрахунок припливу води до горизонтальних водозабірних споруд.

Горизонтальні водозабірні споруди (галереї, кяризи, канали тощо) теж можуть бути досконалими та недосконалими, залежно від ступеня розкриття пласта.

Розглянемо найпростіший випадок припливу води до прямокутного в розрізі каналу, що доведений до нижнього водотриву (рис. 6.1).

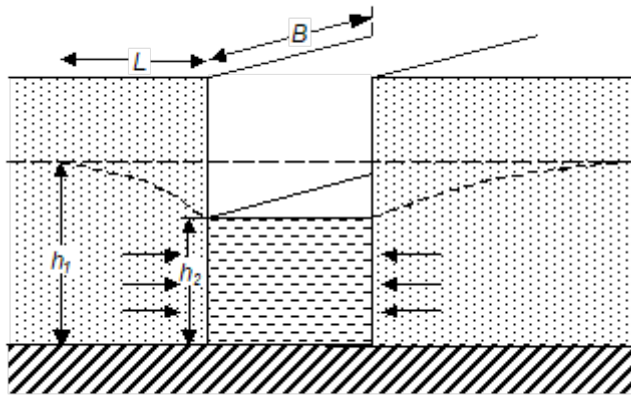


Рис. 6.1. Схема розрахунку притоку води до досконалого каналу:
 h_1, h_2 – відповідно відмітки рівнів ґрунтового горизонту в точці,
де збігаються статичний та динамічні рівні та в каналі,
 B – ширина потоку, L – радіус воронки депресії

Одинична витрата потоку з одного боку каналу визначається за формулою Дюпюї:

$$q = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L}.$$

де L – відстань, на яку пошириться зниження рівня ґрунтових вод при роботі водозбірної каналу, з висотою природного рівня цій відстані h_1 :

Якщо довжина каналу B і приплив води до нього відбувається з обох сторін, то загальний приплив підземних вод до каналу становить:

$$Q = Bk \frac{h_2^2 - h_1^2}{L}.$$

Горизонтальні водозбірні споруди можуть бути заглиблені у водоносний горизонт не на всю товщину. У такому випадку споруди вважаються недосконалими і в розрахункові залежності вводяться спеціальні коефіцієнти.

Вихідні дані для розрахунків

№ варіанту	Довжина водозабору (L), м	Потужність водоносного шару (h), м	Коефіцієнт фільтрації (k), м/добу	П'єзометричний напір (H), м	Глибина води у водозаборі (h ₀), м	Відстань до контуру живлення (R), м
1	50	8	5	12	3	100
2	75	10	7	15	4	150
3	100	12	10	18	5	200
4	60	9	6	14	3.5	120
5	80	11	8	16	4.5	180
6	90	10.5	9	17	4.2	160
7	70	9.5	7.5	15.5	3.8	140
8	55	8.5	6.5	13	3.2	110
9	65	9.8	8.2	16.2	4.1	170
10	85	11.5	9.5			

1. Графічне завдання:

Побудувати залежність QQ від довжини водозабору LL для різних значень kk .

Приклад розрахунку (для варіанту 1):

$$Q=5 \cdot 50 \cdot (122-32)100=5 \cdot 50 \cdot (144-9)100=5 \cdot 50 \cdot 135100=337.5$$

$$\text{м}^3/\text{добу} Q=1005 \cdot 50 \cdot (122-32)=1005 \cdot 50 \cdot (144-9)=1005 \cdot 50 \cdot 135=337.5 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Завдання для студентів:

1. Розрахувати приплив води QQ для свого варіанту.

2. Визначити, як зміниться QQ при:

- Збільшенні kk на 20%.
- Зменшенні RR на 25%.

3. Порівняти результати з вертикальними свердловинами (використовуючи дані з попередніх робіт).

Критерії оцінювання:

- Точність розрахунків (з округленням до 1 м³/добу).
- Аналіз впливу параметрів на продуктивність.
- Висновки щодо ефективності горизонтальних водозаборів.

Примітка: Для реальних умов рекомендується додатково враховувати **анізотропію пласта** (різну проникність у вертикальному/горизонтальному напрямках).

Практична робота № 7. Визначення дебіту досконалої безнапірної свердловини .

Дебіт безнапірної (грунтової) свердловини з круговим контуром живлення при горизонтальному заляганні водотриву обчислюється за формулою Дюпюї:

$$Q = \frac{1,366k(2h - S)S}{\lg \frac{R}{r}} \quad (7.1)$$

З формули (7.1) видно, що основними чинниками, що впливають на дебіт ґрунтової свердловини, є коефіцієнт фільтрації k , товщина водоносного горизонту h і зниження рівня води в свердловині S . Зміна радіусу впливу R і радіусу свердловини r позначається на дебіті свердловини зовсім мало. Це пояснюється тим, що величини R і r входять в розрахункову формулу під знаком логарифма. Збільшення радіусу свердловини в два рази збільшує дебіт її на 11 %, а при збільшенні в три рази дебіт збільшується на 25 %.

Величини h , S і r визначаються шляхом звичайного вимірювання їх в свердловині. Коефіцієнт фільтрації k визначають, досліджуючи водоносну породу в лабораторії, або за наслідками польових дослідно-фільтраційних робіт (відкачки, наливи і нагнітання).

Радіус впливу R визначають на основі вимірювання рівнів води при відкачках в спостережних свердловинах або за допомогою емпіричних формул Кусакіна, Шульце, Козині, Троянівського та ін. (ф-ли 4.114.16).

Перед виконанням практичної роботи № 7 для засвоєння теоретичного матеріалу студенти повинні рішення кілька практичних задач:

Задача 4.5. Визначити радіус впливу ґрунтової свердловини за такими даними: дебіт свердловини становить $8,4 \text{ м}^3/\text{год}$, тривалість відкачки води – 48 год , коефіцієнт фільтрації – $1,2 \text{ м}/\text{год}$, водовіддача – $0,18$.

Задача 4.6. Визначити радіус впливу ґрунтової свердловини за такими даними: дебіт свердловини становить $117,6 \text{ м}^3/\text{доб}$, товщина водоносного горизонту – $14,8 \text{ м}$, коефіцієнт фільтрації – $8,4 \text{ м/год}$, нахил потоку – $0,0017$.

Задача 4.7. Визначити радіус впливу ґрунтової свердловини за такими даними: товщина водоносного горизонту становить $9,4 \text{ м}$, коефіцієнт фільтрації – $0,0002 \text{ м/с}$, водовіддача – $0,19$, тривалість відкачки води – 18 год .

Задача 4.8. Досконала свердловина розкрила ґрунтовий водоносний горизонт товщиною 8 м . При зниженні рівня води в ній на 2 м отримано дебіт $3 \text{ м}^3/\text{год}$. Свердловина має діаметр 203 мм , радіус впливу дорівнює 200 м .

Визначити коефіцієнт фільтрації порід водоносного горизонту.

Задача 4.9. Центральна свердловина розкрила ґрунтовий потік підземних вод товщиною $9,5 \text{ м}$. Радіус центральної свердловини дорівнює 203 мм . Зміну рівня ґрунтових вод контролювали дві спостережні свердловини. Відстань між центральною і першою спостережною свердловинами становить $2,1 \text{ м}$, між центральною і другою – $6,1 \text{ м}$.

Відкачка води проводилася на два ступені зниження рівня води. На першому ступені дебіт центральної свердловини складав $1,6 \text{ м}^3/\text{год}$ при зниженні рівня на 2 м . При цьому відбулося зниження рівня в першій спостережній свердловині на $0,5$, в другій – на $0,2 \text{ м}$.

На другій ступені зниження рівня дебіт центральної свердловини складав $2,77 \text{ м}^3/\text{год}$ при зниженні рівня на $3,1 \text{ м}$. При цьому відбулося зниження рівня в першій спостережній свердловині на $0,82$, в другій – на $0,29 \text{ м}$.

Визначити середнє значення коефіцієнта фільтрації.

За своїм варіантом із табл. 7.1 визначити дебіт ґрунтової свердловини.

Дані для виконання завдання приведені в табл. 7.1

Практичну роботу необхідно супроводжувати схемою притоків води до досконалої ґрунтової свердловини. При цьому буквені позначення на схемі необхідно замінити їх числовими значеннями.

Таблиця 7.1

Дані до практичної роботи 7

№ варіанту	Абсолютна позначка гирла свердловини, м	Абсолютна позначка покрівлі водотриву, м	Глибина залягання статичного рівня ґрунтових вод, м	Пониження рівня води в свердловині, м	Діаметр свердловини мм	Коефіцієнт фільтрації, м/доб
1	2	3	4	5	6	7
1	143,4	123,4	2,5	5,0	114	4,2

Продовження таблиці 4.2

2	150,0	130,6	3,5	7,0	305	21,0
3	95,4	65,4	5,0	6,0	254	14,5
4	304,8	289,8	1,5	3,0	152	5,8
5	85,6	68,6	2,0	4,5	203	31,4
6	135,9	116,9	3,0	6,0	254	15,8
7	415,5	400,5	1,8	3,5	152	22,8
8	121,6	100,6	3,5	7,5	305	50,1
9	56,8	30,8	6,0	9,0	254	25,3
10	295,5	270,5	2,0	5,0	114	1,5
11	243,4	223,4	2,5	5,0	114	5,2
12	150,0	130,6	3,5	7,0	305	11,0
13	195,4	165,4	5,0	6,0	254	24,5
14	204,8	189,8	1,5	3,0	152	15,8
15	85,6	68,6	2,0	4,5	203	21,4
16	35,9	16,9	3,0	6,0	254	5,8
17	115,5	100,5	1,8	3,5	152	2,8
18	121,6	100,6	3,5	7,5	305	40,1
19	56,0	30,0	6,0	9,0	254	35,3
20	285,5	270,5	2,0	5,0	114	1,5
21	143,0	123,0	2,5	5,0	114	7,2
22	130,0	110,2	3,5	7,0	305	31,0
23	85,4	65,0	5,0	6,0	254	4,5
24	104,8	89,8	1,5	3,0	152	25,8
25	65,6	48,6	2,0	4,5	203	11,4
26	235,9	216,9	3,0	6,0	254	35,8
27	215,5	200,0	1,8	3,5	152	12,8
28	121,6	100,6	3,5	7,5	305	30,1
29	76,8	60,8	6,0	9,0	254	22,3
30	185,5	170,5	2,0	5,0	114	6,5

Практична робота № 8. Розрахунок зон санітарної охорони.

Підземні води є стратегічним ресурсом для питного водопостачання, тому їх захист від забруднення – пріоритетне завдання гідрогеологів та інженерів-екологів. Визначення зон санітарної охорони дозволяє запобігти надходженню шкідливих речовин до водоносних горизонтів і забезпечити безпеку водокористування.

Мета роботи:

1. Опанувати методику розрахунку меж ЗСО для свердловинних водозаборів.
2. Навчитися враховувати гідрогеологічні умови та антропогенні фактори при проектуванні охоронних зон.
3. Закріпити навички роботи з нормативними документами (СанПіН, ДСТУ, ДСанПіН).

Актуальність:

- Забруднення підземних вод становить загрозу для здоров'я населення.
- Відсутність правильно розрахованих ЗСО призводить до аварійних ситуацій (наприклад, проникнення стічних вод у водоносний горизонт).
- Виконання вимог санітарного законодавства – обов'язкова умова експлуатації водозаборів.

Для практичних розрахунків ЗСО область захоплення водозабірних споруд схематизується у вигляді прямокутника шириною та загальною довжиною L , причому (див. рис. 3)

Розмір $2d$ приймається рівною максимальної ширині області захоплення водозабору.

Протяжність ЗСО вгору по потоку повинна бути такою, щоб частинки води, віддалені від водозабору на відстань K досягли водозабору лише до кінця розрахункового часу T , що відраховується від початку включення водозабору ($T = T_M$ при розрахунку межі другого пояса ЗСО, $T = T_X$, при розрахунку третього пояса ЗСО).

Відстань R доцільно подати у вигляді

$$R = R_q + \Delta R, \quad (97)$$

де R_q - відстань, що долається частинками води під час руху зі швидкістю природного потоку, питома витрата якого q ;

ΔR - додаткова відстань, яку проходить частка йоди при експлуатації водозабору.

Вниз по потоку підземних вод кордон ЗСО, як правило, проводиться через роздільну точку N . Але в тих випадках, коли відстань від водозабору до точки N велика і час руху частинок води від неї до водозабору більший за розрахунковий час T , положення кордону ЗСО зміщується ближче до водозабору на відстань r від водозабору.

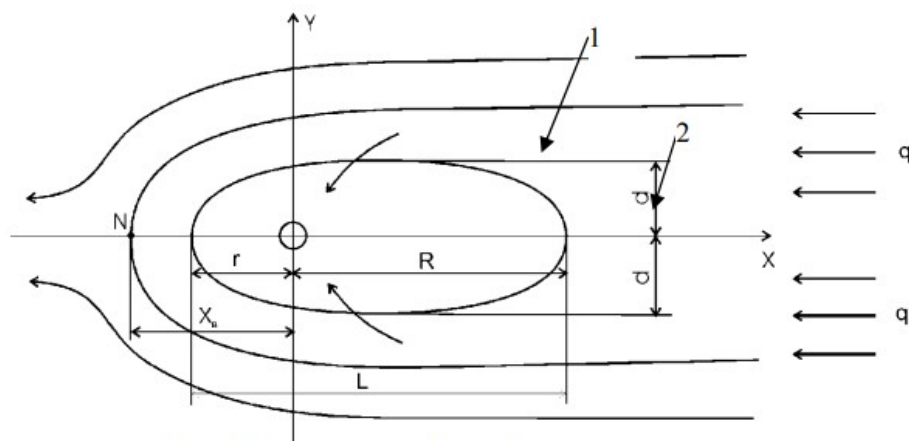


Рис. 3. Схема зони санітарної охорони водозабору

У безнапірних водоносних горизонтах, а також у неглибоких напірних, що залягають пластах, перекритих зверху слабопроникними відкладеннями щодо положення межі другого пояса ЗСО для захисту від мікробного

забруднення в окремих випадках, доцільно враховувати час t_0 просочування забруднених вод по вертикалі до основного експлуатаційного пласта, тобто приймати $T = T_m - t_0$. Якщо $t_0 > T_m$, водоносний обрій захищений від мікробних забруднень.

Величина t_0 приблизно може бути визначена за такими формулами:

а) при малій інтенсивності інфільтрації забруднених вод $\varepsilon (\varepsilon < k_0, k_0$ - коефіцієнт фільтрації порід зони аерації); тобто, коли інфільтрація відбувається неповним насиченням пор водою,

$$t_0 \approx n_0 \cdot m_0 T \sqrt{\varepsilon^2 \cdot k_0} \quad (98)$$

б) при значній інтенсивності інфільтрації $\varepsilon (\varepsilon > k_0)$, тобто, при інфільтрації з повним насиченням пор,

$$t_0 \approx n_0 \cdot m_0 T k_0 \quad (99)$$

в) при дво-трьохшаровій будові водоносної товщі

$$t_0 \approx n_0 \cdot m_0 / (k_0 \Delta H) \quad (100)$$

У формулах (97)-(99) m_0 і n_0 - потужність та активна пористість порід над експлуатованим горизонтом (у випадках "а" і "б" - це породи зони аерації, у разі "в" - породи верхнього слабопроникного шару), ΔH - різниця рівнів води основного експлуатованого і вищележачого живлячого шарів.

Параметри k_0, m_0 і n_0 слід визначати під час розвідки підземних вод. На ранніх стадіях досліджень (вибір водоносного горизонту, ділянки розташування водозабору) за відсутності експериментально визначених значень зазначених параметрів останні приймаються за літературними даними з урахуванням підвищеної водопроникності покривних відкладень та порід зони аерації.

Таблиця параметрів для розрахунку ЗСО водозабору

№ варіанту	Тип водозабору	Продуктивність, Q (м³/добу)	Тип водоносного горизонту	Глибина залягання водоносного шару, Н (м)	Швидкість фільтрації, Vф (м/добу)	Відстань до потенційного джерела забруднення, L (м)	Коефіцієнт фільтрації, Кф (м/добу)	Тривалість експлуатації, Т (роки)
1	Підземний (свердловина)	500	Піщаний	20	1.5	50	10	5
2	Підземний (шахтний колодязь)	200	Гравійний	15	2.0	30	15	10
3	Поверхневий (річка)	5000	-	-	-	100	-	-
4	Поверхневий (озеро)	3000	-	-	-	150	-	-
5	Підземний (свердловина)	1000	Вапняковий					

1. Для підземних джерел (свердловини, колодязі)

- Перший пояс (строгий режим):

Радіус R_1 (м):

$$R_1 = 30 \cdot Q \text{ (для свердловин)} \quad R_1 = 30 \cdot Q \text{ (для свердловин)}$$

або

$$R_1 = 50 \text{ м (для колодязів)} \quad R_1 = 50 \text{ м (для колодязів)}$$

- Другий пояс (обмеження мікробного забруднення):

Радіус R_2 (м):

$$R_2 = Q \cdot T \cdot \pi \cdot H \cdot n \quad R_2 = \pi \cdot H \cdot n \cdot Q \cdot T$$

де n_p — пористість (частка).

- **Третій пояс (хімічного захисту):**

Визначається за часом руху води до водозабору (зазвичай 25 років).

2. Для поверхневих джерел (річки, озера)

- **Перший пояс:**

Відстань 100–200 м вгору за течією.

- **Другий пояс:**

Визначається за часом протікання води (3–5 діб).

Завдання для практичної роботи:

Необхідно:

- 1) Розрахувати радіуси трьох поясів ЗСО для свердловини продуктивністю 500 м³/добу.
- 2) Визначити, чи потрапляє потенційне джерело забруднення (50 м) у зону санітарного захисту.

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Розробка родовищ підземних вод» охоплюють ключові аспекти проектування, експлуатації та управління водоносними системами. Виконання запропонованих завдань дозволило студентам:

- **закріпити теоретичні знання** з гідрогеології та інженерних методів водозабору;
- **опанувати практичні навички** розрахунків дебіту свердловин, припливу води до горизонтальних споруд та визначення кількості експлуатаційних виробок;
- **розвинути аналітичне мислення** через аналіз впливу різних параметрів (коефіцієнта фільтрації, часу роботи, геометрії водозабору) на продуктивність системи.

Основні досягнення:

1. Використання сучасних методик розрахунків згідно з ДСТУ та міжнародними стандартами.
2. Практичне застосування формул Дюпюї, Тейса та інших для різних типів водозабірних споруд.
3. Розробка рекомендацій щодо раціонального розміщення свердловин із урахуванням санітарних зон та екологічних обмежень.

Подальші напрямки роботи:

- Поглиблене вивчення моделювання **фільтраційних потоків** за допомогою програмних продуктів (Modflow, GMS).
- Дослідження **впливу зміни клімату** на ресурси підземних вод.
- Впровадження **інноваційних технологій** видобування води (наприклад, систем зворотного осмосу для знесолення).

Рекомендації для студентів:

- Використовувати отримані дані для курсового/дипломного проектування.
- Ураховувати **економічні фактори** (собівартість видобування, енергоефективність) при розробці родовищ.

- Брати участь у **наукових дослідженнях** щодо оптимізації водокористування.

Володіння навичками, отриманими під час виконання практичних робіт, є невід'ємною частиною підготовки фахівців у галузі гідрогеології та водопостачання. Цей посібник сприяє формуванню **компетентних спеціалістів**, здатних вирішувати складні завдання у контексті сталого водокористування.

Список літератури

1. **Климов О.В., Швець В.М.** *Гідрогеологія та інженерна геологія*. – К.: Либідь, 2010. – 400 с.
2. **Швець В.М., Ковальчук І.П.** *Розробка родовищ підземних вод*. – К.: Наукова думка, 2015. – 320 с.
3. **Пінчук В.Л., Грищенко В.О.** *Гідрогеологічні розрахунки водозаборів підземних вод*. – К.: Видавництво КНУ, 2018. – 240 с.
6. **Державні будівельні норми (ДБН)** щодо проектування водозаборів підземних вод.
7. **Санітарні правила та норми (СанПіН)** з охорони підземних вод від забруднення.
8. **Методичні рекомендації Державної служби геології та надр України** з оцінки запасів підземних вод.
9. **Керівництво з водозахисних заходів при експлуатації підземних вод** (за матеріалами Європейської асоціації гідрогеологів).
10. Національна гідрогеологічна служба України <http://www.geology.gov.ua>.
11. Міжнародна асоціація гідрогеологів (IAH) – <https://www.iah.org>
12. Наукові публікації з гідрогеології у відкритих базах даних (Google Scholar, ResearchGate, ScienceDirect).

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна
факультет геології, географії, рекреації і туризму
кафедра фундаментальної та прикладної геології

Конспект лекцій по дисципліні:

«Розробка родовищ підземних вод»

Укладач: Тищенко І.І.

Харків -2024

Вступ. Усі фахівці, у сферу професійної діяльності яких входять питання водокористування, інженерних систем водопостачання, екології водних систем, повинні мати певний набір знань та навичок з проектування, будівництва та експлуатації водозабірних свердловин.

Щорічно в країні споруджують понад 30 тисяч водозабірних свердловин, які використовуються для водопостачання, обводнення пасовищ, водозниження, інженерно-гідрогеологічних досліджень та інших цілей. За визначенням академіка Карпінського: «Вода – це найдорожча копалина. Вода - це не просто мінеральна сировина; це не тільки засіб для розвитку промисловості та сільського господарства; вода – це жива кров, яка творить життя там, де її не було».

Водозабірна свердловина є найбільш зручною водозабірною спорудою для добування підземних вод. Порівняно з підземними водозаборами інших типів вона має такі переваги:

1. Свердловиною можна розкрити водоносні горизонти, що залягають на значній глибині. Нині свердловини для водопостачання часто буряться на глибину 200-300 м, а окремих випадках до 1000-1200 м;
2. Свердловину можна пробурити у твердих скельних породах;
3. Свердловина у санітарному відношенні є найбільш надійною водозабірною спорудою порівняно з шахтною криницею та особливо каптажем джерела

Лекція 1. Розробка родовищ підземних вод.

Основними природними факторами формування складу та розподілу підземних вод є:

- фізико-географічні,
- геологічні,
- тектонічні,
- гідрогеологічні та
- біологічні.

Найважливішим серед них є *кліматичний фактор*, який зумовлює не тільки поповнення водоносних горизонтів атмосферними опадами, а й інтенсивність перетворення гірських порід (вивітрювання). Вплив *гідрологічного фактора* на підземні води залежить від особливостей гідрографічної мережі, яка відіграє значну роль у дренаванні водоносних горизонтів. *Рельєф* має визначальне значення у формуванні поверхневого стоку і значно впливає на водообмін водоносних горизонтів. Вплив *біологічного фактора* виявляється в зміні складу вод і порід під впливом життєдіяльності бактерій та продуктів перетворення органічних речовин.

Геологічна будова, умови залягання, генезис, динаміка водоносних горизонтів, їх взаємодія і зв'язок з водами земної поверхні, мінеральний склад і органічні речовини порід впливають на формування хімічного складу підземних вод. В Україні 12 родовищ мінеральних підземних вод віднесено до унікальних. Серед них Голубинське, Новополянське, Полянське (Закарпатська область), Моршинське, Трускавецьке (Львівська область), Слов'яногірське (Донецька область). У Закарпатті є й теплоенергетичні води (детально розвідане Берегівське родовище).

У місцях, де шар водоносних порід прогнутий або водоносний горизонт заповнений, вода перебуває під тиском. Тому коли бурять свердловини, вона сама виходить на поверхню. Такі води формуються в артезіанських басейнах. В Україні найбільше значення мають три: Дніпровсько-Донецький (на нього припадає майже половина всіх запасів підземних вод), Волино-Подільський, Причорноморський. Глибина залягання

підземних вод у цих басейнах та їхні запаси залежать не тільки від надходження води з поверхні, але й від геологічної будови.

Забезпеченість України питною водою майже на 80 % здійснюється поверхневими водами. Їх загальна середньорічна кількість становить 210 км³, проте тільки 52 км³ (25 %) Україна отримує за рахунок місцевого стоку. Транзитний стік використовується частково. Особливе значення для водозабезпечення має Дніпро.

Сьогодні на одного жителя України припадає близько 1,2 тис. м³ місцевого стоку та 0,16 тис. м³ підземних вод. Це менше, ніж у більшості країн Європи. У той самий час витрати води на одиницю виробленої продукції в Україні значно перевищують такі самі показники в розвинених країнах Європи. Порівняно із Францією — у 2,5 разу, із Німеччиною — у 4,3 разу, із Великою Британією та Швецією — у 4,2 разу.

При вивченні природних умов території України об'єктом типізації є природні комплекси та системи, які виявляють свою індивідуальність через набір ознак на кожному рівні типізації. У гідрогеології для цих цілей використовують терміни “водонапірна система”, “геогідродинамічна система”, “водообмінна система або геосистема”.

Останніми роками виділяють два види районування: за принципом складових частин районів (структурні або однорідні райони); за принципом єдності й спрямованості процесів, які беруться до уваги під час районування (функціональне районування). На кожному ступені районування вони можуть бути закомплексовані з виділенням провідного і допоміжного принципу.

В основу структурного гідрогеологічного районування покладено принцип однорідності умов формування водообміну (однорідне районування) в природних умовах. Виділено три таксономічні одиниці районування: 1 – мегарегіон; 2 – область; 3 – район.

Згідно з геологічною будовою і за основними ознаками водообміну в межах України виділено 5 мегарегіонів: I – Український щит; II – Руська

плита; III – Донецька складчаста структура; IV – Карпатська складчаста структура; V – Кримська складчаста структура.

У межах цих мегарегіонів виділено області, а в межах областей – райони. Так, мегарегіон Руська плита складається з чотирьох областей – артезіанських басейнів: Волинсько-Подільського, Дніпровського, Донецького та Причорноморського.

Поширення підземних вод на території України зумовлене геологічною будовою гідрогеологічних регіонів, які відрізняються віком, складом і умовами залягання їх відкладів, а також сукупністю основних природних факторів, які зумовлюють закономірності формування і розподілу підземних вод.

У межах Українського щита (УЩ) підземні води розвинені в тріщинуватій зоні кристалічних порід і продуктів їх руйнування, а також в осадових породах крейди, палеогену, неогену та антропогену, водозбагаченість яких дуже різноманітна. Найбільша тріщинуватість і обводненість кристалічних порід простежується до глибин 70–150 м, нижче тріщинуватість суттєво зменшується, концентруючись в окремих зонах тектонічних порушень. Водонесний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід майже на всій території УЩ широко використовують для водопостачання, незважаючи на те, що окремі стратиграфічні комплекси порід не відзначаються високою водозбагаченістю. У формуванні хімічного складу підземних вод УЩ вирішальну роль відіграли його геотектонічні особливості як позитивної структури, а також колоїдно-хімічні процеси обмінної адсорбції катіонів. На території УЩ існує закономірність розподілу вод у тріщинуватій зоні кристалічних порід за величиною загальної мінералізації і за співвідношенням окремих хімічних компонентів. Гідрокарбонатні кальцієві або гідрокарбонатно-кальцієво-магнієві води з мінералізацією до 0,5 г/куб.дм знаходяться переважно в північно-західній частині УЩ. Сильно мінералізовані води переважно хлоридно-сульфатні і хлоридні натрієві трапляються в занурених частинах УЩ. Експлуатаційні

ресурси підземних вод у межах УЩ загалом невеликі і розподілені нерівномірно. Водоносні горизонти осадових відкладів мають практичне значення на обмежених ділянках.

Дніпровський артезіанський басейн є найбільшим в Україні. Він охоплює систему водоносних горизонтів у палеозойських, мезозойських і кайнозойських відкладах, загальна потужність яких досягає кількох кілометрів. Характерною особливістю Дніпровського артезіанського басейну є високе гіпсометричне положення його північно-східного крила порівняно з південно-західним і глибоке занурення водоносних горизонтів у центральній частині. Відклади кайнозою і частково мезозою (палеогенові, сеноман-нижньокрейдові та юрські), за винятком центральної зануреної частини басейну, вміщують потужну зону прісних вод високої якості. Найпотужніша (300–800 м) зона прісних вод знаходиться в крайніх частинах басейну вздовж УЩ і Воронезького кристалічного масиву. У міру з заглибленням водовмісних порід у центральній частині артезіанського басейну умови водообміну поступово утруднюються, тому на значній глибині повсюдно в породах палеозою і частково мезозою поширені мінеральні води та розсоли. Зона інтенсивного водообміну обмежується в основному глибиною врізу місцевої гідрографічної мережі, і умови формування підземних вод у ній пов'язані головним чином з фізико-географічними факторами, але головну роль відіграє вилуговування порід. Зона значного водообміну відокремлюється від першої регіональним водотривом київських глин. Формування хімічного складу підземних вод відбувається в умовах добре промитих відкладів на схилах басейну і солонуватих та солоних – у його центральній частині. Зони утрудненого і дуже утрудненого водообміну розвинені в центральній частині басейну і розділені між собою товщею пермських глин і соляних пластів.

Таким чином, залежно від умов формування хімічного складу підземних вод у Дніпровському артезіанському басейні встановлюється вертикальна гідрохімічна зональність, відповідно до якої в розрізі осадової

товщі виділяються три зони: 1) зона гідрокарбонатних кальцієвих вод; 2) зона гідрокарбонатно-хлоридно-натрієвих і хлоридно-гідрокарбонатно-натрієвих вод; 3) зона хлоридних натрієвих і натрієво-кальцієвих солонуватих, солоних та розсолних вод. Гідрохімічна зональність порушується в районах солянокупольних структур і в межах бортових частин басейну.

Волинсько-Подільський артезіанський басейн знаходиться в західній частині України, де осадовий комплекс відкладів протерозою, нижнього палеозою та мезозою залягає на складчастому кристалічному фундаменті. У місцях неглибокого залягання фундаменту, переважно в південно-східній частині басейну, до глибини 300–350 м поширена зона прісних вод у протерозойських, палеозойських (за винятком кам'яновугільних), верхньо-крейдових, неогенових та антропогенових відкладах. Окремі частини басейну відрізняються між собою особливостями водовмісних порід, умовами живлення, взаємозв'язком і розвантаженням підземних вод усієї товщі осадових відкладів. Між підземними водами цих водоносних горизонтів існує гідравлічний зв'язок. У центральній і західній частинах Волинсько-Подільського артезіанського басейну, де кристалічний фундамент залягає на глибині до 5 км, зона прісних вод значно менша і спостерігається тільки у верхній тріщинуватій товщі сенон-турону до глибини 100 м, а також у неогенових та антропогенових відкладах. Майже всі водоносні горизонти Волинсько-Подільського артезіанського басейну використовуються для водопостачання. На території Волинсько-Подільського артезіанського басейну у крейдових, юрських та кам'яновугільних відкладах на глибинах 400–800 м трапляються азотно-вуглекислі, сірководневі, хлоридні натрієві з мінералізацією 50–100 г/куб.дм слаботермальні води з температурою 20–30°C. На більших глибинах (1000–3000 м) у девонських відкладах знаходяться води з температурою 35–70°C сульфатного кальцієвого, натрієвого, хлоридного натрієвого складу з мінералізацією від 1,1–4,3 до 31–184 г/куб.дм. У цих водах підвищений вміст бромиду, йоду і бору.

Причорноморський артезіанський басейн займає південний схил УЩ і Причорноморську западину. Гідрогеологічні умови Причорноморського артезіанського басейну є складними, що пояснюється різноманітністю літологічного складу осадових порід. Невитриманість відкладів у розрізі і часте чергування водовмісних і водонепроникних порід зумовило утворення великої кількості ізольованих водоносних горизонтів. Основні водоносні горизонти розвинені в осадових породах крейдової, палеогенової, неогенової і антропогенової систем. Для підземних вод басейну характерна мінливість їх мінералізації – значне поширення солонуватих і солоних вод. Зона прісних вод на території басейну не має суцільного поширення. Загалом територія Причорноморського артезіанського басейну недостатньо забезпечена підземними водами, і питання водопостачання вирішується тут з великими труднощами. Проте на всій території Причорноморського артезіанського басейну у комплексі крейдових відкладів на глибинах від 200 м на півночі до 2840 м на півдні басейну розвідано термальні води з температурою 27–93,6°C і мінералізацією 1,6–1,8 г/куб.дм, які містять біологічно активні компоненти (радон, бром, йод, залізо, стронцій, літій), тому широко використовуються в бальнеотерапії.

Із сумарної величини прогнозних експлуатаційних ресурсів підземних вод Причорноморського артезіанського басейну близько 60% припадає на води з мінералізацією понад 1 г/куб.дм (переважно 1–3 г/куб.дм).

Донецький артезіанський басейн знаходиться на сході України. Він має порівняно прості гідрогеологічні умови, характерні для геоструктур платформного типу. Всі осадові відклади містять водоносні горизонти і комплекси, які умовно розподіляють на два поверхи. Верхній – водоносні горизонти від четвертинного до нижньокрейдового віку гідравлічно пов'язані між собою і розміщені в зоні активного водообміну. Найбільш водозбагачений у його межах водоносний горизонт верхньокрейдових відкладів. Нижній поверх – водоносні горизонти відкладів карбону, тріасу, юри і нижньої крейди характеризуються утрудненим водообміном.

Донецька складчаста структура знаходиться на південному сході території України. Найбільш водоносні тут горизонти і комплекси кам'яновугільних, пермських, юрських, крейдових, четвертинних відкладів. У верхній частині геологічного розрізу, до глибини майже 500 м, поширені переважно прісні і слабосолонуваті води різного складу – від гідрокарбонатного кальцієвого до хлоридного натрієвого. Глибше залягають солоні води, а на великих глибинах (понад 1000–1500 м) у північно-західній частині – високомінералізовані хлоридні натрієві розсоли з мінералізацією до 300 г/куб.дм, із підвищеним вмістом йоду і броду, з температурою 50–77°C. Цей район є перспективним для використання термальних вод. Особливо перспективні щодо формування термальних вод є південно-східне і південно-західне крила Кальміус-Торецької улоговини, де на глибині близько 500 м залягають хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатні води з температурою 29–30°C і мінералізацією 2–4 г/куб.дм. У східній частині Донбасу на глибинах до 3000 м циркулюють води хлоридного натрієвого складу з мінералізацією 222 г/куб.дм і температурою 77°C.

Мегарегіон Карпатської складчастої структури геологічно і гідрогеологічно є складним. Водовмісні породи тут – майже виключно теригенні флішові відклади, дуже дислоковані, зім'яті в численні складки, часто розірвані, перекинуті і ускладнені насувами, тому в регіоні немає витриманих водоносних горизонтів. Особливістю Передкарпатського артезіанського басейну є те, що майже всі накопичені в ньому підземні води високомінералізовані або розсоли, лише водоносний горизонт антропогенових відкладів є основним джерелом водопостачання населених пунктів. Гірсько-складчаста область Карпат є районом розвитку прісних підземних вод у тріщинах флішових утворень палеогену і крейди. У Закарпатському прогині, заповненому потужною товщею (до 2000 м) неогенових і антропогенових відкладів, розвинуті водоносні горизонти вод різної мінералізації (від 1,0 до 25,0 г/куб.дм).

Підземні води Кримської складчастої структури, враховуючи своєрідний рельєф гірської місцевості, особливості геологічної будови та клімату, що визначають основні закономірності розподілу та формування підземних вод, залягають переважно у верхній частині геологічного розрізу і поширені в антропогенових і верхньоюрських відкладах. Порооди таврійської формації, крейди і палеогену, наявні у геологічній будові району, слабо обводнені. Про водозбагаченість тріщинуватих та закарстованих вапняків верхньої юри свідчать численні джерела, в основному прісних вод, які широко використовуються для водопостачання населення.

Розподіл експлуатаційних ресурсів підземних вод на території України нерівномірний, що зумовлено особливостями геологічної будови різних її частин, які являють собою відокремлені гідрогеологічні регіони, що суттєво відрізняються ступенем водоносності відкладів.

Найбільші ресурси підземних вод у Дніпровському артезіанському басейні, в межах якого міститься більше половини експлуатаційних водних ресурсів усієї України при середньому модулі 1,67 л/с на 1 кв.км. Друге місце займає Волинсько-Подільський артезіанський басейн (близько 20% усіх ресурсів при середньому модулі 1 л/с на 1 кв.км). Недостатньо забезпечені експлуатаційними ресурсами підземних вод райони, які розташовані в південно-східній частині Українського щита, в Карпатах, на Донбасі і в південно-західній частині Причорноморського артезіанського басейну, а також на Керченському півострові, де модулі не перевищують 0,1 л/с на 1 кв.км і використовувати експлуатаційні ресурси можна лише з окремих свердловин, які мають дебіти найчастіше до 1 л/с, рідше – до 10 л/с.

Система вивчення підземного стоку ґрунтується на динамічних особливостях об'єктів, виділених за принципом єдності потоків підземних вод від областей формування стоку до його основного розвантаження, яке контролюється єдиним замкнутим балансом підземних вод. Цей підхід широко застосовують для різномасштабного гідрогеологічного районування території України. У межах гідрогеологічних структур виділяють водообмінні

басейни першого порядку, які характеризуються єдиним або близьким трендовим напрямком регіонального водообміну. Існування основних регіональних “потоків” підземних вод пов’язане з наявністю потужних регіональних дрен – морів і великих магістральних річок, а також протяжних областей максимальних гідростатичних напорів, які в основному відповідають вододілам, розташованим на місцевих височинах. Вони впливають на формування напорів підземних вод, напрямки і швидкість їхнього руху.

Отже, ієрархія районування умов формування підземного стоку та природних ресурсів підземних вод – зон інтенсивного і значного водообміну (глибини в різних регіонах до сотень тисяч метрів) багато в чому схожа з гідрологічними принципами районування поверхневого стоку. Зокрема, виділяють басейни стоку морів (регіони) і основних річок, що впадають у моря (провінції). Наступний рівень районування враховує особливості гідрогеологічних умов і близькі трендові напрямки латерального водообміну, завдяки чому об’єднують басейни підземного стоку невеликих річок у рамках єдиних одиниць районування (округів).

Таким чином, згідно з функціональним районуванням на території України, виділяються два регіони: А – Балтійський; Б – Чорноморсько-Азовський.

У межах регіонів виділено провінції, а в межах провінцій – округи, які відповідають водообмінним басейнам різних рангів. При докладнішому великомасштабному районуванні виділяються дрібніші одиниці.

Україна володіє багатими ресурсами мінеральних вод, різноманітних за хімічним складом та бальнеологічним впливом на організм.

Мінеральні води, особливості бальнеологічної дії яких на організм визначаються вмістом специфічних біологічно активних компонентів, виділено як “мінеральні води із специфічними компонентами”. Згідно з класифікацією мінеральних вод України (2001р.), виділено 9 видів мінеральних вод із специфічними компонентами: 1) вуглекислі води; 2)

сульфідні води; 3) води, збагачені на органічну речовину; 4) борні води; 5) кременисті води; 6) бромні, йодні води; 7) залістисті води; 8) радонові води; 9) поліметальні води.

На території України *мінеральні води* розташовані на різних глибинах у різних за віком відкладах. На УЩ вони виявлені на глибинах не більше 120 м від поверхні, а в артезіанських басейнах їх прояви подекуди зафіксовані на глибинах більше 3000 м.

Мінеральні води, особливості бальнеологічної дії яких на організм визначаються складом і співвідношенням між основними компонентами води (до них належать натрій, кальцій, магній, сульфат, гідрокарбонат та хлоріони) та їх кількісним вмістом (мінералізацією), належать до мінеральних вод без специфічних компонентів. Згідно з класифікацією мінеральних вод України (2001 р.), виділено 25 типів мінеральних вод без специфічних компонентів, що належать до 11 різних класів (за аніонами), 7 підкласів (за катіонами) та 5 груп за мінералізацією (від маломінералізованих типу “Миргородська” до міцнорозсольних типу “Моршинська”). При цьому виділення типів мінеральних вод ґрунтується на їхньому безпосередньому застосуванні в медичній практиці.

Геологічна будова, літологічний склад порід, гідрогеологічні та палеогеологічні умови визначають головні риси складу мінеральних вод без специфічних компонентів у різних регіонах. Згідно з цими основними умовами, на карті “Мінеральні води без специфічних компонентів” виділено 19 областей поширення мінеральних вод за особливостями складу основних компонентів у межах основних гідрогеологічних регіонів, аналогічних виділеним на карті “Мінеральні води із специфічними компонентами”.

В Україні термальні води поширені в Закарпатському, Передкарпатському, Причорноморському і Дніпровському артезіанських басейнах. У зв’язку з великою глибиною залягання водоносних горизонтів із термальною водою, значною їх мінералізацією та екологічними проблемами, пов’язаними зі скиданням їх після використання, геологорозвідувальні роботи щодо

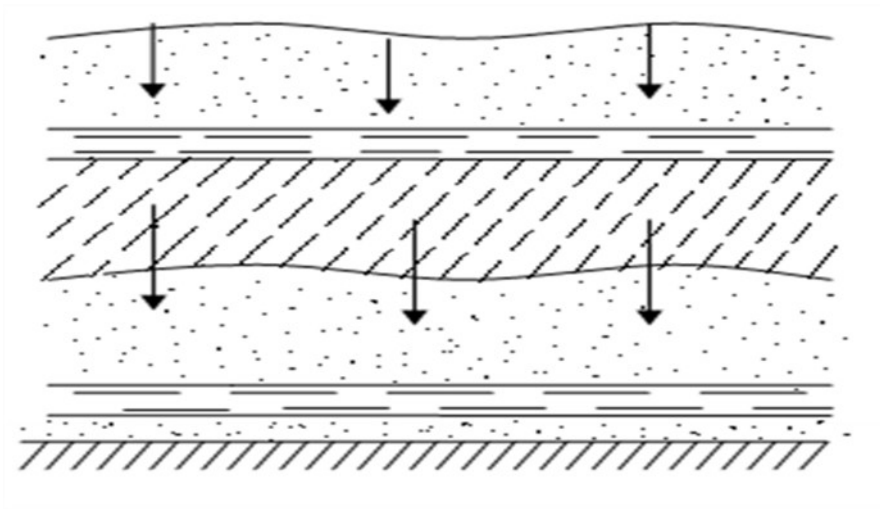
термальних підземних вод, а також їх експлуатація у великих обсягах стримуються, незважаючи на те, що за певних умов підземні термальні (теплоенергетичні) води можуть бути альтернативою традиційним джерелам одержання тепла.

Лекція № 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ. ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ.

Короткі відомості про підземні води

Підземні води за гідравлічними умовами ділять на напірні та безнапірні, а за умовами залягання – на артезіанські та ґрунтові. Крім того, підземні води поділяються на три основні види: верховодку, ґрунтові та міжпластові (напірні та безнапірні).

Верховодка утворюється в місцевих лінзах за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, що надходять з денної поверхні через водопроникні породи.



Ґрунтові води мають вільну поверхню, тобто є безнапірними (рис. 3) і є першим від поверхні постійно існуючий водоносний горизонт. Ці води поширені майже повсюдно.

Для ґрунтових вод характерні такі ознаки: неповне заповнення ними водопроникного пласта; часті збіги областей харчування та поширення; відсутність натиску; постійне коливання рівнів, що призводить до змін

потужності водоносного горизонту та запасів ґрунтових вод у часі, змін у часі фізичних властивостей, хімічного, газового та бактеріального складу води.

Підземні води, що залягають між двома водонепроникними пластами в межах порівняно великих геологічних структур і знаходяться під гідростатичним тиском, називаються артезіанськими. Вони відносяться до міжпластових підземних напірних вод, укладених у глибших водоносних горизонтах. При розтині водоносного напірного пласта буровою свердловиною вода в ній піднімається вище за покрівлю водоносного пласта (рис. 4). Висота підйому води вище водостійкої покрівлі називається напором.

Основні поняття про водозабірні свердловини

Для водопостачання та інших потреб підземні води можуть видобуватися за допомогою спеціальних інженерних споруд, які називаються водозабірними. За особливостями розкриття водоносних горизонтів вони поділяються на вертикальні та горизонтальні.

До вертикальних водозаборів належать бурові свердловини, шахтні колодязі; до горизонтальних – каптажні галереї, канали, трубчасті дрени, кяризи тощо.

Залежно від того, які водоносні горизонти розкриваються – ґрунтові чи напірні, водозабірні споруди поділяються на ґрунтові та артезіанські.

Розрізняють досконалі і недосконалі водозабірні споруди. Під досконалими розуміються споруди (гірські виробки, свердловини, колодязі та ін.), які розкривають водоносний пласт на всю його товщину (рис. 4.1). Вода в такі споруди (виробки) надходить через стінки в інтервалі, що відповідає товщині напірного (а) або ґрунтового водоносного пласта біля свердловини (б).

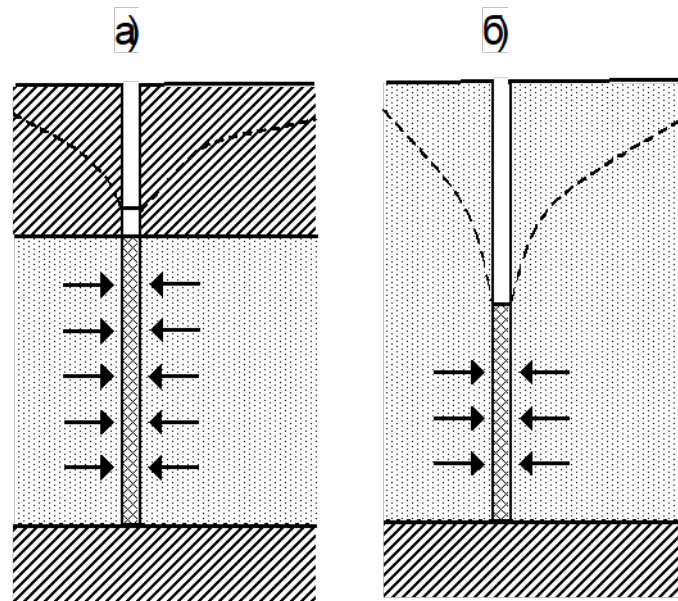


Рис. 4.1. Досконалі свердловини: а – напірний, б – безнапірний пласт

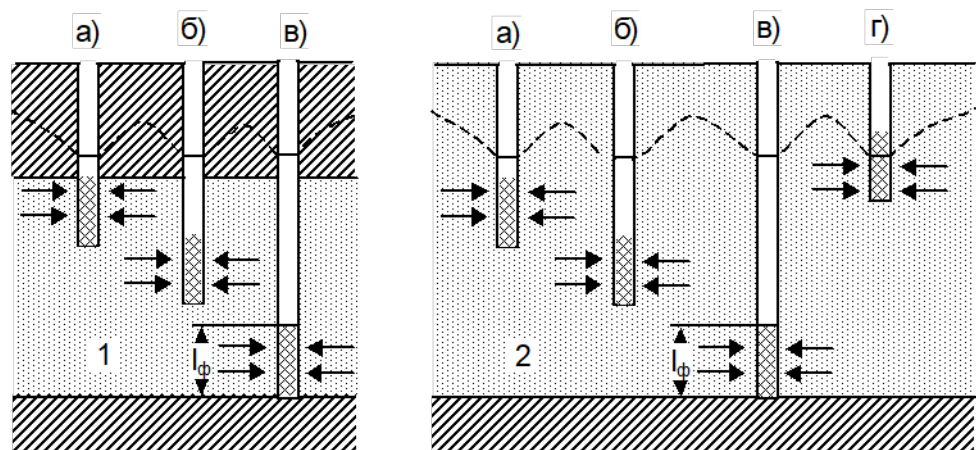


Рис. 4.2. Недосконалі артезіанські (1) та ґрунтові (2) свердловини: фільтри розташовані: а) біля покрівлі, б) всередині, в) біля підшви г) частково затоплені

Недосконалими виробками називаються такі, в які вода надходить в інтервалі, що менший за товщину водоносного пласта.

Розрізняють два види недосконалих *вертикальних* гірничих виробок (свердловин, колодязів): 1) артезіанські з повністю затопленим фільтром, який може бути розташованим у різних частинах водоносного горизонту

(рис. 4.2.1) – біля покрівлі (а), всередині (б), біля підшви (в); 2) ґрунтові (рис. 4.2.2) – з великим заглибленням фільтру під рівень ґрунтових вод з різноманітним положенням фільтру у водоносному горизонті (а, б, в), і частково затоплені (г).

У недосконалі колодязі вода може надходити одночасно і через стінки, і через дно, чи тільки через дно, чи тільки через стінки.

Якщо зі свердловини чи колодязя відкачувати воду, то рівень води в них починає знижуватися від початкового – статичного рівня. Рівень, який знижується, називається динамічним (рис. 4.3).

При довготривалій відкачці у водоносному горизонті навколо колодязя (свердловини) утворюється лійкоподібне зниження рівня підземних вод. Найбільше воно у колодязі. На деякій відстані від колодязя зниження настільки мале, що динамічний рівень зливається зі статичним. Лійкоподібне зниження рівня води підземних вод прийнято називати воронкою депресії.

У вертикальному розрізі воронка депресії відображається у вигляді кривої лінії, яка зветься кривою депресії. Відстань від осі колодязя до точки, де динамічний і статичний рівні зливаються, називається радіусом впливу. В умовах усталеного руху положення воронки депресії постійне, а в умовах неусталеного руху – змінюється в часі.

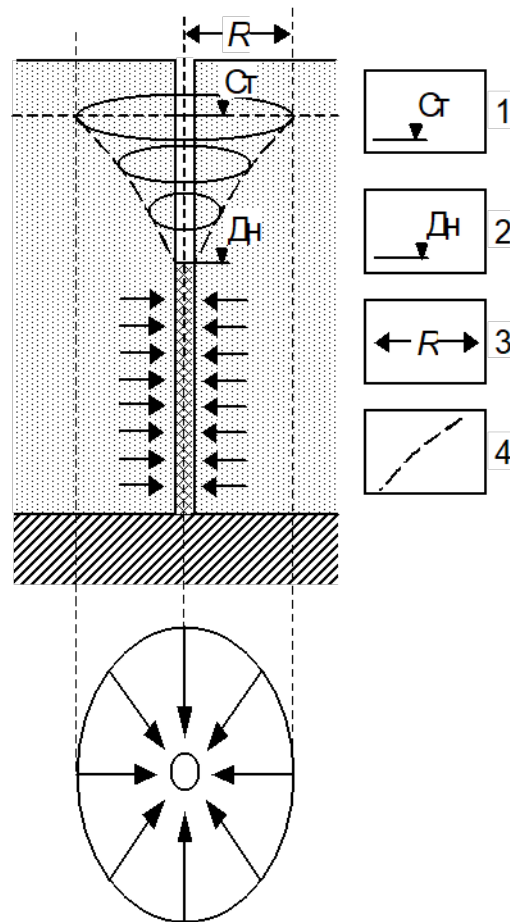


Рис. 4.3. Розріз і план воронки депресії при русі води до свердловини:
1 – статичний рівень; 2 – динамічний рівень; 3 – радіус впливу; 4 – крива депресії

Вперше теорію притоку води до колодязя розробив Дюпюї (1867 р.). При розрахунках припускається, що водопровідність пласта постійна, а нижній водотрив – горизонтальний. При цьому лінії току у плані мають вигляд радіусів, спрямованих до колодязя (свердловини), а в розрізі – паралельних прямих (див. рис. 4.3). Залежно від обладнання водоприймаючої частини, свердловини поділяють на фільтрові та безфільтрові. У тих випадках, коли водоносний горизонт залягає в сипучих нестійких породах, відбір води з водоносного горизонту ведеться за допомогою фільтра. Призначення фільтра підтримувати у стійкому стані водомісткі породи і відокремлювати їх від води, що надходить у свердловину.

У твердих водостійких породах відбір води ведуть без застосування фільтрів. Безфільтрові свердловини бурять і при заборі води з піщаних водоносних

порід. Необхідна умова для буріння таких свердловин - стійкість покрівлі над водоносним шаром, а при покрівлі, складеній глинами, - наявність напору підземних вод для її підтримки.

Встановлений рівень води в свердловині під час відсутності водовідбору насосом називається статичним рівнем. Дзеркало води у свердловині під час відбору води насосом називається динамічним рівнем. Відстань між статичним і динамічним рівнем - зниження рівня S . Кількість води, що за одиницю часу відбирається насосом, називається продуктивністю свердловини. Витрата, яку свердловина може дати при максимально допустимому зниженні динамічного рівня, називається дебітом свердловини. Дебіт свердловини при зниженні рівня на 1 м називається питомим.

У артезіанських свердловинах неприпустимо зниження динамічного рівня нижче покрівлі напірного горизонту.

Вибір розташування свердловинного водозабору

Водозабірною свердловина має бути закладена на такій ділянці, де гідрогеологічні умови допускають одержання необхідної кількості води, а стан її задовольняє санітарним вимогам. Разом з тим, з техніко-економічних міркувань свердловину бажано не видаляти на великі відстані від об'єкта водопостачання.

Ділянку для закладання свердловини слід вибирати по можливості з таким розрахунком, щоб у подальшому зі збільшенням потреби у воді на ньому можна було закласти ще одну або кілька свердловин.

Якщо в населеному пункті, де передбачається спорудити свердловину, вже існують водозабірні свердловини, то нову свердловину слід закладати з урахуванням можливості з'єднання її з свердловинами, для створення взаємного резерву.

Свердловини доцільно розміщувати у житлових селищах, промислових підприємств або у розриві між селищем та промайданчиком підприємства.

Санітарна обстановка в цих місцях здебільшого сприятливіша і тут легше виділити досить велику ділянку для організації першого поясу зони санітарної охорони.

У сільських населених пунктах свердловини також потрібно розміщувати поза виробничими територіями, враховуючи необхідність організації першого поясу зони санітарної охорони.

Для виключення можливості впливу поверхневого джерела забруднення на якість води в свердловині, що проектується, останню слід закладати з таким розрахунком, щоб джерело забруднення знаходилося за межами площі її живлення.

За відсутності артезіанських водоносних горизонтів, придатних для використання для водопостачання, свердловини часто закладають на заплавах і терасах долин річок, де ґрунтові води отримують з алювіальних пісків. З санітарної точки зору до таких ділянок потрібно ставитись обережно. Не слід розміщувати свердловини близько до річки, щоб уникнути підсмоктування забруднених річкових вод. Ділянки, що перебувають за течією річки нижче міста чи селища, також несприятливі для закладення свердловин, оскільки тут можливе вплив каналізаційних, промислових і зливових стоків на якість вод алювіальних відкладів.

Порядок проектування водозабірних свердловин

Підземні води України перебувають у власності держави. При їх використанні у народному господарстві виникає коло водних відносин, які підлягають регулюванню на підставі законодавчих актів.

Проектування свердловинних водозаборів може здійснюватись лише організаціями, які мають право на проведення цих робіт.

Для проектування та спорудження експлуатаційних водозабірних свердловин, а також для переобладнання розвідувальних свердловин в експлуатаційні потрібен дозвіл органів геології або територіальних виробничих геологічних об'єднань, місцевих органів державного санітарного нагляду та органів

регулювання використання та охорони вод. Проектні роботи можуть здійснюватись у кілька стадій.

При одностадійному проектуванні складається робочий проект зі зведеним кошторисним розрахунком вартості. У цьому проекті зазвичай використовуються типові або повторно застосовувані проекти.

У дві стадії складається зазвичай проект для облаштування великих та складних свердловинних водозаборів. Цей проект, крім зведеного кошторисного розрахунку, повинен містити робочу документацію з кошторисами для кожного елемента або вузла, водозабору.

Проектування використання підземних вод здійснюється не лише при розробці конкретних проектів водозабезпечення окремих об'єктів, але й для визначення принципових напрямів розвитку народного господарства, при складанні генеральних, басейнових та територіальних схем комплексного використання та охорони водних ресурсів. Рішення, прийняті в цих схемах, підлягають обов'язковому обліку розробки проектно-кошторисної документації окремих об'єктів.

Перед початком проектування свердловин для водозабезпечення здійснюється збирання та вивчення наявних фондових, архівних та літературних матеріалів. Це робиться для того, щоб отримати достовірні відомості щодо наступного переліку питань:

- а) фізико-географічні умови (рельєф, клімат);
- б) геологічну будову;
- в) умови та глибина залягання підземних вод, склад та фільтраційні властивості водоносних порід, режими руху підземних вод;
- г) якість підземних вод, санітарний стан та захищеність їх від можливого забруднення;
- д) ступінь використання підземних вод існуючими водозабірними спорудами;
- е) очікувана взаємодія проєктованих водозабірних споруд з існуючими водозаборами підземних вод, що експлуатуються.

На основі аналізу зібраних даних проводиться наближена оцінка ресурсів та якості підземних вод, визначається оптимальний дебіт свердловин, положення динамічного рівня, вибирається доцільна конструкція свердловини.

Проект водозабірної свердловини для водозабезпечення складається з пояснювальної записки та геолого-технічного розрізу свердловини. До проекту додаються копії всіх попередніх погоджень, виготовлених при виборі розташування свердловини. Пояснювальна записка складається із загальної та спеціальної частини.

У загальній частині наводяться дані про географічне та адміністративне положення ділянки розміщення свердловини, вказується задане замовником водоспоживання, надаються короткі відомості щодо геологічної будови, гідрогеологічних та санітарних умов.

У спеціальній частині обґрунтовуються: вибір того чи іншого водоносного горизонту, глибина і експлуатаційний діаметр свердловин, тип фільтра, ізоляція міжтрубних і затрубних зазорів водоносних горизонтів, що не використовуються, вибирається доцільний спосіб буріння, визначаються вимоги до дослідних відкачок, відборів проб води на аналізи і т.д. .

У проектному геолого-технічному розрізі свердловини наводяться можливі конструкції свердловини при порівняльних способах буріння та конструкціях експлуатаційної свердловини, дається літологічний опис геологічного розрізу з категоріями порід по буримості, виділяються водоносні горизонти з очікуваними статичними та динамічними рівнями.

Лекція № 3. ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ.

План лекції

1. Початкові дані для проектування

2. Вибір водоносного пласта

3.Визначення кількості свердловин

Початкові дані для проектування

Вихідні дані для реального проектування

Склад вихідних даних при реальному проектуванні визначається залежно від стадії проектування.

Для проектних робіт потрібні три групи вихідних даних:

- а) технічне завдання, у якому зазначається склад водоспоживачів, місця їх розміщення, вимоги до якості води;
- б) топографічні карти та плани різних масштабів;
- в) відомості про наявність підземних вод для використання за різним призначенням. Якщо таких даних немає, проектна організація видає завдання геологічним організаціям на розвідку підземних вод.

Крім перерахованих вище, при розробці проектів, вихідними є такі матеріали:

- а) дані про розвідку підземних вод у районі розміщення водоспоживачів
- б) дозвіл на використання підземних вод, отриманий замовником відповідно до вимог пункту 1.4 ;
- в) топографічний план ділянки майбутнього водозабору;
- г) матеріали для оцінки можливих змін якості підземних вод під впливом природних та механічних факторів; д) відомості про можливий вплив відбору підземних вод на екологічні та гідромеліоративні умови прилеглої до водозабору;
- е) характеристики фізико-механічних та водних властивостей ґрунтів, агресивності середовища, в якому будуть знаходитися водозабірні споруди;
- ж) відомості про місцеві будівельні матеріали, їх запаси та якість.

Вибір водоносного пласта

Підземні води як джерело водопостачання можуть бути прийняті для проектування у таких випадках:

- якщо запаси підземних вод задовольняють потребу у воді, а при недостатніх запасах-якщо можливе їх збільшення до розрахункової потреби шляхом штучного поповнення;
- якщо якість води задовольняє ДСанПіН 2.2.4-171-10
 - якщо якість води при її відхиленні від зазначених державних стандартів може бути доведена до необхідної кондиції засобами обробки, передбаченими ДСанПіН 2.2.4-171-10;
- якщо вода з відхиленням від державних стандартів щодо окремих інгредієнтів свого хімічного складу з дозволу органів охорони здоров'я може бути подана водоспоживачам;
- якщо є можливість створити зону санітарної охорони відповідно до Положення;
- якщо використання підземних вод для водопостачання в кожному конкретному випадку є найбільш економічним у порівнянні з використанням інших джерел (річок, каналів, озер, водосховищ), у тому числі порівняно з можливою подачею води від системи водопостачання, що вже існує в районі;
- якщо незалежно від техніко-економічних міркувань використання підземних вод встановлено спеціальними умовами водопостачання.

Вибір водоносного пласта має проводитися з урахуванням його санітарної надійності та можливості отримання питної води.

Придатність джерела для господарсько-питного водопостачання встановлюється на основі:

- санітарну оцінку умов формування та залягання вод підземного джерела водопостачання;
- санітарної оцінки поверхневого джерела водопостачання, а також прилеглої території вище та нижче водозабору за течією води;
- оцінювання якості та кількості води джерела водопостачання;
- санітарну оцінку місця розміщення водозабірних споруд;
- прогноз санітарного стану джерел.

Залежно від якості води та необхідного ступеня обробки для доведення її до показників ДСанПіН 2.2.4-171-10 водні об'єкти, придатні як джерела господарсько-питного водопостачання, ділять на 3 класи.

1-й клас – якість води за всіма показниками відповідає вимогам ;

2-й клас ДСанПіН 2.2.4-171-10 – якість води має відхилення за окремими показниками вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10, які можуть бути усунені аеруванням, фільтруванням, знезараженням; або джерела з непостійною якістю води, що проявляється у сезонних коливаннях сухого залишку в межах нормативів ДСанПіН 2.2.4-171-10, що потребують профілактичного знезараження;

3-й клас – доведення якості води до в ДСанПіН 2.2.4-171-10 вимог методами обробки, передбаченими у 2-му класі, із застосуванням додаткових – фільтрування з попереднім відстоюванням, використання реагентів тощо. Показники якості води джерел водопостачання наведено у таблиці 15.

Показники якості води джерел водопостачання

Найменування показників	Показники якості води джерела за класами		
	1	2	3
Мутність, мг/дм ³ , трохи більше			
Кольоровість, градуси, не більше	1,5	1,5	10
Водневий показник (рН)	20	20	50
Залізо (Fe), мг/дм ³ , трохи більше	6-9	6-9	6-9
Марганець (Mn), мг/дм ³ , не більше	0,3	10	20
Сірководень (H ₂ S), мг/дм ³ , не більше	0,1	1	2
Фтор (F), мг/дм ³ , трохи більше	Відсутня	3	10
Окислюваність перманганатна мгО/дм ³ , не більше	1,5-0,7	1,5-0,7	5
	2	5	15
Число бактерій групи кишкових паличок (БГКП) в 1 дм ³ , не більше	3	100	1000

Визначення кількості свердловин

Кількість робочих експлуатаційних свердловин, що проектуються, визначається за умови забезпечення добової водопотреби об'єкта водопостачання за формулою:

$$n_p = \frac{Q}{t \cdot q_{уд} \cdot S}, \text{ ШТ, (2)}$$

Де Q - добова водопотреба об'єкта водопостачання, м³/доб;

t - число годин роботи свердловини протягом доби;

$q_{уд}$ - питомий дебіт свердловини, м³/год на 1 м зниження рівня води;

S - максимальне зниження рівня води у свердловині при відкачуванні.

У першому наближенні величина максимального зниження рівня води приймається рівною: де H - статичний напір води у водоносному пласті, м.

$$S = (0.25 - 0.4) \cdot H, (3)$$

де H - статичний напір води у водоносному пласті, м.

Остаточно визначається фактична глибина зниження рівня води у свердловині:

$$S_{\phi} = \frac{Q}{t \cdot q_{уд} \cdot n_{раб}} \quad (4)$$

Крім робочих свердловин, до складу свердловинного обладнання водозабору повинна входити щонайменше одна резервна свердловина ($n_{рез}=1$).

Загальна кількість свердловин:

$$n = n_{раб} + n_{рез} \quad (5)$$

Лекція № 4. ПРОЕКТУВАННЯ СВЕРДЛОВИННОГО ВОДОЗАБОРУ.

План лекції:

1. Розташування свердловин
2. Гідравлічний розрахунок одиночної свердловини
3. Розрахунок групи взаємодіючих свердловин

Розташування свердловин

Проектовані свердловини слід розташовувати так, щоб відстань між ними була мінімальною, враховуючи їхню можливу взаємодію. В величиною, що визначає допустиму відстань між свердловинами, є радіус їх впливу R , який за відсутності експлуатаційних та експериментальних даних можна приблизно визначити:

для безнапірних вод за формулою І.П. Кусакіна:

$$R = 1.95 \cdot S \cdot \sqrt{m \cdot k}, \text{ м, (6)}$$

а для напірних вод за формулою В. Зіхарда:

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{k}, \text{ м, (7)}$$

де S - Зниження рівня води в свердловині, м;

m - Потужність водоносного пласта, м;

k - Коефіцієнт фільтрації, м / добу.

За наявності відомостей про гранулометричний склад водоносного ґрунту та коефіцієнт фільтрації радіус впливу для напірних вод рекомендується приймати з таблиці.

Для розрахунково-графічних робіт та курсових проектів з метою виключення взаємодії свердловин рекомендується відстань між ними приймати:

$$L = 2 \cdot R, \text{ м (8)}$$

Крім того, для виключення повторних розрахунків окремих свердловин пропонується розташовувати їх на одній горизонталі.

Таблиця 17

Радіуси впливу свердловин

Водоносна порода	Діаметр частинок, мм	Коефіцієнт фільтрації	Радіус впливу
1	2	3	4
Пісок:			
тонкозернистий	0,05 – 0,10	0,1 – 5,0	25 – 50
дрібний	0,10 - 0,25	5,0 - 10,0	50 - 100
середньої крупності	0,25 – 0,50	10,0 – 25,0	100 – 300
великий	0,50 – 1,00	25,0 - 75,0	300 – 400
гравистий	1,00 - 2,00	75,0 - 100,0	400 – 500
Гравій:			
дрібний	2,00 – 3,00	75,0 - 100,0	400 – 600
середній	3,00 – 5,00	100,0 – 300,0	600 – 1500
великий	5,00 – 10,00	200,0 – 300,0	1500 – 3000

Таблиця 18

Відстань від свердловин до магістральних газонафтопроводів

Максимальний діаметр свердловини, мм	Відстань, м					
	Магістральні					
	газопроводи класу		нафтопроводи класу			
	I	II	IV	III	II	I
1	2	3	4	5	6	7
Менш ніж 300	30	30	30	-	-	-
300 – 500	-	50	-	30	-	-
300 – 600	50	50	-	-	-	-
500 – 1000	-	50	-	-	30	-
600 – 800	100	50	-	-	-	-
800 – 1000	150	50	-	-	-	-

При розміщенні водозабірних свердловин на місцевості необхідно враховувати вимоги щодо розташування їх на певній відстані від магістральних газо- та нафтопроводів (таблиця 18), від автомобільних доріг (таблиця 19) та від ліній електропередач (таблиця 20).

Таблиця 19

Відстань від свердловин до автомобільних доріг

Ділянки доріг	Відстань, м
Побудовані в обхід міст із перспективною чисельністю населення понад 250 тис. мешканців.	150
Те саме, чисельністю до 250 тис. мешканців.	100
На решті дороги.	50

Таблиця 20

Відстань від свердловин до ліній електропередач

Напруга в лініях електропередач, кв	Відстань, м	Напруга в лініях електропередач, кв	Відстань, м
до 1	2	150 – 220	25
1 - 20	10	330 – 500	30
35	15	750 – 800	40
110	20		

Гідравлічний розрахунок одиночної свердловини

Основними завданнями гідравлічних розрахунків водозабірних свердловин є: визначення дебіту та зниження рівня в процесі експлуатації водозабірної споруди; оцінка можливого впливу водозабору на існуючі або намічені до будівництва водозабори на інших ділянках водоносного пласта.

Одночасно з вирішенням цих завдань на основі гідравлічних розрахунків уточнюють схему розташування водозабірних свердловин та колодязів, їх число та розміри (глибина, діаметр).

Гідравлічні розрахунки виконуються зазвичай для кількох варіантів розташування водозаборів, якими проводять техніко-економічне зіставлення і вибір оптимальної схеми водозабору. У всіх випадках розрахункові зниження рівня зіставляють із припустимими пониженнями.

Залежність між можливим дебітом однієї досконалої свердловини та характерними параметрами водоносного пласта для напірних вод визначається за формулою Дюпюї:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot m \cdot S}{\ln \frac{R}{r}}, \quad (9)$$

де K - Коефіцієнт фільтрації водоносних порід, м/сут;

m - Потужність водоносного пласта, м;

S - максимально допустиме зниження рівня ґрунтових вод, м;

R - Радіус впливу, м;

r - Радіус свердловини (внутрішній радіус експлуатаційної колони).

З цієї формули можна визначити зниження рівня S , при якому буде забезпечено дебіт Q :

$$S = \frac{0,37 \cdot Q}{k \cdot m} \cdot \lg \frac{R}{r} \quad (10)$$

Якщо свердловина недосконала, то для отримання заданого дебіту Q необхідно додатково S знизити рівень на ΔS :

$$\Delta S = \frac{0,16 \cdot Q \cdot A}{k \cdot m}, \quad (11)$$

де A - емпіричний коефіцієнт, що залежить від відношення l/m , де l - Довжина водоприймаючої частини.

Для безнапірних вод у досконалій свердловині залежність має вигляд:

$$Q = \frac{1,36 \cdot K \cdot S \cdot H_6 - S^2}{\lg \frac{R}{r}}, \quad (12)$$

де H_6 - Потужність безнапірного водоносного пласта, м.

Для розрахунку недосконалої свердловини у безнапірному пласті визначається поправка ΔS за формулою:

$$\Delta S = h - \sqrt{h^2 - \frac{0,37 \cdot Q \cdot A}{k}}, \quad (13)$$

де h - Відстань від динамічного рівня води до водоупору.

За виконання курсового проекту для проектування одиночної свердловини складається її розрахункова схема. Вона потрібна для вирішення питань, пов'язаних із вибором основного обладнання свердловини та розробки її конструкції. Розрахункова схема наведена рис. 9.

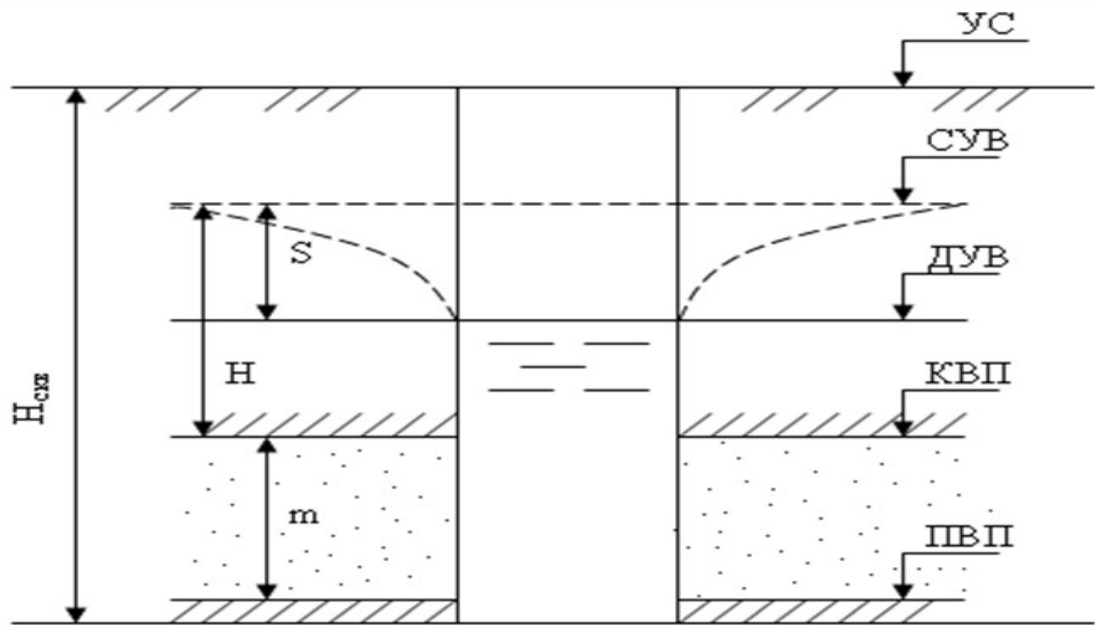


Рис. 9. Розрахункова схема свердловини

Позначення до схеми:

УС - відмітка гирла свердловини (поверхні землі);

КВП – відмітка покрівлі водоносного пласта – приймається з геолого-технічного розрізу (рис.7);

ПВП відмітка підосви водоносного пласта;

М – потужність водоносного пласта;

Нс – статичний напір водоносного пласта;

СУВ - відмітка статичного рівня води: $СУВ = КВП + Н$;

Sф - фактична глибина зниження рівня води;

ДУВ - позначка динамічного рівня води: $ДУВ = СУВ - Sф$;

Д – відмітка дна свердловини (приймається на 2 м нижче за ПВП): $Д = ПВП - 2$;

Нскв - глибина свердловини: $Нскв = УС - Д$.

Розрахунок групи взаємодіючих свердловин

Для зменшення довжини комунікацій, що з'єднують водозабірні свердловини, поліпшення умов їх експлуатації у багатьох випадках свердловини доводиться розташовувати на відстанях менше $2R$. Це

призводить до того, що при заборі води групою свердловин з одного водоносного шару ці свердловини стають взаємодіючими. Це означає, що дебіт свердловини залежить від дебітів інших свердловин (рис. 10).

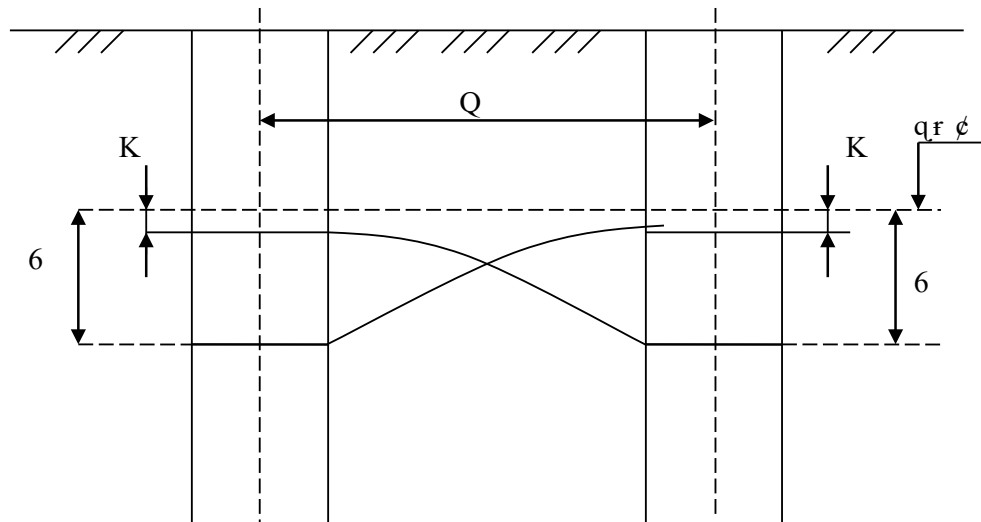


Рис. 10. Схема взаємодіючих свердловин

В цьому випадку величина h і h_1 для двох свердловин називаються відрізками рівнів. Для врахування взаємодії визначаються коефіцієнти зниження дебіту кожної свердловини:

$$a_1 = \frac{h}{s_1 - h_1}, \quad (14)$$

$$a_2 = \frac{h}{s - h} \quad (15)$$

Питомий дебіт кожної із взаємодіючих свердловин дорівнюватиме:

$$q' = q_0 \cdot \eta - \sum a_i \eta, \quad (16)$$

де q' - питомий дебіт свердловини з урахуванням впливу неї інших свердловин;

q_0 - питомий дебіт свердловини без урахування впливу неї інших свердловин.

Розрахунок групи взаємодіючих свердловин полягає у визначенні їх числа, продуктивності, відстані між ними, зниження рівнів. Проводять його у такій послідовності.

1. Визначають дебіт одиночної свердловини за формулами:

для досконалих свердловин, закладених у напірних пластах:

$$q = 2.73 \cdot K_{\phi} \frac{m \cdot S}{\lg \frac{R}{r}} \quad (17)$$

Таблиця 21

Орієнтовні значення коефіцієнтів фільтрації K_{ϕ} та водовіддачі μ

Породи	K_{ϕ} , м/добу	μ
Піски пилюваті, супіски		
Піски дрібні		
Піски середньої	0,1... 1	0,1 ... 0,15
крупності та гравілісті	1...5	0,15..0,2
Галечно-гравелісті	5...30	0,2...0,25
відкладення		
Вапняки	100...200	0,25... 0,3
Піщаники		
	20...50	0,005...0,1
	10...20	0,001...0,03

Вибір насосного агрегату

У більшості випадків артезіанські свердловини, що не самовиливаються, обладнають зануреним електронасосом, що опускається під динамічний рівень води.

Для вибору марки насоса визначається його подача та повний напір.

Подача свердловинного насоса визначається за такою формулою:

$$Q_n = \frac{Q}{t \cdot n_p}, \text{ м}^3/\text{год},$$

де Q -добова водопотреба об'єкта водопостачання, м³/добу;

t -число годин роботи свердловини протягом доби;

n_p -Кількість робочих свердловин.

Для визначення повного напору насоса складається розрахункова схема водопідйомника (рис. 15).

Повний напір насоса визначається за такою формулою:

$$H_n = B - \text{ВН} + h_w, \text{ м}, (33)$$

де B - позначка, на яку необхідно подати воду зі свердловини (приймається з вихідних даних);

"ВН"- позначка верху насоса, який розташовується на глибині не менше 2 метрів під динамічним рівнем води;

h_w - втрати напору у водопідйомній трубі, м. Величина h_w визначається з урахуванням гідравлічного розрахунку. Для наближеного розрахунку рекомендується приймати: $h_w = 2-4$ м.

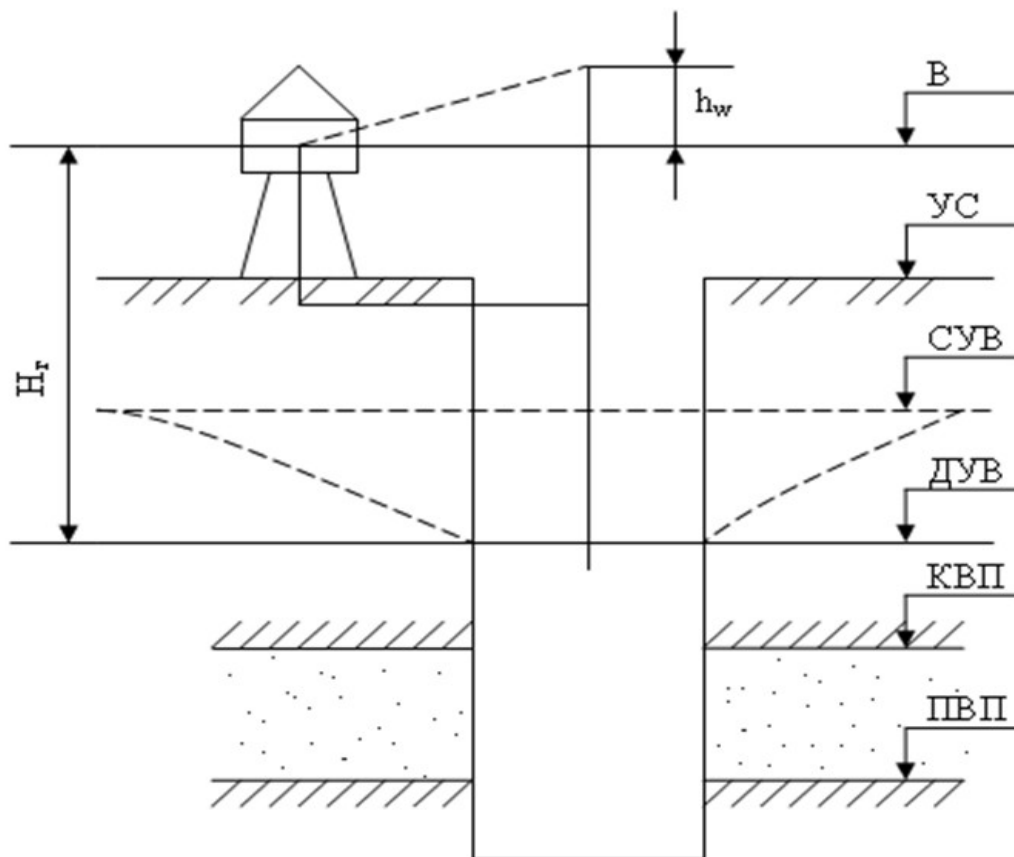


Рис. 15. Розрахункова схема водоприймача.

За значеннями H_n і Q_n з таблиці 25 приймається марка занурювального відцентрового насоса.

Таблиця 25

Технічні характеристики занурювального відцентрового насоса

Тип	Насос					тип
	подача м ³ /год	натиск вод. ст	уход	маса, кг	підпір, вод. ст	
1	2	3	4	5	6	7
ЕЦВ4-1, 6-30	1,6	30	8	5,9	1	ПЕДВ0, 4-93
ЕЦВ4-1, 6-50	1,6	50	14	6,8	1	ПЕДВ0, 7-93
ЕЦВ4-1, 6-65	1,6	65	18	7,4	1	1ПЕДВ1-93
ЕЦВ4-1, 6-85	1,6	85	21	8,1	1	Те саме
ЕЦВ4-1, 6-130	1,6	130	31	22	1	1ПЕДВ1, 6-93
ЕЦВ4-4-30	4,0	30	7	7	1	ПЕДВ0, 7-93
1ЕЦВ4-4-45	4,0	45	10	7	1	1ПЕДВ1-93
1ЕЦВ4-4-70	4,0	70	15	8,5	1	1ПЕДВ1, 6-93
ЕЦВ5-4-125	4,0	125	22	15	1	ПЕДВ2, 8-114
ЕЦВ5-6, 3-80	6,3	80	14	15	1	Те саме
ЕЦВ5-4-90	4,0	90	10	30	1	ПЕДВ2, 8-140
ЕЦВ6-4-130	4,0	130	15	42	1	ПЕДВ2, 8-140
ЕЦВ6-4-190	4,0	190	22	52	1	1ПЕДВ4, 5-140
2ЕЦВ6-6, 3-85	6,3	85	10	30	1	ПЕДВ2, 8-140
1ЕЦВ6-6, 3-125	6,3	125	15	42	1	1ПЕДВ4, 5-140
3ЕЦВ6-6, 3-60	6,3	60	8	24	1	ПЕДВ2-140
3ЕЦВ6-6, 3-85	6,3	85	12	29	1	ПЕДВ2, 8-140
3ЕЦВ6-6, 3-125	6,3	125	18	36	1	4ПЕДВ4, 5-140
1ЕЦВ6-10-50	10	50	6	25	1	1ПЕДВ2, 8-140
ЕЦВ6-10-80	10	80	9	29	1	1ПЕДВ4, 5-140
1ЕЦВ6-10-80	10	80	9	25	1	ПЕДВ4, 5-140
ЕЦВ6-10-110	10	110	12	34	1	ПЕДВ5, 5-140
1ЕЦВ6-10-140	10	140	15	44	1	3ПЕДВ8-140
1ЕЦВ6-10-185	10	185	21	54	1	Те саме
ЕЦВ6-10-235	10	235	27	66	1	ПЕДВ11-140
3ЕЦВ6-16-50	16	50	6	28	1	ПЕДВ4,5-140
3ЕЦВ6-16-75	16	75	9	34	1	ПЕДВ5,5-140
3ЕЦВ8-16-140	16	140	12	65	1	ПЕДВ11-180
1ЕЦВ8-25-100	25	100	7	38	1	4ПЕДВ11-180
ЕЦВ8-25-150	25	150	10	63	1	1ПЕДВ16-180
ЕЦВ8-25-195	25	195	13	69	1	3ПЕДВ22-180
1ЕЦВ8-25-300	25	300	19	268	1	ПЕДВ32-18
ЕЦВ8-40-65	40	65	5	95	1	ПЕДВ11-180
ЕЦВ8-40-165	40	165	12	172	1	ПЕДВ32-180
ЕЦВ10-63-40Г	63	40	2	84	1	ПЕДВ11-180Г
1ЕЦВ10-63-65	63	65	3	86	1	ПЕДВ22-219
ЕЦВ10-63-110	63	110	5	148	1	ПЕДВ32-230
1ЕЦВ10-63-110	63	110	5	100	1	ПЕДВ32-219
1ЕЦВ1-63-150	63	150	7	130	1	ПЕДВ45-219
1ЕЦВ1-63-180	63	180	9	136	1	ПЕДВ45-219

По марці насоса підбираються основні характеристики. Наприклад, насос марки ЕЦВ6-70-100: Е – електричний, Ц – відцентровий, У – для води; 6 – зовнішній діаметр насоса, збільшений у 25 разів на м; тобто $D_n = 6 \cdot 25 = 150$ мм; 70 - подача м³/годину; 110 – натиск у метрах.

Вибір конструкції водоприймальної частини свердловини

Водоприймальна частина свердловини може бути безфільтровою або обладнана певним фільтром конструкції.

Вибір конструкції водоприймальної частини здійснюється в залежності від характеристик порід водоносних пластів та покритті над цим пластом.

Проектування водоприймаючої частини безфільтрової свердловини .

У твердих стійких водоносних породах (скельних) забір води може здійснюватися без застосування фільтрів. У деяких випадках свердловини

безфільтрові бурять і для забору води з піщаних водоносних порід. Необхідна умова для буріння таких свердловин – стійкість покрівлі над водоносним шаром та наявності напору води у ньому. У цих умовах свердловину бурять до водоносного горизонту і витягають з нього пісок у кількості, достатній для створення порожнини (воронки), обсяг якої забезпечує необхідне надходження води до свердловини без піскування. Схеми пристрою безфільтрової свердловини показані малюнку 16.

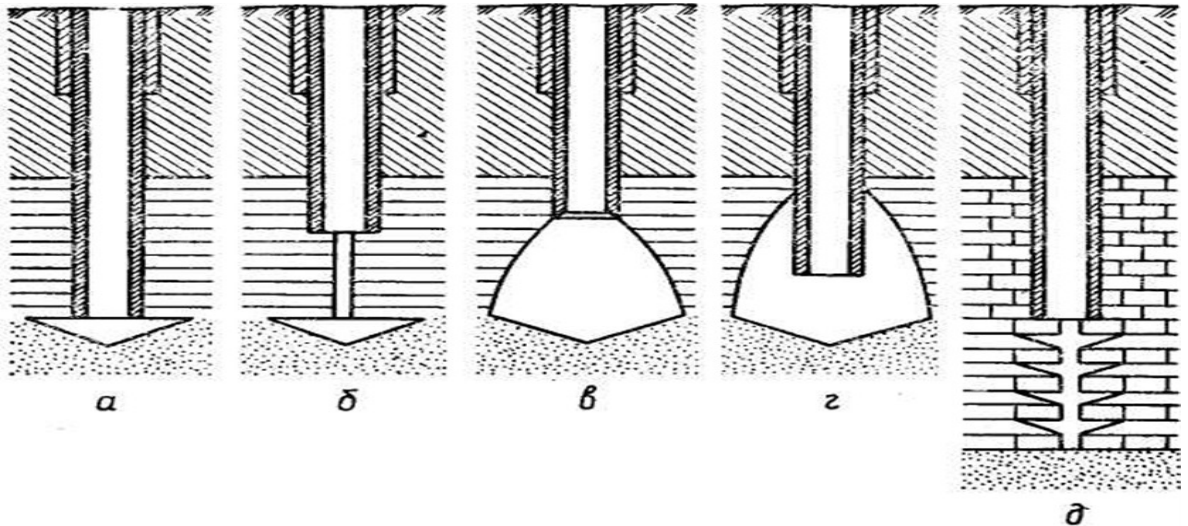


Рис. 16. Конструкції безфільтрових свердловин:

а – свердловина з водоприймальною каверною у вигляді лійки, обсадні труби доведені до водоносного горизонту; труби доведені до водоносного горизонту, над каверною склепіння обвалення; д - свердловина з подовженою водоприймальною каверною в водоносному горизонті, що перешаровується, воронки утворені в кожному пухкому шарі.

Необхідною умовою спорудження безфільтрових свердловин є наявність стійкої покрівлі над водоносним горизонтом, а у разі покрівлі, складеної глинами, наявність підпору підземних вод, що її підтримує.

До основних переваг безфільтрових свердловин належать такі:

- довговічність та надійність роботи;
- високі та стійкі (у часі) дебіти; вони значно перевищують дебіти свердловин із фільтрами;
- можливість відбору води з пилюватих, глинистих та тонкозернистих пісків з низькою проникністю;
- скорочення глибини свердловини;
- мала витрата труб;

- низькі будівельні та експлуатаційні витрати;
 - різке зменшення трудомісткості та витрат при ремонті.
- Визначається необхідний радіус водоприймальної вирви:

$$R = \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot V_0 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}}, \text{ м, (34)}$$

де q - дебіт безфільтрової свердловини, $\text{м}^3/\text{сут}$;

V_0 – допустима швидкість фільтрації на межі виходу ґрунтового потоку у вирву, $\text{м}/\text{добу}$;

φ – кут природного укосу піску під водою.

Величина V_0 визначається за такою формулою:

$$V = K_\phi \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot (1 - \rho), \text{ м}/\text{добу, (35)}$$

де K_ϕ – коефіцієнт фільтрації водоносного ґрунту, $\text{м}/\text{добу}$;

η_1 - Коефіцієнт запасу ($\eta = 0,7-0,8$);

η_2 - Коефіцієнт зменшення допустимих ухилів. Він залежить від кута природного укосу. Для $\varphi = 25^\circ \eta_2 = 0,84$;

ρ – пористість водоносного піску, у частках (прийняти $\rho = 0,38$).

2.10.3. Визначається висота водоприймальної вирви:

$$h = R \cdot t \cdot g \cdot \varphi, \text{ м (36)}$$

Визначається висота склепіння обвалу за формулою:

$$h_{об} = \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha}, \text{ (37)}$$

де α - кут внутрішнього тертя глинистого ґрунту покрівлі
 $\operatorname{tg} \alpha = 0,78$.

Визначається допустимий радіус водоприймальної вирви з умови необрушення покрівлі:

$$R_{\text{доп}} \leq \frac{\gamma (U_{\text{ст}} - S) \cdot \operatorname{tg} \alpha}{(1 - P_{\text{кр}}) \cdot \gamma_{\text{кр}} + \gamma \cdot P_{\text{кр}}}, \text{ (38)}$$

де $U_{\text{ст}}$ - статичний напір води в свердловині, м ;

S – глибина зниження рівня води у свердловині, м ;

$P_{\text{кр}}$ - пористість породи покрівлі (у частках). Приймаємо $P_{\text{кр}} = 0,2$;

$\gamma_{кр}$ – питома щільність породи покрівлі, т/м³, $\gamma_{кр}=2,73 - 2,92$;

γ – питома вага породи ($\gamma=1$ т/м³).

Порівнюється $R_{доп}$ з R :

Якщо $R_{доп} < R$, то розрахунок закінчено: свердловина відповідає вимогам стійкості покрівлі.

Якщо $R_{доп} > R$, приймається остаточний радіус $R_{доп}$ і йому остаточно перебуває h .

Конструкції фільтрів водозабірних свердловин.

Фільтри водозабірних свердловин повинні забезпечувати вільний доступ води до свердловини, надійно захищати її від піскування при мінімальних гідравлічних втратах, забезпечувати стійку роботу свердловини протягом тривалого часу, а у разі кольматажу водоприймальної поверхні допускати можливість проведення відновлювальних заходів з використанням різних реагентів-розчинників або спільного імпульсу. та реагентного відновлення продуктивності свердловин

Фільтр – основний елемент свердловини, тому його якості залежать дебіт і довговічність свердловини. Конструкцію фільтра вибирають з урахуванням гранулометричного складу порід водоносного горизонту.

Фільтр складається з водоприймальної (робочої) частини, надфільтрових труб та відстійників. Довжина надфільтрових труб залежить від конструкції свердловини. Коли фільтр знаходиться на колоні, то розташовані вище за нього надфільтрові труби є одночасно і експлуатаційною колоною.

Між експлуатаційною колоною та надфільтровою трубою повинен бути встановлений сальник.

Конструкції фільтрів повинні відповідати таким вимогам:

- 1) мати необхідну механічну міцність і достатню стійкість проти корозії та ерозійного впливу води;
- 2) діаметри фільтрових каркасів повинні бути розраховані на максимальний пропуск води зі швидкістю, що не перевищує 1,5-2 м/с;

3) водопроникність фільтрів повинна бути значно вищою за водопроникність водоносних порід, в яких вони встановлюються, і для даних гідрогеологічних умов повинна передбачатися максимальною з урахуванням можливого хімічного та біологічного колюматажу при експлуатації водозаборів.

4) фільтри повинні бути доступні для проведення заходів щодо відновлення продуктивності свердловин.

Фільтри складаються з каркасу та водоприймальної поверхні. Випускаються такі типи каркасів: стрижневі; трубчасті з круглими або щілиніми отворами; каркаси зі штампованого листа; спіральні-дротяні. Каркаси є основою для водоприймальної поверхні, яка влаштовується з: дротяної обмотки, штампованого листа, металевих та неметалічних сіток.

У гравійно-галечникових відкладеннях, а також у нестійких напівскельних та скельних породах зазначені типи каркасів можуть використовуватися без додаткової водоприймальної поверхні.

Найбільш поширеним та ефективним типом фільтрів з точки зору забезпечення тривалої та стійкої експлуатації свердловин є гравійні фільтри, які, у свою чергу, поділяються на засипні, кожухові, блокові. Кожухові та блокові фільтри збираються на поверхні та в готовому вигляді встановлюються у свердловинах.

Гравійні фільтри можуть мати як підтримуючу основу безпосередньо фільтри-каркаси (стрижневі, трубчасті та ін.) або різні водоприймальні поверхні - дротяні обмотки, сітки і т.д.

Основні конструктивні схеми фільтрів представлені малюнку 18.

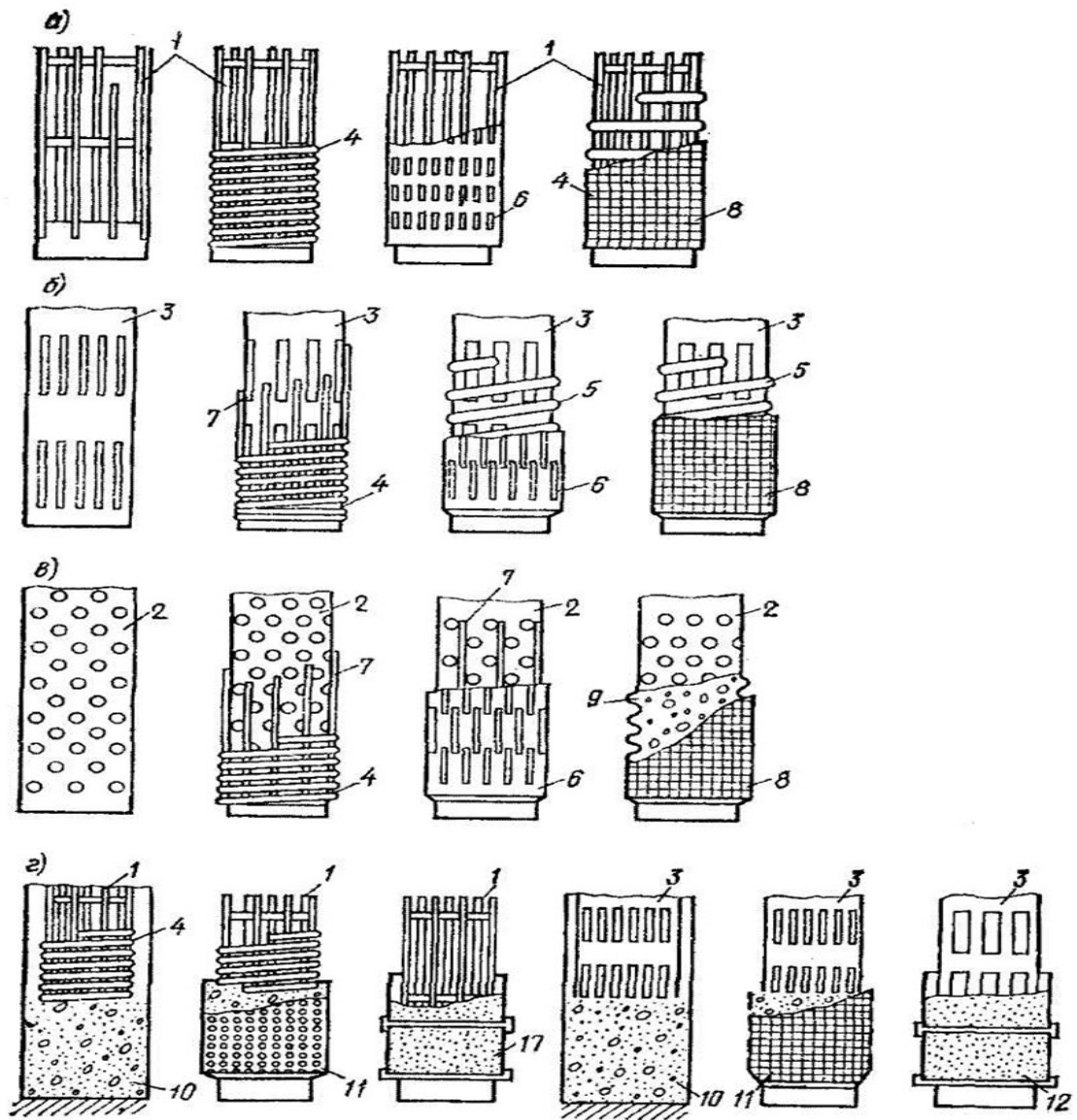


Рис. 18. Основні схеми конструкцій фільтрів водозабірних свердловин

а – на основі стрижневих каркасів;

б – на основі трубчастих каркасів із щілинною перфорацією;

в – на основі трубчастих каркасів із круглою перфорацією;

г – гравійні фільтри; 1 – стрижневий каркас на опорних кільцях;

2 – трубчастий каркас із круглою перфорацією; 3 – щілинний трубчастий каркас;

4 – дротяна обмотка з нержавіючої сталі;

5 – опорна дротяна спіраль;

6 – лист, штампований з нержавіючої сталі;

7 – опорні дротяні стрижні під дротяну обмотку та лист;

- 8 – сітка з нержавіючої сталі або латуні;
- 9 – сітка підкладна, синтетична;
- 10 - пухка обсіпка;
- 11 - гравійне обсіпання в кожусі;
- 12 – гравійний блок.

Розрахунок фільтрів водозабірних свердловин.

Загальні положення

Довжина фільтра визначається залежно від продуктивності свердловин, зміни водопроникності порід та гідрохімічних умов.

Теоретично в однорідних пластах величина гідравлічних втрат у фільтрі зростає до певних меж, і при деяких співвідношеннях розмірів фільтра (його діаметра, довжини, шпаруватості) гідравлічні втрати та приплив до свердловини повинні залишатися постійними.

Тим не менш, в реальних умовах, враховуючи неоднорідність водоносного горизонту та можливість інтенсивного хімічного заростання фільтрів, слід збільшувати довжину та розміри отворів фільтрів. При цьому в першу чергу фільтри повинні встановлюватися в водозонах водоносного горизонту.

У безнапірних водоносних горизонтах довжина фільтра визначається з урахуванням зниження динамічного рівня свердловини: у разі потужність $m \approx h_e - S_0/2$ де h_e - початкова потужність безнапірного горизонту; S_0 - проектне зниження рівня свердловини.

При виборі типу фільтра для обладнання свердловини необхідно виходити з застосування конструкції, коефіцієнт водопроникності, якої дорівнює або перевищує коефіцієнт водопроникності водоносних порід або гравійних обсіпок, що контактують з фільтром. Коефіцієнт водопроникності каркасно-стрижневих фільтрів змінюється від 1,5 до 2,15 см/с, дротяних конструкцій на трубчастому каркасі - від 0,42 до 1,8 см/с, фільтра з водоприймальною поверхнею зі штампованого листа - від 0,23 до 0,52 см/с, сітчастих фільтрів із сіткою галунного плетіння - від 0,08 до 0,37 см/с.

Фільтраційні характеристики суттєво погіршуються в блокових конструкціях та при ускладненні водоприймальної поверхні. Величина коефіцієнта водопроникності нових модифікацій рекомендованих фільтрів встановлюється індикаторним методом.

Розмір прохідних отворів фільтра призначають з урахуванням гранулометричного складу порід, що складають водоносний горизонт, і відповідного розміру частинок гравійної обсіпки. Для вибору розміру отворів фільтрів рекомендуються такі емпіричні співвідношення (табл. 27).

Таблиця 27

Рекомендовані розміри отворів фільтрів

Фільтр	Рекомендовані розміри отворів фільтрів	
	в однорідних породах $K_n \leq 2$	у неоднорідних породах $K_n > 2$
З круглою перфорацією	2,5-3d50	3-4 d50
Сітчастий	1,5-2 d50	2-2,5 d50
З щільною перфорацією	1,25-1 d50	1,5-2 d50
Дротовий	1,25 d50	1,5 d50

Примітки:

1. $K_n = \frac{d_{60}}{d_{10}}$, d50, d60, d10 – розміри частинок, менше яких у водоносному пласті міститься відповідно 10, 50 та 60 % (визначається за графіком гранулометричного складу).

2. Найменші значення чисельних коефіцієнтів K_n відносяться до дрібнозернистих порід, великі - до крупнозернистих.

Розміри прохідних отворів фільтрів при влаштуванні гравійного обсіпання повинні прийматися рівними середньому діаметру частинок шару обсіпки d50, що примикає до стінок фільтра.

Основною вимогою до підбору гравійних обсіпок є забезпечення суффозійної стійкості порід у свердловинній зоні за збереження щодо невеликих контактних втрат напору.

При підборі гравійного фільтра відносно однорідних ґрунтах ($K_n < 5$) повинно витримуватися співвідношення

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} \approx 8-12, (39)$$

де D_{50} і d_{50} - середній діаметр частинок відповідно водоносних порід та матеріалу обсіпання.

Для підбору розміру частинок обсіпання істотно суффозійних породах, при значній їх неоднорідності ($K_n < 5$) можна користуватися діаграмою малюнок 20. Розрахункову величину середнього діаметра обсіпки отримують множенням на 5 знайденої за графіком величини характерного діаметра (на перетині з кривою зерно).

Наприклад, точку А на рис. 20 на перетині кривої гранулометричного складу водоносних порід з кривою характерного діаметра (пунктирна лінія)

відповідає розрахунковий діаметр 2,6 мм. Отже, d_{50} гравію обсіпання буде $2,6 \cdot 5 = 13$ мм.

Підбір механічного складу матеріалу при влаштуванні двох та тришарових гравійних обсіпок фільтрів слід проводити за співвідношенням.

$\frac{D_{50^1}}{D_{50^2}} \approx 4-6$, де D_{50^1} і D_{50^2} - Середні діаметри частинок матеріалу сусідніх шарів обсіпання.

Матеріал обсіпання має бути однорідним. У всіх випадках кількість частини максимального та мінімального діаметра у складі обсіпання не повинна перевищувати 10 %.

Оптимальна товщина обсіпання має становити 150-200 мм. Мінімальну її величину слід вибирати в залежності від розміру зерен гравію та піску.

У свердловинах з багатошаровим обсіпанням товщина шару з дрібного гравію (піску) не повинна прийматися менше товщини опорного шару гравію. Застосування для гравійних фільтрів неоднорідного складу недоцільно через істотне розшарування його в процесі засипки.

Примітка. Матеріал, що використовується для гравійних фільтрів, повинен бути незабрудненим, не містити глинистих, пилюватих частинок і бути надійним у санітарному відношенні.

Лекція № 5. Розрахунок фільтрів і конструкції свердловин

Розрахунок трубчастого фільтра з круглою перфорацією

Розрахункова схема ланки трубчастого фільтра наведено на рис. 21.

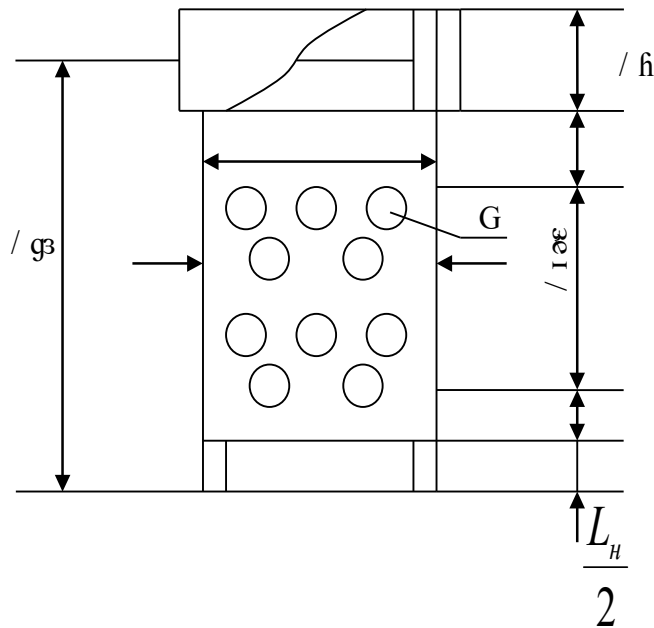


Рис. 21. Схема ланки трубчастого фільтра

Визначається мінімальний допустимий зовнішній діаметр фільтра за формулою:

$$D_{\text{фм}} = \frac{Q}{\pi \cdot h_{\text{рф}} \cdot V_0 \cdot \rho}, \text{ м, (40)}$$

де Q – дебіт свердловини, м³/год;

$h_{\text{рф}}$ – Довжина робочої частини фільтра (для напірних вод цю величину призначають на 3-4 м менше потужності водоносного пласта);

ρ – пористість фільтра (приймається для трубчастих фільтрів у межах 0,25-0,30);

V_0 – допустима вихідна швидкість фільтрації, м/год, визначається за формулою

$$V_0 = \frac{65 \sqrt[3]{K_\phi}}{24}, \text{ м/год, (41)}$$

де K_ϕ - коефіцієнт фільтрації водоносного ґрунту.

Після визначення мінімально допустимого діаметра фільтра, враховуючи, що цей фільтр виготовляється з обсадних труб згідно з ДСТУ 8932:2019, підбирають конструктивний діаметр фільтра $D_{\text{фк}}$, користуючись даними, наведеними в таблиці 29.

Таблиця 29

Труби обсадні цільнотягнуті та муфти до них (ДСТУ 8932:2019)

Труби				Муфти		
зовнішній діаметр, мм	товщина стінки, мм	внутрішній діаметр, мм	теоретична маса, кг	зовнішній діаметр, мм	довжина, мм	маса, кг
1	2	3	4	5	6	7
114	7	100	18,5	133	191	6,3
127	7	113	20,7	147	191	7,3
141	7	127	23,1	166	191	8,7
	10	121	32,3			
146	7	132	24,0	166	191	8,7
	10	126	33,5			
159	12	122	39,7	179	191	9,0
	10	139	36,7			
168	7	154	27,8	188	184	9,1
	12	144	42,2			
194	9	176	41,1	216	203	12,5
	14	166	62,2			
219	8	203	41,6	243	203	15,0
	11	197	56,4			
245	8	229	46,8	269	203	11,3
	11	223	63,5			
289	10,5	252	68,0	296	216	21,3
	10	253	71,3			
315	12	275	84,9	325	216	24,3
	10	273	77,7			
325	12	301	92,6	351	229	28,0
351	11	329	92,2	376	229	29,0
377	11	355	99,3	402	229	31,0
426	11	404	112,6	451	220	35,0
508	11	486	135,0	533	228	44,6

По п'ятдесятивідсотковому діаметру частинок водоносного ґрунту (d_{50}) визначається діаметр отворів у фільтрі:

$$D_0 = (2,5 - 4,0) \cdot d_{50} \quad (42)$$

Якщо потужність водоносного пласта (m) не перевищує 10 м, фільтрова колона має складатися з однієї ланки. Довжина робочої частини фільтра в цьому випадку приймається рівною:

$$L_{ав} = (0,8 - 0,9) \cdot m \quad (43)$$

Якщо потужність водоносного пласта більше 10 м, фільтр має складатися з кількох ланок. Довжина однієї ланки повинна бути в межах $L_{ав} = 5-10$ м. У цьому випадку загальна кількість ланок дорівнює:

$$n_{ав} = \frac{m - (2 - 4)}{L_{ав}} \quad (44)$$

Визначається загальна кількість отворів, яку необхідно розмістити на бічній поверхні однієї ланки робочої частини трубчастого фільтра. Для цього визначається загальна площа бічної поверхні:

$$F_6 = D_{фк} \cdot \pi (L_{ав} - L_m - 0,2), \text{ м}, \quad (45)$$

де $D_{фк}$ - конструктивний зовнішній діаметр, м;

$L_{ав}$ - довжина ланки, м;

L_m - довжина муфти, м (приймається за таблицею 22).

Визначається площа одного отвору:

$$F_0 = 0,785 \cdot D_0^2, \text{ м}^2, \quad (46)$$

де D_0 - діаметр одного отвору, м-код.

Визначається загальна площа всіх отворів, що розміщуються на бічній поверхні однієї ланки фільтра:

$$F = \rho \cdot F_0, \text{ м}^2, \quad (47)$$

де ρ - пористість фільтра.

Загальна кількість отворів на одній ланці фільтра:

$$n = \frac{F}{F_0} \text{ штук} \quad (48)$$

Для розміщення отворів на бічній поверхні фільтра визначають відстань між осями рядів отворів: $L = (1,4-1,7)D_0$ та відстань між осями отворів у кожному ряді: $L_0 = (1,7-2,4)D_0$.

Розрахунок сітчастого фільтра

Складається розрахункова схема однієї ланки фільтра (рис. 22).

Сітчастий фільтр є каркасом з обсадних труб з круглою перфорацією, обтягнутий сіткою квадратного або галунного плетіння. Мінімальний зовнішній допустимий діаметр сітчастого фільтра $D_{фм}$ визначається так само, як і діаметр трубчастого фільтра. У цьому пористість фільтра приймається $\rho = 1$.

Якщо величина $D_{фм}$ вийшла менше 114 мм, остаточно приймається діаметр каркаса фільтра $D_k=114$ мм. Якщо величина вийшла більше 114 мм, остаточно приймають D_k таблиці 22.

Визначається необхідний розмір отвору у сітці:

$$D_0 = (1,5 - 2,5) \cdot d_{50} \quad (49)$$

Для фільтрів із сіткою квадратного плетіння підбирається номер сітки та виписується її характеристика з таблиці 30.

Таблиця 30

Сітка дротяна ткани з квадратними осередками

Номер сітки	Діаметр дроту, мм	Розмір сторони комірки у світлі, мм	Вага 1м ² с латунної,
1	2	3	4

	0,50	2,60	1,14
	0,50	2,50	1,18
2,60	0,50	2,00	1,41
2,50	0,45	1,60	1,39
2,00	0,40	1,25	1,33
1,60	0,35	1,00	1,23
1,25	0,35	0,90	1,38
1,00	0,30	0,80	1,20
0,90	0,30	0,70	1,27
0,80	0,25	0,63	1,00
0,70	0,25	0,60	1,04
0,63	0,23	0,56	0,97
0,60	0,22	0,45	0,72
0,56	0,18	0,45	0,72
0,50	0,15	0,42	0,55
0,45	0,15	0,40	0,58
0,42			
0,40			

Визначається конструктивний діаметр сітчастого фільтра за формулою:

$$D_{\text{ФК}} + 2t_{\text{с}} + 2t_{\text{п}} + 2t_{\text{СТ}}, \text{ мм}, (50)$$

де $D_{\text{ФК}}$ - конструктивний діаметр каркасу фільтра, мм;

$t_{\text{с}}$ - товщина сітки, мм;

$t_{\text{п}}$ - товщина підмотування під сітку, яка виконується із дроту діаметром 2-3 мм;

$t_{\text{СТ}}$ - товщина стрижнів, що наварюються вздовж каркаса фільтра.

Кожен стрижень має діаметр 3-4 мм.

Товщина сітки квадратного плетіння дорівнює:

$$t_{\text{с}} = 3d, \text{ мм} (51)$$

де d – діаметр дроту, мм.

Товщина сітки галунного плетіння дорівнює:

$$t_{\text{с}} = 2d + d_0, \text{ мм},$$

де d_y – діаметр дроту качка, мм;

d_0 – діаметр дроту основи, мм.

Розрахунок гравійного фільтра

Одним з різновидів гравійних фільтрів є цементований гравійний фільтр СГФ.

Складається схема однієї ланки СГФ (рис.23), цей фільтр є каркасом з обсадних труб з круглою перфорацією, навколо якого влаштовується зціментований шар гравію.

Мінімальний допустимий зовнішній діаметр гравійного фільтра $D_{фм}$ визначається так само, як і трубчастого фільтра. У цьому пористість фільтра приймається $\rho=1$.

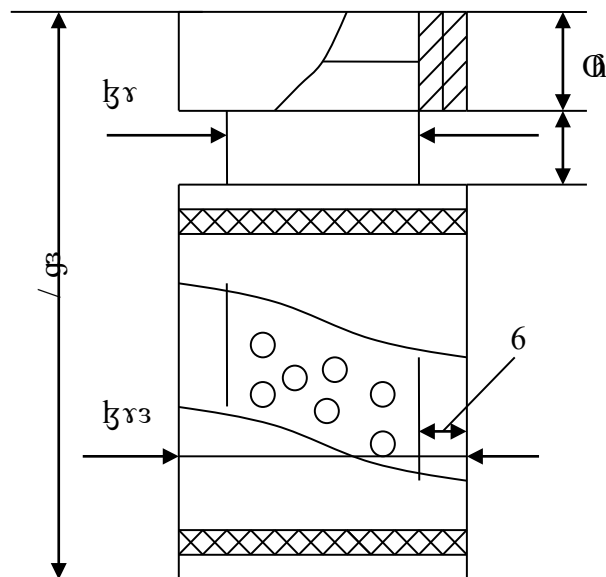


Рис. 23. Схема ланки гравійного фільтра

Визначається товщина цементованого шару фільтра:

$$\delta = 0,5 \cdot D_{50} + 1, \text{ см, (52)}$$

де D_{50} – п'ятдесятивідсотковий діаметр зерен гравію.

$$D_{50} = A \cdot d, \text{ мм}, (53)$$

де A - коефіцієнт переходу, що враховує склад водоносного піску (приймається в межах $A = 16-20$);

d - п'ятдесятивідсотковий діаметр зерен водоносного піску, мм.

Зовнішній діаметр каркасу гравійного фільтра визначається за такою формулою:

$$D_k = D_{\text{фм}} - 2\delta, \text{ мм} (54)$$

Якщо величина D_k вийшла менше 114 мм, остаточно приймають діаметр каркасу $D_k = 114$ мм. Якщо величина D_k вийшла більше 114 мм, приймають D_k із таблиці 29.

Визначається конструктивний діаметр гравійного фільтра.

$$D_{\text{фк}} = D_k + 2\delta, \text{ мм} (55)$$

Кількість та розміри ланок гравійного фільтра визначаються так само, як для трубчастого фільтра.

Розробка конструкції свердловини ударно-канатного буріння

Основними елементами конструкції стовбура свердловини є діаметри, довжини та кількість колон обсадних труб, якими зміцнюють стінки свердловини. Конструкція свердловини залежить від способу буріння.

При ударно-канатному бурінні кількість обсадних колон визначається з урахуванням допустимої величини виходу кожної колони. Вихід повинен прийматись у межах: $\Delta H = 30 - 50$ м.

Загальна кількість колон (включаючи напрямну) для орієнтовного розрахунку визначається за формулою:

$$n = \frac{H_{\text{скв}}}{\Delta H}, \text{ Шт.}, (56)$$

де $H_{\text{скв}}$ – глибина свердловини (від поверхні землі до покрівлі водоносного пласта).

Складається схема конструкції стовбура свердловини ударно-канатного буріння.

Внутрішня колона називається експлуатаційною, зовнішня напрямною, проміжні - технічними.

Внутрішній діаметр експлуатаційної колони обумовлюється конструктивними діаметрами фільтра або водопідйомника (великим з них) та підбирається за таблицею 29.

По внутрішньому діаметру таблиці 22 підбирається діаметр експлуатаційної колони. Довжина експлуатаційної колони приймається рівною глибині свердловини.

Визначають розміри наступної колони (технічної чи напрямної). Внутрішній діаметр цієї колони повинен бути більшим (не менше ніж на 20 мм) зовнішнього діаметра попередньої (експлуатаційної) колони. Потім визначається таблиці 22 зовнішній діаметр колони. Її довжина повинна бути меншою за довжину попередньої колони на величину Δh .

Підбираються розміри інших технічних та напрямних колон. Довжина напрямної колони рекомендується в межах від 10 до 20 м-коду.

Конструкція свердловини ударно-канатного буріння викреслюється у вертикальному масштабі на проектному геолого-технічному розрізі (рис. 7).

Розробка конструкції свердловини роторного буріння

При роторному бурінні стовбур свердловини зазвичай складається з двох обсадних колон труб - експлуатаційної та спрямовуючої.

Якщо глибина свердловини перевищує 120 м, влаштовується одна проміжна (технічна) колона.

Складається схема конструкції свердловини роторного буріння.

Діаметри та довжина експлуатаційної колони: $D_{\text{э}}^{\text{о}}; D_{\text{э}}^{\text{н}}; L_{\text{э}}$ приймаються так само, як і для ударно-канатного буріння. Крім того, по таблиці 22 кожної колони визначається діаметр муфти $D_{\text{э}}^{\text{м}}$.

Внутрішній діаметр наступної колони (технічної або направляючої) повинен бути більшим (не менше ніж на 20 мм) діаметра муфти попередньої колони.

Довжина прямої колони рекомендується в межах від 10 до 20 м-кodu.

Конструкція свердловини роторного буріння викреслюється у вертикальному масштабі на проектному геолого-технічному розрізі (рис. 7).

Лекція № 6. ОРГАНІЗАЦІЯ І ВИРОБНИЦТВО РОБІТ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН.

Основні показники гірських порід

При бурінні свердловин з метою водопостачання часто доводиться стикатися з гірськими породами, а також з підземними водами, які в них знаходяться.

Тому необхідно навести деякі відомості про гірські породи, що найчастіше зустрічаються у практиці буріння на воду, та основні гідрогеологічні поняття та параметри, що визначають умови знаходження підземних вод у породах та їх кількісні показники.

Ці відомості можуть бути корисними як при ознайомленні бурових майстрів та виконробів з проектною документацією, в якій відображаються геологічний розріз та основні відомості про очікувану водоносність порід, так і в процесі проведення самих бурових робіт та випробування водоносних горизонтів.

Гірські породи, що складають земну кору, діляться за своїм походженням на три великі групи: магматичні, метаморфічні та осадові.

Магматичні породи утворилися внаслідок охолодження та затвердіння розплавленої високотемпературної маси складного складу (магми), що надходить із глибинних зон землі. Магма може тверднути на глибині всередині земної кори, даючи в цьому випадку так звані інтрузивні породи, і на земній поверхні, утворюючи ефузійні (вулканічні) породи,

До інтрузивних магматичних пород належать: граніти, сієніти, діорити, габро, перидотити, дуніти, нефелінові сієніти та ін.

До ефузивних магматичних пород відносяться: ліпарити, трахіти, андезити, базальти, порфірити, діабазити та ін.

Метаморфічні породи утворилися в земній корі з магматичних та осадових порід внаслідок впливу на них температури, тиску та хімічно активних речовин.

До метаморфічних пород належать: сланці, гнейси, роговики, мармури, кварцити та ін.

Осадові породи, як це випливає з їхньої назви, утворюються переважно в результаті осадження та подальшого ущільнення (у морях, океанах, озерах, річках, а також на поверхні землі) продуктів механічного руйнування гірських порід, хімічних речовин, що випадають в осад, та залишків загинувлих організмів. За основними джерелами утворення осадових порід вони поділяються на уламкові, хімічні та органогенні.

Серед осадових порід уламкового походження виділяються за розмірами уламків, а також по додаванню та щільності такі основні породи: валунники (валунні конгломерати), галечники (конгломерати), гравій (гравеліти), піски (пісковики), алевроїти (алевроліти), глини (аргіліти) .

До осадових порід хімічного походження відносяться вапняки, доломіт, гіпси, ангідрити, кам'яна сіль та ін. У разі додавання до хімічних осадів уламкових частинок утворюються такі породи, як мергель, що є сумішшю вапняних і глинистих речовин.

До органогенних осадових порід відносяться вапняки черепашники, діатоміти та інші породи, основну масу яких складають залишки раковин та скелетних уламків різних організмів.

Основні типи гірських порід зображують на геологічних картах та розрізах певними умовними позначеннями.

Умови застосування різних способів буріння

При проектуванні водозабірних свердловин спосіб буріння вибирають виходячи із загальних геологічних і гідрогеологічних умов ділянки розміщення водозабору - глибин залягання водоносних горизонтів, що підлягають розкриттю та експлуатації, літології порід, що складають водоносний горизонт, а також з необхідного діаметра свердловини і найбільшої техніко-економічних даних конкретних умов.

Техніко-економічна доцільність застосування того чи іншого способу буріння свердловин визначається за сукупністю трьох показників: якість та довговічність свердловини, тривалість її спорудження, вартість спорудження. У випадках, коли неможливо узгодити всі три показники, вирішальним повинен бути, як правило, перший показник.

Техніко-економічне обґрунтування вибору способу буріння

Остаточний вибір способу буріння здійснюється на підставі порівняння економічних показників буріння. Порівнюються вартості буріння свердловин з урахуванням закріплення їх обсадними трубами.

Порівняння проводиться у разі цінам 1991 року з подальшим перерахунком на реальні ціни шляхом множення коефіцієнт інфляції.

Вартість буріння свердловин ударно-канатним способом визначається за наступною формою.

Форма

Визначення вартості буріння свердловини ударно-канатним способом із закріпленням обсадними трубами

Назва обсадних труб	Зовнішній діаметр, мм	Довжина проміжків, м	Вартість 1 м буріння	Загальна вартість, руб
Напрямна				
1-а технічна				
2-а технічна				
.....				
Експлуатаційна				
Разом				

Дані для граф 1 та 2 приймаються за схемою стовбура свердловини роторного буріння. При цьому з огляду на те, що вартість одного метра буріння залежить від глибини і змінюється через 50 метрів, кожна колона ділиться на проміжки з урахуванням змін вартості.

Технологія ударно-канатного буріння

У практиці ударно-канатного буріння застосовують для руйнування породи наступні чотири типи доліт: двотаврове, округляюче, хрестове та плоске.

Двотаврові долота використовують для буріння у в'язких та середній твердості породах.

Округлюючі долота застосовують для буріння твердих і тріщинуватих порід. Долота цієї конструкції забезпечують округлення стінок свердловини і в процесі буріння, а бічні пір'я долота захищають лезо від швидкого зношування.

Хрестові долота використовують при бурінні тріщинуватих порід і валунно-галечникових відкладень, щоб запобігти прихвату снаряда.

Плоскі долота призначені для буріння м'яких порід.

Желонки застосовують для буріння в пісках та чищення свердловин у процесі буріння. Залежно від призначення існують різні типи желонки, найбільшого поширення набули одностулкові желонки. Двостулкова желонка призначена в основному для видалення розбуреної породи вибою. Желонка з напівсферичним клапаном та списом забезпечує за рахунок щільного закриття клапана збирання розрідженої маси.

Замки канатні необхідні для з'єднання бурового снаряда з бурильним канатом.

Розсувні штанги служать для відриву долота від вибою та вибивання бурового снаряда у процесі ударного буріння (особливо під час проходження в'язких порід).

Удар штанги застосовують для збільшення ваги бурового снаряда з метою підвищення ефективності руйнування породи й попередження викривлення свердловин. Виготовляється два типи ударних штанг: гладкоствольні та з висадженими кінцями.

До переваг ударно-канатного способу відноситься розкриття водоносного горизонту без застосування глинистого розчину. Хороші результати виходять при розтині слабонапірних та безнапірних водоносних горизонтів. До недоліків слід віднести низькі швидкості буріння та велику витрату обсадних труб, внаслідок чого обсяг буріння ударно-канатним способом у сільському господарстві становить не більше 10%. Досвід роботи показав, що найбільш раціонально використовувати ударно-канатне буріння для проходження свердловин глибиною до 100-150 м з метою розтину слабонапірних водоносних горизонтів.

Режим ударно-канатного буріння визначається типом долота, числом ударів, вагою та висотою підйому снаряда, величиною навішування.

Масу снаряда приймають із розрахунку від 25-30 кг на 1 см довжини леза в м'яких породах до 60-70 кг у міцних. Число ударів у мін змінюється від 30-40 у міцних породах до 55-60 у м'яких. Рекомендовані величини можна змінювати залежно від геолого-технічних умов.

Правильно встановлене співвідношення числа ударів, висоти підйому снаряда і величини навішування практично визначається стійкою роботи бурового верстата і обертання відтяжного ролика.

Схему роботи верстата для ударно-канатного буріння показано на рис. 28. При даному способі буріння породу вибою руйнують ударами бурового снаряда 1, підвішеного на канаті (тросі) 3. Канат 3 перекидається через ролик блоку 5 у вершині щогли 4, огинає відтяжний 6 і 8 напрямний ролики і намотується на інструментальний барабан 9.

Для руйнування породи буровий снаряд багаторазово піднімають канатом та скидають на забій. Таку роботу виконує механізм, що складається з шестерні 12, шатуна 11 і балансирної рами 7, на якій укріплені відтяжний ролик 6 і напрямний ролик 8. При обертанні шестерні 12 шатун 11 здійснюючи зворотно-поступальний рух, піднімає і опускає відтяжний ролик 6 натягує та піднімає буровий снаряд над вибоєм (рис. 28а). Під час підйому

рами канат опускається, снаряд падає на забій і руйнує породу (рис. 28б). Внаслідок скручування та розкручування пружного каната буровий снаряд після кожного удару повертається на деякий кут, завдяки чому відбувається округлення свердловини. У міру накопичення на вибої зруйнованої породи (шламу) ефективність ударів долота слабшає. Тоді вимикають ударний механізм і витягають буровий снаряд із свердловини. Для видалення сбою свердловини зруйнованої породи застосовують спеціальний інструмент, званий желонкою.

При ударному способі буріння стінки свердловини кріплять безперервно трубами в міру поглиблення вибою. Діаметри долота і желонки менші від внутрішнього діаметра обсадних труб. Тому колону труб задавлюють чи забивають. У міру поглиблення обсадної колони опір порід збільшується і на глибині 30-50 м-коду просування колони припиняється. Подальше поглиблення свердловини проводять долотом та обсадними трубами менших діаметрів. Зазвичай різницю діаметрів двох суміжних колон обсадних труб при ударно-канатному бурінні приймають близько 50 мм.

Нову колону обсадних труб меншого діаметра вдається занурити в породу (нижче за башмак попередньої колони) також на 30-50 м. Відстань по осі свердловини між башмаками двох суміжних колон обсадних труб називається виходом. Внаслідок малого виходу свердловини ударного буріння доводиться закріплювати кількома колонами обсадних труб і конструкція свердловини виходить телескопічного вигляду.

Технологічний розрахунок ударно-канатного буріння виконується в такий спосіб.

1. Обсадні труби свердловину ударно-канатного буріння встановлюються забивним способом, тому буріння свердловини здійснюють долотами, що мають менший діаметр, ніж діаметр обсадних труб. Типи доліт для ударно-канатного буріння підбираються залежно від твердості порід геологічного розрізу свердловини. Для м'яких порід (піски, пухкі мергелі, рослинний шар і т.д.) рекомендується використовувати плоскі долота. Для порід середньої твердості (глини, глини піщані та інших.) рекомендується використовувати двутавровые долота. Для твердих порід (пісковики, гравій та інших.) і тріщинуватих порід використовують округляючі долота. До кожного проміжку буріння підбирається стандартний діаметр долота.
2. Зруйнована порода при ударно-канатному бурінні витягується зі свердловини за допомогою желонки. У проекті слід підібрати діаметр та вид желонки.

Залежно від прийнятих діаметрів доліт (під кожен колон обсадних труб) складається схема ударно-канатного буріння свердловини. На цій схемі вказуються діаметри та глибини буріння.

За максимальним діаметром і глибиною буріння підбирається марка верстата ударно-канатного буріння, і виписуються його характеристики.

Таблиця 38

Верстати для ударно-канатного буріння

Технічні показники	Марки верстатів			
	УКБ-22М	УКБ-30М	КС-240	КС-24Е
Найбільший діаметр буріння	600	900	600	600
Глибина буріння, м	300	500	200	200
Число ударів снаряда за хвилину	40-45-50	40-45-50	40-57	40-46-52
Потужність двигуна, кВт	20	40	50	30

Лекція № 7. ОРГАНІЗАЦІЯ І ВИРОБНИЦТВО РОБОТ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН

Технологія роторного буріння

При роторному бурінні гірська порода руйнується по всьому поперечному перерізі свердловини породоруйнівним інструментом, що обертається (долотом) 1 з додатком осьового навантаження. Зруйнована порода (шлам) безперервно виноситься зі свердловини висхідним потоком промивної рідини, що подається до забою промивним насосом по шлангу нагнітального 14, провідній трубі 5 і бурильним трубам 4.

Основні елементи бурової установки: - буровий снаряд 1-5; роторний буровий верстат з двигуном, вежею, ротором 15, лебідкою 6 та талевою системою 10-12; циркуляційна система для відстоювання рідини для промивання 16-17.

Буровий снаряд складається з долота 1, обтяженої бурильної труби 2, що встановлюється при бурінні глибоких свердловин зменшення їх викривлення; перехідника 3 бурильної колони 4; провідної труби 5. Ведуча труба 5 квадратного перерізу вільно проходить через отвір обертача такого ж перерізу і за його допомогою передає обертання буровому снаряду.

На верхній кінець провідної труби нагвинчений вертлюг-сальник 7, що забезпечує герметичність і рухливість її з'єднання з шлангом 14, що не

обертається, по якому в свердловину нагнітається промивна рідина, і гаком 12. Вертлюг-сальник стропами 13 одягнений на гак 12 талевого блоку 11. Через ролики цього блоку та кронблока пропущений талевий канат 10, один кінець якого 8 прикріплений до барабана підйомної лебідки 6, а інший - до талевого блоку.

По мірі поглиблення свердловини канат змотується з барабана лебідки 6 і опускає буровий снаряд. Як тільки ведуча труба зануриться в отвір ротора на граничну глибину, буровий снаряд піднімають, підвішують за верхню бурильну трубу над гирлом свердловини, відгвинчують провідну трубу, вкручують нову бурильну трубу, опускають снаряд на забій свердловини, з'єднують його з ведучою трубою. Для зміни долота, що притупився, або для заміни його долотом меншого діаметру зі свердловини витягується весь буровий снаряд.

Після буріння свердловини на задану глибину стінки її кріплять обсадними трубами. До закріплення трубами стінки свердловини з нестійкими породами утримуються від обвалення гідростатичним тиском рідини для промивання, що заповнює стовбур свердловини. Як промивна рідина зазвичай використовуються глинисті розчини.

До переваг роторного методу ставляться високі механічні швидкості, великий вихід обсадних колон, буріння великі глибини, економічна рентабельність. До недоліків слід віднести можливу глинізацію водоносного горизонту та пов'язані з цим значні витрати часу на розглінізацію. Втрати часу на розглінізацію залежать від якості застосовуваного розчину для промивання і контролю за його параметрами в процесі буріння. Роторний спосіб може бути рекомендований для проходження водозабірних свердловин на будь-які глибини, в першу чергу для відкриття напірних водоносних горизонтів.

Параметри технологічного режиму роторного буріння визначаються фізико-механічними властивостями порід та гідрогеологічними умовами розрізу, а також досвідом бурових бригад та технічними можливостями обладнання, що застосовується.

При роторному бурінні труби обсадні спускаються в свердловину вільно. Отже, діаметр свердловини має бути більшим за діаметр обсадної труби. Типи доліт підбираються залежно від твердості порід геологічного розрізу свердловини: для м'яких та середніх порід рекомендується застосовувати дволопатні долота. Для твердих порід – шарошечні долота. Характеристики доліт наведено у таблиці 39.

Будується схема роторного буріння свердловини (аналогічно до схеми ударно-канатного буріння див. рис.29).

Підбирається марка верстата для буріння роторного. Рекомендації щодо вибору верстата наведено у таблиці 40.

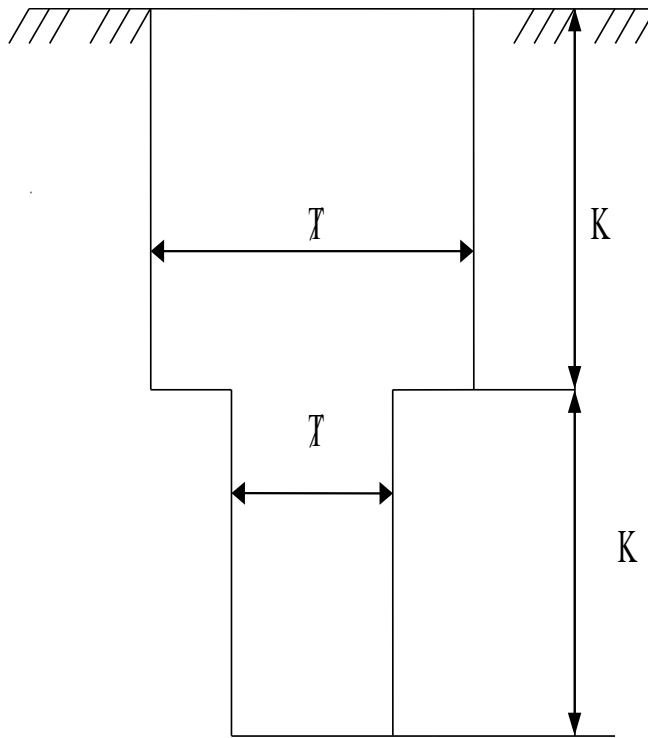


Рис. 29. Схема буріння ударно-канатним способом

Промивання свердловин

Глинисті розчини застосовуються при роторному бурінні свердловин на воду в пухких, нестійких і схильних до розмивання породах для наступних цілей:

- а) очищення вибою свердловини від вибуреної породи (шламу) та винесення її на поверхню;
- б) глінізації стінок свердловини, яка перешкоджає руйнуванню їх під час буріння в пухких породах;
- в) створення гідростатичного тиску на стінки свердловини з метою запобігання руйнуванню в нестійких породах;
- г) охолодження робочої частини бурового наконечника під час буріння.

Воду як промивну рідину використовують при бурінні у стійких породах, що не вимагають закріплення стінок свердловини.

При бурінні в міцних породах зниження їх твердості, соціальній та умовах багаторічної мерзлоти як промивної рідини застосовують водні розчини мінеральних солей.

Для приготування глинистих розчинів рекомендується використовувати монтморилонітові глини (бентоніти), що утворюють з водою колоїдний розчин, а також глини, що містять невелику кількість гіпсу та інших сольових домішок.

Для приготування глинистих розчинів, як правило, не слід застосовувати глини, що містять піщані частинки: більше 0,1 мм - більше 6%,

більше 0,05 мм - більше 12%, дрібніше 0,001 мм (глиниста складова) - менше 40-50% .

Подача глинистого розчину свердловину здійснюється буровим насосом.

Визначення необхідної продуктивності бурового насоса при промиванні свердловини.

При прямому промиванні промивна рідина подається за допомогою бурового насоса по бурових трубах до забою свердловини, а потім під тиском, що розвивається насосом, по кільцевому простору між стінками свердловини і бурильними трубами виноситься на поверхню землі.

Необхідна продуктивність бурового насоса визначається за такою формулою:

$$Q_{б.н}=0,785(D_c^2-d_{б.т.}^n)V_{п.ж.},(57)$$

де $Q_{б.н}$ - продуктивність бурового насосу, м³/с;

D_c - Діаметр свердловини, м;

$d_{б.т.}^n$ - Зовнішній діаметр бурильної труби, м;

$V_{п.ж.}$ - швидкість висхідного потоку рідини для промивання, м/с.

Швидкість висхідного потоку промивної рідини слід приймати в залежності від категорії порід, що розбурюються, і типу застосовуваного породоруйнуючого інструменту відповідно до рекомендацій, наведених у таблиці 40.

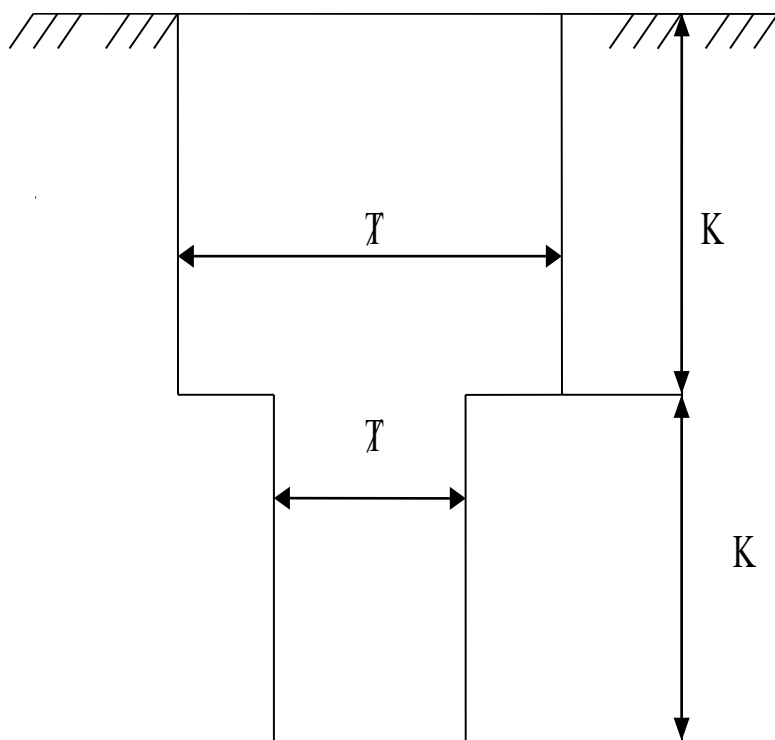


Рис. 29. Схема буріння ударно-канатним способом

Таблиця 40

Верстати для роторного буріння

Технічні показники	Марки верстатів				
	УРБ-2А	УРБ-3АМ	ІБА-15В	УРБ-3А3	2БА-15Н
Найбільший діаметр буріння	146	200	450	250	490
Глибина буріння, м	200	500	500	800	1500
Зовнішній діаметр бурильних труб	60,3; 73	60,3; 73	73; 89	73; 89	73; 89
Прохідний отвір ротора	150	250	410	250	410
Висота щогли, м	9,5	14,5	16	17,5	18
Потужність двигуна, л.с.	60	54	105	105	150

Промивання свердловин

Глинисті розчини застосовуються при роторному бурінні свердловин на воду в пухких, нестійких і схильних до розмивання породах для наступних цілей:

а) очищення вибою свердловини від вибуреної породи (шламу) та винесення її на поверхню;

б) глінізації стінок свердловини, яка перешкоджає руйнуванню їх під час буріння в пухких породах;

в) створення гідростатичного тиску на стінки свердловини з метою запобігання руйнуванню в нестійких породах;

г) охолодження робочої частини бурового наконечника під час буріння.

Воду як промивну рідину використовують при бурінні у стійких породах, що не вимагають закріплення стінок свердловини.

При бурінні в міцних породах зниження їх твердості, соціальній та умовах багаторічної мерзлоти як промивної рідини застосовують водні розчини мінеральних солей.

Для приготування глинистих розчинів рекомендується використовувати монтморилонітові глини (бентоніти), що утворюють з водою колоїдний розчин, а також глини, що містять невелику кількість гіпсу та інших сольових домішок.

Для приготування глинистих розчинів, як правило, не слід застосовувати глини, що містять піщані частинки: більше 0,1 мм - більше 6%, більше 0,05 мм - більше 12%, дрібніше 0,001 мм (глиниста складова) - менше 40-50% .

Подача глинистого розчину свердловину здійснюється буровим насосом.

Визначення необхідної продуктивності бурового насоса при промиванні свердловини.

При прямому промиванні промивна рідина подається за допомогою бурового насоса по бурових трубах до забою свердловини, а потім під тиском, що розвивається насосом, по кільцевому простору між стінками свердловини і бурильними трубами виноситься на поверхню землі.

Необхідна продуктивність бурового насоса визначається за такою формулою:

$$Q_{б.н}=0,785(D_c^2-d_{б.т.}^h)V_{п.ж.},(57)$$

де $Q_{б.н}$ - продуктивність бурового насоса, м³/с;

D_c - Діаметр свердловини, м;

$d_{б.т.}^h$ - Зовнішній діаметр бурильної труби, м;

$V_{п.ж.}$ - швидкість висхідного потоку рідини для промивання, м/с.

Швидкість висхідного потоку промивної рідини слід приймати в залежності від категорії порід, що розбурюються, і типу застосовуваного породоруйнуючого інструменту відповідно до рекомендацій, наведених у таблиці 40.

Таблиця 40

Рекомендації щодо вибору швидкості висхідного потоку промивної рідини

Тип породоруйнівного інструменту та категорія порід, що розбурюються.	Швидкість висхідного потоку рідини для промивання в кільцевому просторі, м/с, при промиванні	
	водою	глинистим розчином
Долота РХ у м'яких породах (до V категорії)	0,6-1,0	0,6-0,8
Шарошкове долото у твердих породах (понад V категорії)	0,6-0,8	0,4-0,6
Коронки, армовані твердим сплавом	0,25-0,8	0,2-0,5
Алмазні коронки	0,5-0,8	-

Визначення необхідного тиску бурового насоса під час промивання свердловин

Тиск, що розвивається буровим насосом при бурінні свердловин повинен дорівнювати сумі гідравлічних опорів в окремих елементах циркуляційної системи з урахуванням величини коефіцієнта запасу:

$$P=K_3(P_1+P_2+P_3+P_4+P_5)+H_{скв}/10,(58)$$

де P_1 - Втрати тиску в поверхневій обв'язці циркуляційної системи;

P_2 - Втрати тиску в бурильних трубах;

P_3 - Втрати тиску в з'єднаннях бурильних труб;

P_4 - Втрати тиску в породоруйнівному інструменті;

P_5 - Втрати тиску в кільцевому просторі;

K_3 - коефіцієнт запасу, що вводиться через різницю питомих ваг промивної рідини в бурильних трубах і в кільцевому просторі.

Втрати тиску в поверхневій обв'язці циркуляційної системи слід визначати за такою формулою:

$$P_1 = a_0 \cdot \gamma_{\text{гр}} \cdot Q_{\text{б.н}}^2, \text{ кгс/см}^2, \quad (59)$$

де a_0 - узагальнений коефіцієнт опору в елементах поверхневої обв'язки циркуляційної системи (опір стояка з відведенням, бурового рукава, вертлюга та провідної труби). Величину a_0 слід приймати у межах $(2-4)10^{-3}$;

$\gamma_{\text{гр}}$ - питома густина глинистого розчину, яку слід приймати в межах $(1,1-1,3) \text{ г/см}^3$;

$Q_{\text{б.н}}$ - продуктивність бурового насоса, л/с.

Втрати тиску в бурильних трубах слід визначати за такою формулою:

$$P_2 = 82,6 \cdot \lambda_1 \cdot \gamma_{\text{гр}} \frac{Q_{\text{б.н}}^2 \cdot l}{(d_{\text{б.м}}^{\text{в}})^3} \text{ кгс/см}^2, \quad (60)$$

де λ_1 - коефіцієнт опору в бурильних трубах;

$\gamma_{\text{гр}}$ - питома щільність глинистого розчину, г/см^3 ;

$Q_{\text{б.н}}$ - продуктивність бурового насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

l – загальна довжина бурильних труб, м;

$d_{\text{б.м}}^{\text{в}}$ - внутрішній діаметр бурильних труб, см.

При промиванні водою коефіцієнт опору слід визначати за такою формулою:

$$\lambda_1 = \frac{0,0121}{(d_{\text{б.м}}^{\text{в}})^{0,226}}, \quad (61)$$

де $d_{б.м}^g$ - в метрах.

В цьому випадку для наближених розрахунків можна приймати

$$\lambda_1 = 0,02-0,025.$$

Якщо промивання свердловини виробляється глинистим розчином, то визначення коефіцієнта опору λ_1 необхідно обчислити критичну швидкість перебігу рідини у бурильних трубах за формулою:

$$Y_{кр} = 0,25 \sqrt{\frac{\tau_0}{\gamma_{гр}}}, \text{ м/с, (62)}$$

де τ_0 - динамічна напруга зсуву глинистого розчину. Для неутруднених глинистих розчинів слід застосовувати

$$\tau_0 = 80-100 \text{ дін/см}^2.$$

Потім визначається фактична швидкість перебігу розчину у бурильних трубах за формулою:

$$Y_{б.м} = \frac{Q_{б.н}}{0,0785 (d_{б.м}^g)^2}, \text{ м/с, (63)}$$

де розмірність $Q_{б.н}$ у л/с; $d_{б.м}^g$ - в см.

Порівнюючи $Y_{кр}$ $Y_{б.м}$ визначається режим потоку в бурильних трубах: при $Y_{б.м} < Y_{кр}$ - режим ламінарний, при $Y_{б.м} > Y_{кр}$ - Режим турбулентний.

Підраховується узагальнений критерій Рейнольдса Re за такою формулою:

$$Re = \frac{1}{\frac{\eta}{Y_{б.м} \cdot d_{б.м}^g \cdot \gamma_{гр}} + \frac{\tau_0}{6 (\gamma_{гр} \cdot d_{б.м}^g)^2}}, \text{ (64)}$$

де η - динамічна в'язкість глинистого розчину, слід приймати: $\eta = 0,01$ пз.

Розмірність інших одиниць: $\tau_0 = 80 - 100$ дин/см², $Y_{б.м}$ - см/с, $\gamma_{гр}$ - (1,1-1,3) г/см³.

При ламінарному режимі руху рідини для промивання в бурильних трубах коефіцієнт опору λ визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

При турбулентному режимі руху, якщо $Re > 50000$, коефіцієнт опору дорівнює:

$$\lambda_1 = \frac{0,0121}{(d_{б.м}^g)^{0,226}} \quad (66)$$

Якщо $Re < 50000$, коефіцієнт опору дорівнює:

$$\lambda_1 = 0,1 (Re)^{-0,15} \quad (67)$$

Втрати тиску в з'єднаннях бурильних труб рекомендується приймати:

$$P_3 = (0,1 - 0,13) P_2, \text{ кгс/см}^2. \quad (68)$$

Втрати тиску в породоруйнівному інструменті слід приймати:

$$P_4 = (0,12 - 0,14) P_2, \text{ кгс/см}^2. \quad (69)$$

Втрати тиску в кільцевому просторі слід визначати за такою формулою:

$$P_5 = 82,6 \lambda_2 \cdot \gamma_{\text{гр}} \frac{Q_{\text{б.н}}^2 \cdot l}{\left[D_c - (d_{\text{б.м}}^H) \right]^3 \cdot \left[D_c + (d_{\text{б.м}}^H) \right]^2}, \quad (70)$$

де λ_2 - Коефіцієнт опору в кільцевому просторі.

Якщо промивною рідиною є вода, слід приймати $\lambda = 0,025$.

Якщо для промивання свердловини застосовується глинистий розчин, то визначають фактичну швидкість перебігу глинистого розчину в кільцевому просторі за формулою:

$$Y_{\text{к.н}} = \frac{Q_{\text{б.н}}}{0,0785 \left[D_c^2 - (d_{\text{б.м}}^H)^2 \right]}, \text{ м/с}, \quad (71)$$

де розмірність:

$Q_{\text{б.н}}$ - у л/с; D_c і $d_{\text{б.м}}^H$ - у див.

Якщо $Y_{\text{к.н}} > Y_{\text{кр}}$, то $\lambda_2 = 0,024 - 0,025$.

Якщо $Y_{\text{к.н}} < Y_{\text{кр}}$, необхідно визначити узагальнений критерій Рейнольдса за такою формулою:

$$\text{Re} = \frac{1}{\frac{\eta}{Y_{\text{к.н}} (D_c - d_{\text{б.м}}^H)^H \gamma_{\text{гр}}} + \frac{\tau_0}{6 \gamma_{\text{гр}} \cdot Y_{\text{к.н}}^2}}, \quad (72)$$

де основні одиниці вимірів та величини приймати такими ж, як при визначенні Re для перебігу рідини у бурових трубах.

За величиною Re визначається опір в кільцевому просторі:

$$\lambda_2 = \frac{80}{\text{Re}}$$

Підбір бурового насоса для промивання свердловин

За величиною необхідного тиску Р та необхідної продуктивності бурового насоса відповідно до рекомендацій, підбирається марка бурового

насоса. Для підібраної марки бурового насоса відповідно до даних, виписується його технічна характеристика.

Розрахунки потрібної кількості глинистого розчину та компонентів для його приготування

Потрібна кількість глинистого розчину для буріння однієї свердловини визначається за умови можливої втрати при циркуляції за формулою:

$$W_{\text{гр}} = W_c + W_{\text{ос}} + W_n, \quad (74)$$

W_c -об'єм свердловини проектної глибини, м^3 ;

$W_{\text{ос}}$ -обсяг очисної системи, що приймається залежно від геологічних умов та глибини свердловини рівним 3-8 м^3 ;

W_n -втрати промивної рідини, що приймаються рівними 3-6% від обсягу свердловини. Об'єм свердловини приймається (із запасом) рівним:

$$W_c = \frac{\pi d^2}{4} H, \quad (75)$$

де d – діаметр свердловини початковий, м;

H – глибина свердловини, м.

Кількість глини в тоннах, необхідне для приготування 1 метра, визначається за формулою:

$$P_2 = \frac{\gamma_z (\gamma_{\text{гр}} - \gamma_{\text{в}})}{\gamma_z - \gamma_{\text{в}}}, \quad (76)$$

Де $\gamma_z = 2,3 - 2,6 \text{ т/м}^3$ - питома густина глини;

$\gamma_{\text{гр}}$ - задана питома густина глинистого розчину, т/м^3 ;

$\gamma_{\text{в}}$ - питома щільність води, т/м^3 .

Загальна потреба у глині визначається за формулою:

$$\Gamma = P_2 \cdot W_{\text{гр}}, \text{ Т}, \quad (77)$$

Загальна потреба у воді для приготування глинистого розчину дорівнює:

Залежно від прийнятого відсотка втрат рідини для промивання визначається змінна потреба в глині і воді для відновлення обсягу глинистого розчину.

Змінна потреба у глині:

$$\Gamma_{\text{см}} = 0,036 Q_{\text{б.н}} \cdot T_{\text{см}} \cdot \rho \cdot P_2, \text{ м}^3. \quad (79)$$

Змінна потреба у воді:

$$B = \left(1 - \frac{\gamma_{\text{гр}} - \gamma_{\text{г}}}{\gamma_{\text{з}} - \gamma_{\text{г}}} \gamma_{\text{г}} \right) \cdot Q_{\text{б.н}} \cdot T_{\text{см}}, \text{ м}^3, \quad (80)$$

де $Q_{\text{б.н}}$ - продуктивність бурового насоса, л/с;

$T_{\text{см}}$ - кількість годин роботи протягом зміни, слід прийняти $T_{\text{см}} = 6-8$ годин;

ρ - втрати глинистого розчину.

Слід приймати:

$$\rho = \frac{100 \cdot W_n}{W_{\text{гр}}}, \%. \quad (81)$$

Цементування затрубного простору свердловин

Технологія цементування

Затрубне цементування під тиском проводять цементувальними агрегатами.

Цементувальний агрегат складається з водяного насоса, насоса для закачування цементного та глинистого розчинів, мірного бака, обв'язування насосів, металевого розбірного трубопроводу для з'єднання агрегату зі свердловиною, гідравлічної цементомішалки (воронки), бачка для цементного розчину.

Цементують затрубний простір із застосуванням спеціальних цементованих пробок, призначених для запобігання змішування цементного та глинистого розчину.

Спосіб цементування за допомогою двох пробок (рис. 31) полягає у наступному.

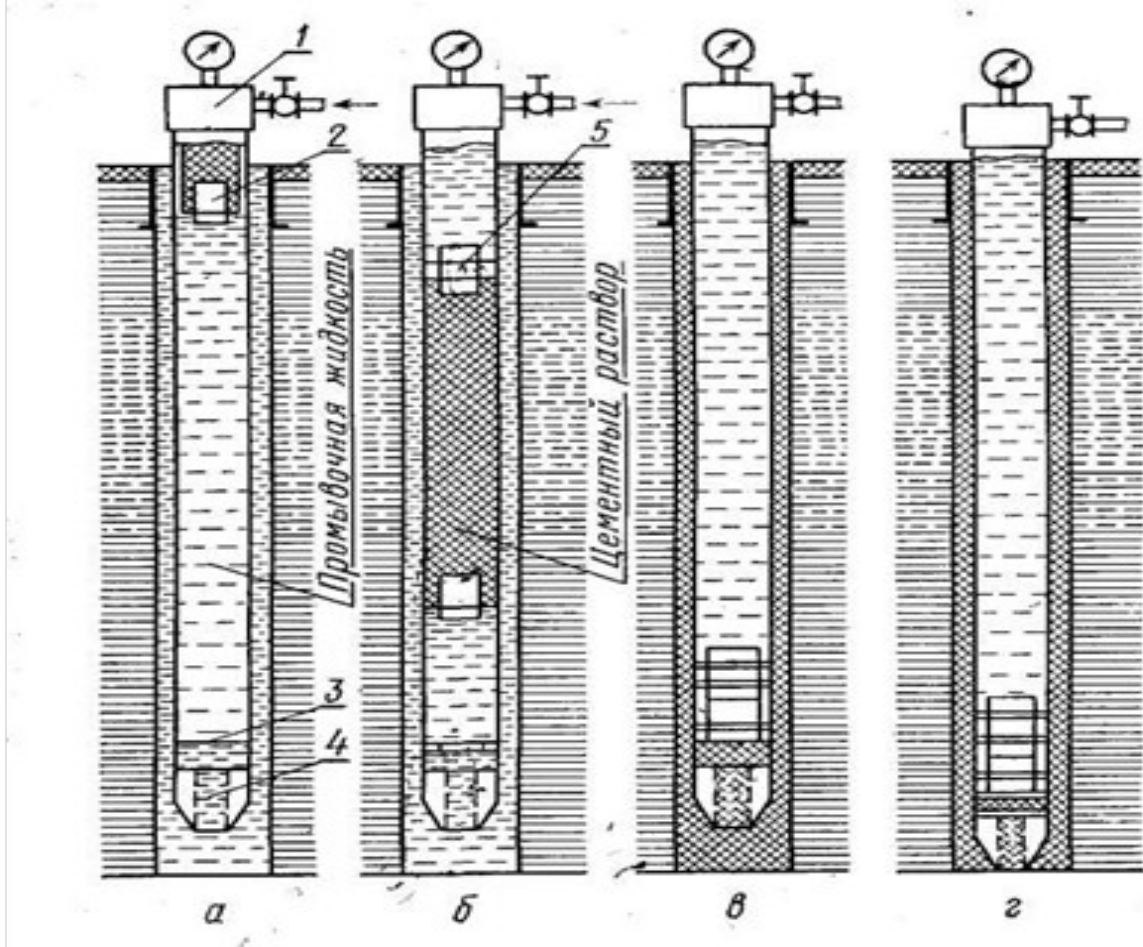


Рис. 31. Схема цементування за допомогою двох пробок:

а - закачування цементного розчину; б - подача цементного розчину в свердловину - продавлювання цементного розчину в затрубний простір і сходження пробки; в - опускання колони на забій;

1 - цементувальна головка; 2 - нижня цементувальна пробка;
3 - напoeглице кільце; 4 - башибачна пробка; 5 - верхня пробка.

Колону обсадних труб підвішують над вибоєм на висоту 1-2 м і промивають свердловину високоякісним глинистим розчином. Якщо стінки свердловини стійкі, розчин іноді замінюють водою або знижують його густину.

Потім, відкривши кришку цементувальної головки 7, обсадну колону опускають нижню цементувальну пробку 2, центральний отвір якої закрито пластинкою зі скла; верхню пробку за допомогою стопорів закріплюють у цементувальній головці (якщо застосовують головки ЦГЗ-120). Кришку головки знову нагвинчують і закачують у свердловину необхідну кількість цементного розчину.

Під тиском цементного розчину нижня пробка опускається у колоні труб на певну глибину. Після закачування цементного розчину звільняють верхню пробку і поверх неї закачують рідину для промивання, як правило, глинистий розчин.

Цементний розчин, що знаходиться між двома пробками, продавлюється вниз. Нижня пробка, дійшовши до напольгивого кільця 3 або до черевної пробки 4, зупиняється. Цементний розчин під тиском верхньої пробки руйнує скляну пластинку нижньої і витісняється в затрубний простір. Коли верхня пробка 5 сягне нижньої, манометр на насосі покаже різке підвищення тиску, відбудеться гідравлічний удар, що вказує на закінчення продавлювання цементного розчину. Це є сигналом для закінчення нагнітання рідини. Вимкнувши насос, закривають вентиль цементувальної головки, щоб не було зворотного руху розчину зі свердловини і обсадну колону опускають на забій. У такому вигляді експлуатаційну колону залишають герметично закритою на 24 години для затвердіння цементу (при цементуванні кондукторів - на 16 годин).

Технологічний розрахунок цементування

Об'єм цементного розчину, необхідний для створення в затрубному просторі цементного кільця заввишки $H_{\text{ц}}$ та цементного стовпа всередині колони обсадних труб $h_{\text{ст}}$ визначається за формулою:

$$W_{\text{ц}} = 0,785 K_{\text{ц}} \left\{ \left[D_{\text{с}}^2 - (D_{\text{о}}^{\text{н}})^2 \right] H_{\text{ц}} + (D_{\text{о}}^{\text{в}})^2 h_{\text{ст}} \right\}, \text{ м}^3, \quad (82)$$

де $D_{\text{с}}$ - Діаметр свердловини, м;

$D_{\text{о}}^{\text{н}}$ - зовнішній діаметр обсадних труб, м;

$D_{\text{о}}^{\text{в}}$ - внутрішній діаметр обсадних труб, м;

$H_{\text{ц}}$ - висота цементного кільця в затрубному просторі, м;

$h_{\text{ст}}$ - висота цементної склянки всередині колони обсадних труб, що приймається рівною 10-20 м;

$K_{\text{ц}}$ - 1,2-1,3 - коефіцієнт, що враховує втрати цементного розчину та його додаткову витрату на заповнення розширень у свердловині.

Для приготування цементного розчину слід визначити потрібну кількість сухого цементу за формулою:

$$\text{Ц} = K_{\text{сц}} \frac{\gamma_{\text{ц}} \cdot \gamma_{\text{в}}}{\gamma_{\text{в}} + \phi_{\text{ц}} \cdot \gamma_{\text{ц}}} \cdot W_{\text{ц}}, \text{ т}, \quad (83)$$

де $\gamma_{\text{ц}} = 3,05 - 3,2 \text{ т/м}^3$ - питома щільність сухого цементу;

$\gamma_{\text{в}} = 1 \text{ т/м}^3$ - питома густина води;

$\text{В/Ц} = 0,3-0,5$ водоцементне відношення;

$K_{\text{сц}} = 1,1-1,15$ коефіцієнт, що враховує втрати сухого цементу під час приготування розчину.

Потрібна кількість води для приготування цементного розчину дорівнюватиме:

$$B = C \cdot V / C, \text{ м.} \quad (84)$$

Цементний розчин в кільцеве місце потрапляє знизу, виходячи з обсадної труби шляхом продавлювання його за допомогою глинистого розчину (продавальної рідини).

Кількість рідини для продавлювання цементного розчину слід визначати за формулою:

$$W_{\text{жс}} = 0,785 K_{\text{жс}} \cdot (D_0^2) (H - h_{\text{ст}}), \text{ м,} \quad (85)$$

де H – глибина свердловин, м;

$K_{\text{жс}}$ - коефіцієнт, що враховує стиск рідини.

Тиск, який має створити буровий насос для продавлювання цементного розчину, визначається за такою формулою:

$$P = \frac{\gamma_{\text{ст}}(H - h_{\text{ст}}) + \gamma_{\text{цр}} - \gamma_{\text{тр}}}{10} + 0,01H + 8, \text{ кгс/см}^2, \quad (86)$$

де $\gamma_{\text{цр}}$ - (1,85-1,95) т/м³ - питома густина цементного розчину;

$\gamma_{\text{тр}}$ - питома щільність продавочної рідини, що приймається рівною $\gamma_{\text{тр}}$ при промиванні свердловини.

За обчисленим тиском підбирається марка бурового насоса відповідно до даних таблиці 41. При цьому слід розглянути питання щодо можливості застосування для цементування свердловини бурового насоса, що використовується для закачування в свердловину промитої рідини. За обраною маркою бурового насоса, використовуючи дані таблиці 42, підбирається продуктивність бурового насоса, що дорівнює продуктивності цементувального агрегату $Q_{\text{ца}}$.

Час, необхідний для цементування свердловини, визначається за такою формулою:

$$T = \frac{W_{\text{ц}} + W_{\text{ж}}}{Q_{\text{ца}}} + t_{\text{вс}}, \quad \text{хв}, \quad (87)$$

де $Q_{\text{ца}}$ - продуктивність цементувального агрегату $\text{м}^3/\text{хв}$;

$t_{\text{вс}}$ - час, що витрачається на допоміжні операції під час цементування.

Слід приймати $t_{\text{вс}} = 10-15$ хв.

Загальний час, необхідний для процесу цементування, має бути менше часу схоплювання цементного розчину, тобто. має виконуватися умова:

$$T \leq 0,75 T_{\text{схв}}, \quad (88)$$

де величина $T_{\text{схв}}$ визначається залежно від водоцементного відношення таблиці 44.

Таблиця 44

Час до початку схоплювання та тривалість схоплювання цементу

Водоцементне відношення В/Ц	Час до початку схоплювання, хв	Тривалість схоплювання, хв
0,30	85	20
0,35	95	20
0,40	105	20
0,45	115	20
0,50	120	20

Якщо умова 87 не виконується, слід вибрати буровий насос більшої продуктивності.

Лекція № 8. Гідрогеологічні спостереження в процесі буріння свердловин

Герметизація водоприймаючої частини свердловини

Для запобігання кільцевому зазору між надфільтровими та обсадними трубами від попадання піску застосовують сальники, які зазвичай встановлюють на надфільтровій трубі.

Кільцевий дерев'яний сальник це кільце з гострими нижніми краями. Зовнішній діаметр кільця повинен бути трохи меншим від внутрішнього діаметра обсадних труб, а внутрішній діаметр - трохи більше зовнішнього діаметра фільтрової труби.

Кільце висотою 0,4-0,5 м, що опускається в свердловину, вводять загостреним нижнім краєм в зазор між надфільтровою і обсадною трубами і забивають ударами зверху. У воді дерево розбухає і щільно закриває проміжок.

Гумовий розтискний сальник (рис. 33) виготовляють в такий спосіб.

На трубі 4 зміцнюють опорне кільце 7 з бортиком. На верхньому кінці труби є різьблення, на яку нагвинчують муфту 3. Нижче муфти поміщають кільце 5, що вільно переміщається по трубі. На верхньому кінці муфти 3 роблять виріз спускового гака. Між кільцями 5 і 7 поміщають гумовий циліндр 6. Обертаючи бурильні труби направо, муфту 3 нагвинчують на трубу 4. Муфта 3 натискає на кільце 5, яке поступово стискає гумовий циліндр 6. Коли гумовий циліндр при розширенні упреться муфти 3 вниз стане скрутним; отже, кільцевий зазор вище фільтра буде закритий гумовим циліндром, затиснутим між кільцями.

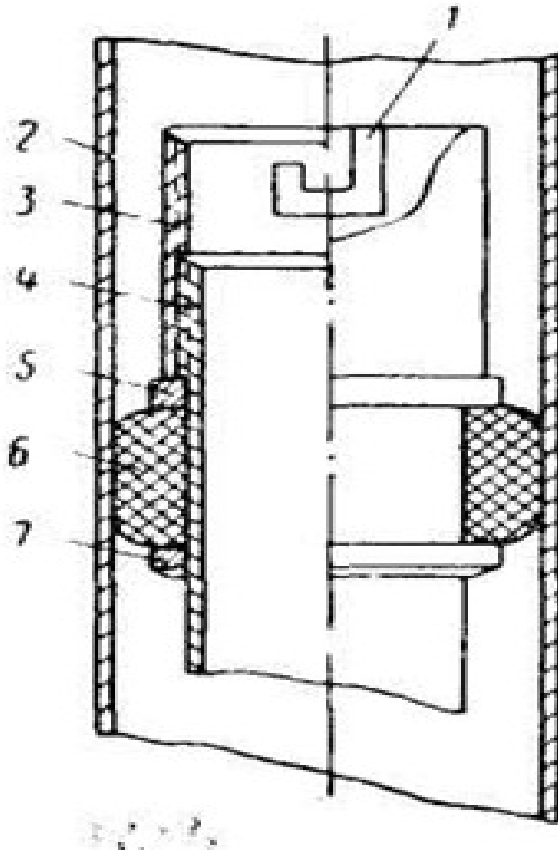


Рис. 33. Сальник гумовий розтискний

1 - виріз для спускового гака;

2 – обсадна труба; 3 – муфта;

4 - надфільтрова труба; 5 - кільце; 6 – гумовий циліндр; 7 – опорне кільце.

Прядив'яний сальник. Верхній край надфільтрового патрубка має різьблення довжиною в три рази більше за стандартну для труби відповідного діаметра. Муфта з подвійним Г-подібним вирізом для спускового гака повинна мати різьблення вдвічі довше за стандартне. Сальниковий пристрій складається з муфти та надфільтрового патрубка, на якому на 0,3-0,4 м нижче різьбової частини приварено опорне кільце, що ущільнює грандбукси та прядив'яну сальникову набивку. Встановивши фільтр на забій свердловини, муфту обертають спусковим гаком вправо, грандбукса рухається вниз і ущільнює набивання сальнику в кільцевому зазорі.

Зазор більше 50 мм між зовнішнім діаметром надфільтрової труби та внутрішнім діаметром обсадної робочої колони закривають перехідним

прядив'яним патрубком-сальником. Діаметр його в нижній частині дорівнює діаметру надфільтрової труби, у верхній - на 50 мм менше діаметра обсадних труб.

Спостереження в процесах буріння

У процесі буріння свердловин на воду потрібно проводити гідрогеологічні спостереження.

Гідрогеологічні спостереження під час ударно-канатного буріння. Положення рівня води в свердловині фіксують не менше чотирьох разів на зміну: на початку зміни перед спуском інструменту; перед перервою на обід, після підйому інструменту; після перерви; наприкінці зміни. Рівень води в свердловині вимірюють хлопавкою або електрорівнеміром від краю обсадної труби з фіксацією положення щодо гирла свердловини.

- Непрямими показниками та ознаками розкриття та проходження свердловини водоносного горизонту служать:
- склад порід, типовий для водоносних горизонтів (піски, гравій, галечники, крейда, вапняки, доломіт і т. д.).
- значна швидкість відновлення рівня води у свердловині після чищення вибою желонкою з відливом води на поверхню;
- «чистота» вибою при бурінні в скельних породах – вапняках, доломітах, пісковиках та ін.

Для попередньої оцінки ступеня водорясності розкритого водоносного горизонту доцільно в процесі буріння перевірити тартання желонкою зі спостереженнями за часом повного відновлення рівня, зниженого при тартанні.

Гідрогеологічні спостереження при роторному бурінні повинні включати такі комплекси робіт:

- заміри рівня води у свердловині перед спуском та після підйому інструменту;

- визначення поглинання промивної рідини, що є непрямою ознакою розкриття водоносних горизонтів;
- фіксування провалів бурового інструменту, що свідчать про розкриття великих тріщин і каверн;
- визначення самовиливу води у разі розкриття водоносних горизонтів, що мають натиск.

Випробовування водоносних пластів. Застосування ерліфтів

У процесі буріння свердловин на воду виробляють різні види відкачування води.

Відкачування проводять для того, щоб очистити воду від домішок, виваженої породи, каламуті, а також встановити дебіт свердловини та підготувати її до експлуатації. Опробування свердловин включає

- прокачування,
- пробно-експлуатаційну та
- дослідну відкачку

Прокачування потрібно для очищення свердловини від шламу та глинистого розчину. У період прокачування роблять виміри витрати і рівня води, ведуть спостереження за ступенем освітлення води, що відкачується, і кількістю породи, що виноситься з водою. Прокачування проводять протягом декількох годин найчастіше желонкою, ерліфтом або відповідним насосним обладнанням. Прокачування потрібне і як допоміжна робота перед пробно-експлуатаційним або дослідною відкачкою. Дані прокачування застосовуються для орієнтовної оцінки водообильності розкритого водоносного горизонту.

Пробно-експлуатаційна та дослідна відкачка є самостійними роботами та проводяться при випробуванні свердловини.

Для встановлення можливості отримання запроектованого дебіту застосовують пробно-експлуатаційні відкачки, за результатами яких

вибирають обладнання для дослідної відкачки та визначають її режим. Допускають також відкачку з одним зниженням рівня за умови отримання запроектованого дебіту.

Дослідна відкачка дозволяє визначити продуктивність свердловини, стійкість дебіту, радіус впливу, зв'язок наміченого до експлуатації пласта з поверхневими водами або суміжними водоносними горизонтами, а також встановити взаємодію між свердловинами, що розташовані поблизу.

Відкачки слід вести не менше ніж при двох зниженнях з дебітом, що становить при більшому зниженні 75% проектної продуктивності.

Тривалість відкачки зі свердловини, як правило, повинна становити 1-3 доби на кожне зниження. При цьому необхідно досягти повного освітлення води та стабільності зниження рівня при певному дебіті.

В окремих випадках тривалість відкачки може бути більш тривалою у зв'язку з інтенсивним виносом дрібних піщаних фракцій з фільтрових обсіпок і водоносного горизонту.

Тривалість дослідної відкачки залежить від

- характеристик водоносних порід,
- гідравлічного режиму та
- кількості випробуваних свердловин.

За даними відкачок складається графік залежності дебіту від глибини зниження рівня $Q=f(S)$.

Якщо при побудові графіка за даними відкачок виходить увігнута лінія (рис. 34а), тобто, зі збільшенням зниження питомий дебіт зростає, (що насправді не може бути), це свідчить про дефекти відкачки (помилки при вимірах дебіту чи зниження).

Графік типу II (рис.34б) показує, що дебіт у напірному горизонті зростає за законом прямої, а питомий дебіт є постійною величиною.

Графік типу III (рис.34в) показує, що водоносний горизонт є безнапірним.

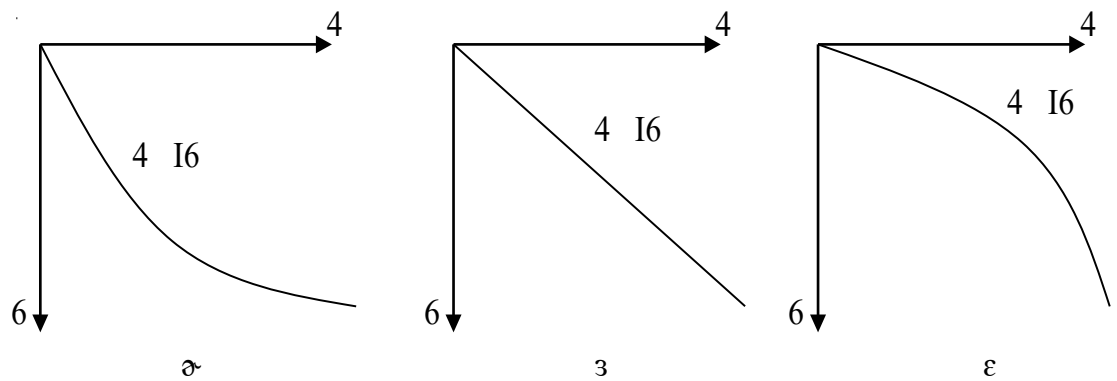


Рис.34. Графіки залежності дебіту від зниження рівня води в свердловині

У більшості випадків випробування свердловини проводять за допомогою ерліфта.

Розрахунок роботи ерліфта при випробуванні свердловини полягає у визначенні глибини занурення змішувача та тиску повітря при пуску та нормальній роботі компресора. Глибина занурення змішувача:

$$U = K \cdot h_{\text{дин}}, \text{ м}, \quad (89)$$

де K - коефіцієнт занурення - залежить від глибини динамічного рівня;

$h_{\text{дин}}$ - відстань від поверхні землі до динамічного рівня (дано в попередніх розрахунках).

Питома витрата повітря м^3 на 1 м^3 води:

$$V_0 = \frac{h_{\text{дин}}}{C \cdot \lg h_{\text{дин}} \frac{(K-1)+10}{10}}, \quad (90)$$

де C - дослідний коефіцієнт, приймається за таблицею залежно від $h_{\text{дин}}$.

Повна витрата повітря:

$$W = \frac{Q \cdot V_0}{60}, \text{ м}^3/\text{хв}, \quad (91)$$

де Q - розрахунковий дебіт однієї свердловини, $\text{м}^3/\text{годину}$.

Необхідна витрата повітряно-водяної емульсії на виливі:

$$q = \frac{Q}{360} + \frac{W}{60}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (92)$$

Необхідний тиск повітря в момент запуску компресора:

$$P_0 = 10^{-6} q \cdot \rho_v \cdot (U - h_{\text{ст}} + 2), \text{ МПа, (93)}$$

де q, U - див. попередні розрахунки;

ρ_v - щільність води, що приймається 1000 кг/м^3 ;

$h_{\text{ст}}$ - відстань від поверхні землі до статичного рівня води, м;

Тиск повітря в процесі роботи компресора:

$$P = 10^{-6} q \cdot \rho_v \cdot [h_{\text{дин}} (K - 1) + 5], \text{ МПа. (94)}$$

Вибір методу очищення та дезінфекції свердловини залежить від багатьох факторів, включаючи якість води у свердловині, наявність забруднювачів у воді, а також умови експлуатації свердловини.

Наприклад, хлорування є найпоширенішим методом дезінфекції свердловин, який забезпечує ефективну боротьбу з більшістю мікроорганізмів у воді. Однак, для деяких типів бактерій, у тому числі *Legionella pneumophila*, хлорування може виявитися неефективним. У такому випадку може бути використане озонування або ультрафіолетове опромінення.

При виборі методу очищення та дезінфекції свердловини також необхідно враховувати особливості конструкції свердловини та можливі труднощі у проведенні процедури.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 “Внутрішні санітарно-технічні системи”, очищення та дезінфекція свердловин повинні проводитися не рідше одного разу на рік. Однак, якщо якість води у свердловині погіршується або у воді виявлено бактерії або інші забруднювачі, процедуру очищення та дезінфекції необхідно проводити частіше.

Також слід враховувати, що регулярність проведення очищення та дезінфекції може залежати від особливостей конкретної свердловини та умов її експлуатації. Наприклад, якщо свердловина знаходиться на території

з високим забрудненням або її вода використовується для виробничих потреб, процедури очищення та дезінфекції можуть знадобитися частіше, ніж раз на рік.

Таким чином, регулярність проведення очищення та дезінфекції свердловин має визначатися на основі індивідуального аналізу якості води, умов експлуатації свердловини та вимог нормативних документів. Рекомендується звернутися до фахівців для консультації та проведення процедури очищення та дезінфекції відповідно до чинних норм та правил.

Дезінфекція свердловин

Для дезінфекції можна використовувати будь-які придатні для цієї мети препарати, що дезінфікують, дозволені до застосування в Україні. Найчастіше цих цілей використовують хлорсодержащие препарати - хлорне вапно чи двотретьословну сіль гіпохлориту кальцію (ДТСГК).

Дезінфекція свердловин за епідемічними показниками включає:

- Попередню дезінфекцію свердловин;
- очищення свердловин;
- повторну дезінфекцію свердловин

Перед дезінфекцією свердловин розрахунковим методом визначають обсяг води у ній (м^3) шляхом множення площі перерізу (м^2) на висоту водяного стовпа (м).

Потім проводять зрошення з гідропульта зовнішньої та внутрішньої частини ствола-шахти 5%-ним розчином хлорного вапна або 3%-ним розчином ДТСГК з розрахунку 0,5 л на 1 м^2 поверхні.

Знаючи об'єм води в свердловині, проводять дезінфекцію її нижньої (водної) частини шляхом внесення препаратів, що містять хлор, з розрахунку 100 - 150 мг (гр) активного хлору на 1 л (м³) води.

Воду ретельно перемішують і залишають свердловину на 1,5-2 години, не допускаючи забору води з неї.

Розрахунок кількості хлорного вапна або ДТСГК, необхідного для створення у воді заданої дози активного хлору (100 - 150 мг (гр) на 1 л (м³)), проводять за формулою:

$$P = \frac{E \cdot C \cdot 100}{H}, \quad (95)$$

де Р - кількість хлорного вапна або ДТСГК, г;

С - задана доза активного хлору у воді колодязя, мг/л (г/м³);

Е - об'єм води у колодязі, м³;

Н – вміст активного хлору в препараті, %;

100 – числовий коефіцієнт.

Очищення свердловини проводиться через 1,5-2 години після попередньої дезінфекції.

Висновок

Очищення та дезінфекція свердловини є необхідною процедурою для забезпечення якісної питної води. При виборі методу очищення та дезінфекції слід враховувати якість води, наявність забруднювачів та особливості конструкції свердловини. Регулярне очищення та дезінфекція свердловини допоможуть забезпечити безпечну та чисту воду для споживання.

Лекція № 9. Зони санітарної охорони водозабірних свердловин

Призначення зон санітарної охорони

Для збереження питної якості води водозабори підземних вод повинні розташовуватися, як правило, поза територією промислових підприємств та населених пунктів. Крім того, для запобігання забруднення водозабору в його околиці встановлюється зона санітарної охорони (ЗСО), де здійснюються спеціальні заходи, що виключають можливість надходження забруднень у водозабір та водоносний пласт.

При організації ЗСО враховується вид забруднень (мікробне, хімічне), що визначає їх стійкість (стабільність) і у зв'язку з цим можливу довжину шляху просування у водоносному шарі, що залежить також від їх кількості та гідрогеологічних факторів, але при цьому обмежується часом їх виживання.

При визначенні розмірів ЗСО водозаборів підземних вод, а також складу санітарно-оздоровчих та захисних заходів у їх межах мають враховуватися продуктивність, тип водозабору та гідрогеологічні умови, зокрема природна захищеність підземних вод від поверхневого забруднення. Захищеність експлуатованого водоносного горизонту залежить від можливості та інтенсивності надходження до нього забруднених вод із поверхні землі або з річок, озер та інших водойм.

До захищених підземних вод відносяться напірні та безнапірні міжпластові води, які мають у межах всіх поясів у ЗСО суцільну водостійку покрівлю, що

виключає можливість місцевого живлення з недостатньо захищених водоносних горизонтів або з поверхні землі;

До недостатньо захищених підземних вод належать:

а) ґрунтові води, тобто підземні води першого від поверхні землі безнапірного водоносного горизонту, що отримує живлення на площі його розповсюдження;

б) напірні та безнапірні міжпластові води, які в природних умовах або внаслідок зниження напору (рівня) при експлуатації водозабору отримують живлення на площі ЗСО із недостатньо захищених водоносних горизонтів.

У випадках, коли товща порід, що залягає над водоносним горизонтом, не забезпечує природну захищеність підземних вод від поверхневого забруднення, захист водозабору в межах ЗСО реалізується спеціальними заходами. Необхідно, щоб можливі джерела забруднення були віддалені від кордонів ЗСО на відстань, при якому тривалість руху забруднень пластом до водозабору буде в межах від 100 до 400 діб для мікробних, 25-50 років для хімічних забруднень.

Облаштування зон санітарної охорони

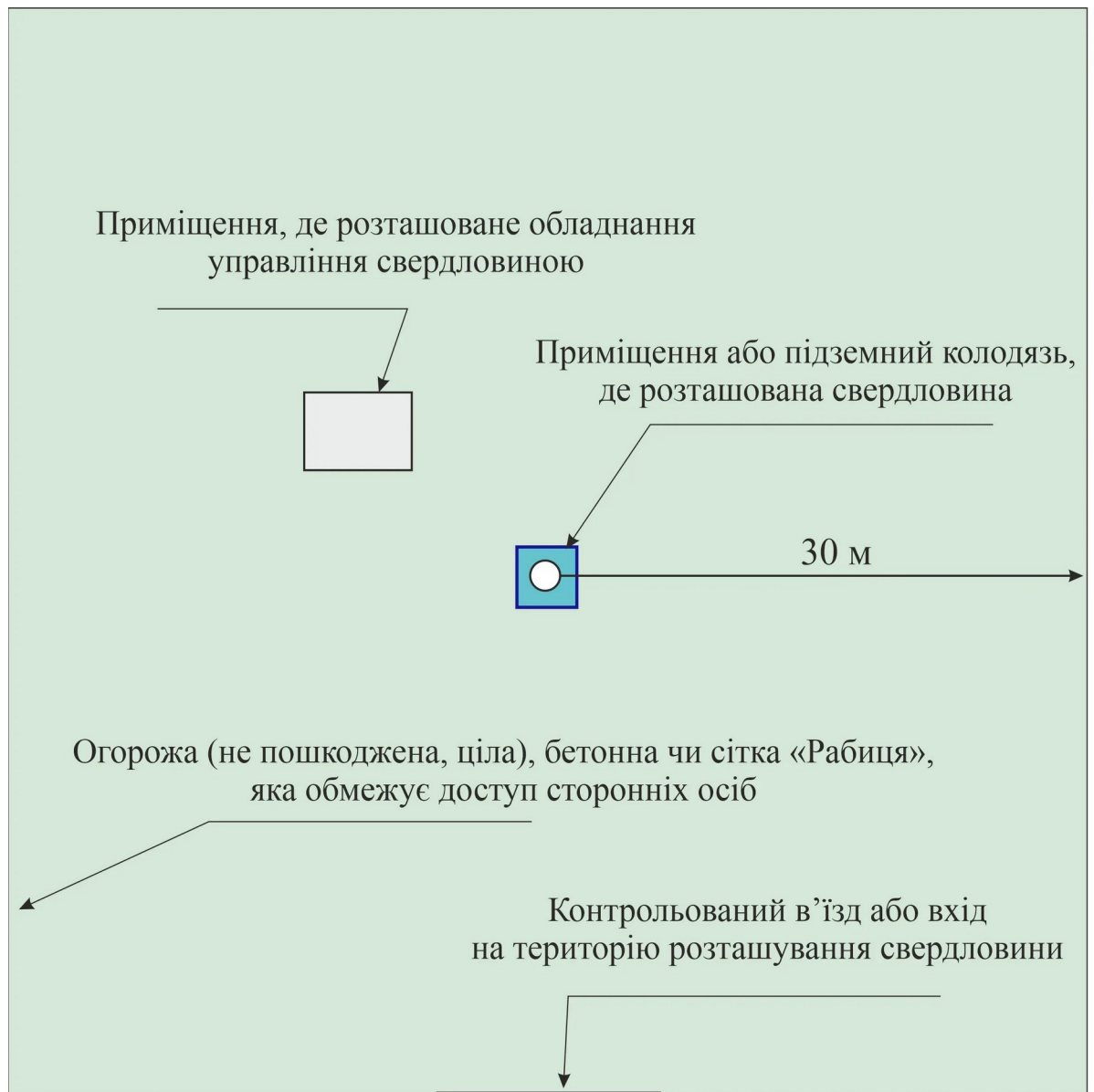
Зона санітарної охорони водозабору — це територія, де запроваджується особливий санітарно-епідеміологічний режим з метою збереження якості води джерела водопостачання та забезпечення охорони водопровідних систем, відповідно до Водного кодексу України. Межі зон санітарної охорони підземного джерела водопостачання визначаються проектом зон санітарної охорони водозабору. Проект зон санітарної охорони розробляється для всіх водозаборів, які використовують підземні води водоносних горизонтів, розташованих за розрізом нижче порід зони аерації.

Проект зон санітарної охорони свердловини повинен бути розроблений одразу після буріння і облаштування свердловини або після проведення робіт з геолого-економічної оцінки запасів підземних вод водозабору. У

відповідності до статей 35, 36 Закону України про питну воду та питне водопостачання, зони санохорони водозаборів складаються з трьох поясів, де встановлюються особливі умови використання території:

- *перший пояс* – зона суворого режиму;
- *другий пояс* – зона обмеження;
- *третій пояс* – зона спостереження.

Зона суворого режиму (І-й пояс) призначена для захисту місця розташування свердловин та споруд, які їх обслуговують, від випадкового чи свідомого забруднення і пошкодження. Зона суворого режиму включає в себе територію розташування водозабору та будівлі і устаткування, необхідні для його експлуатації. Розмір зони санітарної охорони суворого режиму водозабору обумовлюється тільки природною захищеністю водоносного горизонту або комплексу, який експлуатується цим водозабором. Під природною захищеністю підземних вод мається на увазі виражений в певних категоріях (час міграції, бал або індекс) ризик забруднення водоносного горизонту (комплексу) при потраплянні забруднення на поверхню землі в природних умовах.



Типова схема облаштування зони санітарної охорони суворого режиму (І-го поясу) свердловини

Захищеність водоносного горизонту (комплексу) залежить від гідрогеологічних умов та фізико-хімічних властивостей середовища. До захищених вод належать підземні води з водоносних горизонтів, що в своїй покрівлі мають суцільну водонепроникну товщу у межах всіх поясів зони і яка виключає можливість перетікання вод з недостатньо захищених від забруднення водоносних горизонтів, що залягають вище за розрізом. Для території України в 80–90 роки ХХ століття були побудовані та видані пообласні карти природної захищеності підземних вод Української РСР масштабу 1:200 000, де оцінювалась природна захищеність підземних вод.

За даними, винесеними на ці карти, можна встановити стан природної захищеності підземних вод певної точки ділянки надр.

Розмір зони суворого режиму встановлюється законодавчо ДБН В.2.5–74:2013. Межі першого поясу зони санітарної охорони водозабору встановлюються від поодинокі свердловини (чи шахтного колодязя, каптажу тощо) або від крайньої водозабірної споруди, якщо це група, на відстані:

- для підземних вод захищених водоносних горизонтів – радіусом 30 м;

Для водозаборів, що розташовані на ділянці, де забруднення підземних вод або ґрунтів неможливе, а також для водозаборів, розташування яких передбачає сприятливі гідрогеологічні, топографічні та санітарні умови, допускається встановлювати розмір зони суворого режиму радіусом не менше 15 та 25 м відповідно.

В межах першого поясу ЗСО ділянка надр повинна бути спланована, огорожена, озеленена, на ній має бути змонтована охоронна сигналізація, за межі цього поясу відведені стічні води у найближчу систему каналізації, будівлі мають бути каналізовані.

Відповідно до Постанови КМУ від 18 грудня 1998 року № 2024 на території зони суворого режиму водозабору забороняється:

- знаходження сторонніх осіб;
- розташування будь-яких споруд, що не пов'язані з видобуванням підземних вод;
- проведення всяких будівельних та монтажних робіт, які прямо не пов'язані з будівництвом водозабірних і водопровідних споруд та мереж, їх реконструкцією та експлуатацією;
- використання мінеральних і органічних добрив, пестицидів;
- споруджування трубопроводів;
- скидання будь-яких стічних вод;

- пасти худобу;
- вирубати ліс.

Дотримання режиму першого поясу зони санітарної охорони джерел водопостачання забезпечується власником водозабору або підприємством, що здійснює водопостачання.

Території, призначені для попередження забруднення води джерел водопостачання належать до другого та третього поясів (пояси обмеження та спостереження).

Другий пояс зони санітарної охорони облаштовується для захисту підземних вод від мікробного забруднення. Розмір другого поясу визначається гідродинамічними розрахунками, які описують фізичні явища в рідині, що рухається, і враховують час просування і виживання мікроорганізмів. Розрахунковий час (100, 200, 400 діб) залежить від щільності бактеріального забруднення та особливостей кліматичних зон.

У межах поясу обмеження зони санітарної охорони повинні:

- регулюватись виділення територій під забудову поселень, споруджень закладів лікувально-профілактичних та оздоровчих, сільськогосподарських і промислових об'єктів;
- проводитись упорядкування територій промислових і сільськогосподарських об'єктів, поселень та окремих споруд, здійснюватися їх централізоване водопостачання. На об'єктах мають бути облаштовані каналізація і відведення забруднених поверхневих вод тощо;
- регулюватись спорудження нових свердловин.

В разі виявлення несправних, дефектних або таких, що неправильно використовуються, свердловин та шахтних колодязів, які створюють загрозу забруднення водоносного горизонту, що експлуатується,

необхідно проводити їх тампонування чи відновлення. Якщо виробництво підприємств пов'язано з ризиком забруднення стічними водами підземних вод, необхідно, по можливості, змінити технологію виробництва цих підприємств. Область захоплення водозабору збільшується в процесі експлуатації водозабору і відповідно становище меж ЗСО змінюється разом із збільшенням тривалості роботи водозабору Т.

Таблиця 46

Рекомендації щодо вибору розрахункового часу

Гідрогеологічні умови	Т _м , добу	
	в межах I та II кліматичних районів	в межах III та IV кліматичних районів
1. Ґрунтові води:		
а) за наявності гідравлічного зв'язку з відкритою водоймою	400	400
б) за відсутності гідравлічного зв'язку з відкритою водоймою	400	200
2. Напірні та безнапірні міжпластові води:		
а) за наявності безпосереднього гідравлічного зв'язку з відкритою водоймою	200	200
б) за відсутності безпосереднього гідравлічного зв'язку з відкритою водоймою	200	100

У межах другого поясу ЗСО забороняється:

- забруднювати територію будь-яким сміттям чи відходами;
- розташовувати об'єкти, які загрожують хімічним забрудненням джерелам водопостачання. До таких об'єктів можуть належати склади пестицидів, мінеральних добрив і паливно-мастильних матеріалів;

- облаштовувати об'єкти, які можуть створювати загрозу мікробного забруднення джерел водопостачання. До таких об'єктів можна віднести: птахівничі та тваринницькі підприємства та інші сільськогосподарські об'єкти, силосні траншеї, гноєсховища, наземні поля фільтрації, поля асенізації, скотомогильники, кладовища;
- зберігати і використовувати мінеральні добрива та пестициди;
- закачувати відпрацьовані (зворотні) води у підземні горизонти, складувати у підземних сховищах тверді відходи та розробляти надра;
- проводити головну рубку лісу.

У межах третього поясу зони санітарної охорони забороняється:

- закачувати відпрацьовані (зворотні) води у підземні горизонти з метою їх захоронення, складувати тверді відходи у підземні сховища та розробляти надра;
- розташовувати склади речовин, які можуть створювати загрозу хімічного забруднення підземних вод. До таких речовин належать паливно-мастильні матеріали, добрива та пестициди;
- розміщувати накопичувачі промислових стічних вод, нафтопроводи та продуктопроводи.

Забезпечувати дотримання вимог до режиму другого та третього поясів зон повинні місцеві органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування відповідно до їх повноважень, а також власники або користувачі земельних ділянок, яким належать території цих зон. Результати розрахунків розмірів зон санітарної охорони водозабору підземних вод використовуються при розробці проекту технологічної схеми розробки родовища або ділянки родовища, звіту з оцінки впливу на довкілля видобування підземних вод на родовищі чи ділянці родовища та в інших роботах.

Розрахунки зон санітарної охорони.

Для практичних розрахунків ЗСО область захоплення водозабірних споруд схематизується у вигляді прямокутника шириною та загальною довжиною L , причому (див. рис. 3)

Розмір $2d$ приймається рівною максимальній ширині області захоплення водозабору.

Протяжність ЗСО вгору по потоку повинна бути такою, щоб частинки води, віддалені від водозабору на відстань K досягли водозабору лише до кінця розрахункового часу T , що відраховується від початку включення водозабору ($T = T_M$ при розрахунку межі другого пояса ЗСО, $T = T_X$, при розрахунку третього поясу ЗСО).

Відстань R доцільно подати у вигляді

$$R = R_q + \Delta R, \quad (97)$$

де R_q - відстань, що долається частинками води під час руху зі швидкістю природного потоку, питома витрата якого q ;

ΔR - додаткова відстань, яку проходить частка йоди при експлуатації водозабору.

Вниз по потоку підземних вод кордон ЗСО, як правило, проводиться через роздільну точку N . Але в тих випадках, коли відстань від водозабору до точки N велика і час руху частинок води від неї до водозабору більший за розрахунковий час T , положення кордону ЗСО зміщується ближче до водозабору на відстань r від водозабору.

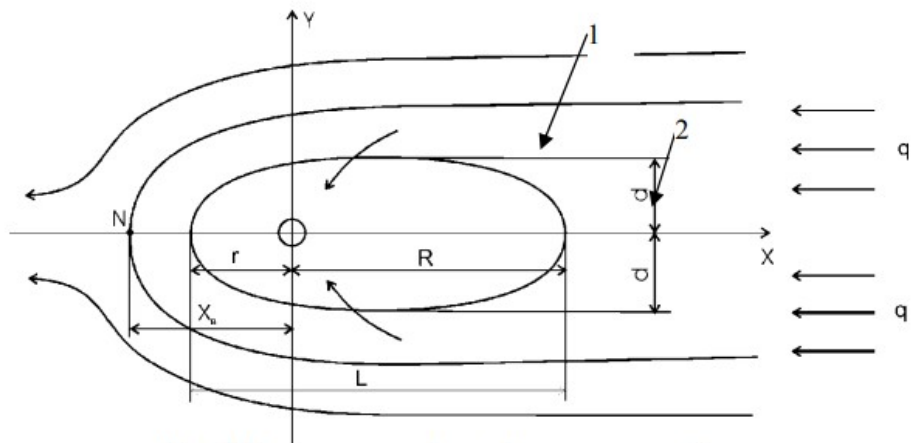


Рис. 3. Схема зони санітарної охорони водозабору

У безнапірних водоносних горизонтах, а також у неглибоких напірних, що залягають пластах, перекритих зверху слабопроникними відкладеннями щодо положення межі другого пояса ЗСО для захисту від мікробного забруднення в окремих випадках, доцільно враховувати час t_0 просочування забруднених вод по вертикалі до основного експлуатаційного пласта, тобто приймати $T = T_m - t_0$. Якщо $t_0 > T_m$, водоносний обрій захищений від мікробних забруднень.

Величина t_0 приблизно може бути визначена за такими формулами:

а) при малій інтенсивності інфільтрації забруднених вод $\varepsilon (\varepsilon < k_0, k_0$ - коефіцієнт фільтрації порід зони аерації); тобто, коли інфільтрація відбувається неповним насиченням пор водою,

$$t_0 \approx n_0 \cdot m_0 T \varepsilon^2 \cdot k_0 \quad (98)$$

б) при значній інтенсивності інфільтрації $\varepsilon (\varepsilon > k_0)$, тобто, при інфільтрації з повним насиченням пор,

$$t_0 \approx n_0 \cdot m_0 T k_0 \quad (99)$$

в) при дво-трьохшаровій будові водоносної товщі

$$t_0 \approx n_0 \cdot m_0 / (k_0 \Delta H) \quad (100)$$

У формулах (97)-(99) m_0 і n_0 - потужність та активна пористість порід над експлуатованим горизонтом (у випадках "а" і "б" - це породи зони аерації, у

разі "в" - породи верхнього слабопроникного шару), ΔH - різниця рівнів води основного експлуатованого і вищележачого живлячого шарів.

Параметри k_0, m_0 і n_0 слід визначати під час розвідки підземних вод. На ранніх стадіях досліджень (вибір водоносного горизонту, ділянки розташування водозабору) за відсутності експериментально визначених значень зазначених параметрів останні приймаються за літературними даними з урахуванням підвищеної водопроникності покривних відкладень та порід зони аерації.

Лекція № 10. Експлуатація водозабірних свердловин

Приймання свердловин в експлуатацію

При здачі свердловин в експлуатацію будівельно-монтажна організація представляє приймальній комісії проектну та виконавчу технічну документацію, а також:

- паспорт свердловини, що містить дані про роботу та координати розташування свердловин, абсолютну відмітку гирла, витрату води, призначення та особливі вимоги до свердловини;
- геологічне опис, що висвітлює загальногеологічну, стратиграфічну характеристики всіх пройдених при бурінні горизонтів;
- опис конструкції свердловин, способу буріння та типу верстата, каротажної діаграми, докладний опис фільтру, виробленої цементациї та дані відкачування з експлуатаційного горизонту.

До паспорта свердловини додають: акт закладання свердловини, акт встановлення фільтрової колони, акт на цементацию обсадних колон, геологічний розріз свердловини, каротажну діаграму, журнал дослідної відкачки, дані про результати хімічних та бактеріологічних аналізів води з укладанням органів санітарно-епідеміологічної служби, гарант адресою підрядника.

Не допускається приймання свердловин, не обладнаних зоною санітарної охорони, павільйоном насосної станції, герметизуючим оголовком, водонапірною баштою або резервуаром, а також системою автоматичного керування занурювальним електронасосом.

У процесі приймання свердловин обов'язково повинні проводити пробне відкачування та випробування насосної установки.

Для підготовки свердловин до постійної експлуатації, встановлення фактичної продуктивності, визначення якості води, очищення води від

сторонніх домішок, піску та каламуті проводять випробування свердловин шляхом пробних відкачування.

Пробні відкачування здійснюються безперервно протягом кожного ступеня зниження із вимірами продуктивності, статичного та динамічного рівнів води.

При відкачках слід дотримуватися такі правила: в пухких породах відкачування починається з мінімальних зниження рівня води з поступовим переходом великі пониження; у скельних породах відкачування проводиться у зворотному порядку.

Кількість води, що відкачується при пробному відкачуванні з експлуатаційного водоносного шару, повинна становити не менше 75%, в окремих випадках - не менше 50% проектної продуктивності.

Дослідна відкачка проводиться не менше ніж з двома зниженнями рівня води.

Тривалість дослідного відкачування визначається часом, необхідним:

для досягнення практично постійного динамічного рівня води при даному дебіті свердловини;—

для одержання освітленої води, звільненої від механічних домішок;

зادля досягнення стабільності хіміко-бактеріологічних показників аналізів води.

Після досягнення постійного динамічного рівня (при постійному дебіті) та належного освітлення води безперервне відкачування повинно проводитися для кожного зниження не менше 24 годин. При режимі, що не встановився, відкачування на кожне зниження рекомендується проводити не менше трьох діб.

Якщо є побоювання можливого погіршення якості води, що отримується зі свердловини, необхідна тривалість відкачування встановлюється особливо.

Проби води для хімічного аналізу відбираються у процесі відкачування щонайменше двічі при кожному зниженні. Відкачування припиняється не раніше практичної стабілізації хімічного складу води.

Проба на бактеріологічний аналіз береться в середині та наприкінці відкачування представником органів державного санітарного нагляду.

Роботи з дослідних відкачувань повинні фіксуватися в журналах відкачування, а результати відкачування - оформлятися актами.

При самовиливі води зі свердловини у кількості, близькій до розрахункової продуктивності свердловини, відкачування замінюється вимірами кількості води, що самовиливається.

При влаштуванні безфільтрових водоприймальних частин свердловин дослідні відкачування виробляються аналогічно відкачкам із свердловин із фільтровими водоприймальними частинами. Неодмінна умова експлуатації таких свердловин - безперервний і рівномірний режим відкачування, що унеможливорює порушення кута природного укосу водоносної породи.

У процесі експлуатації в паспорт водозабірних споруд вносять результати реальних перевірок, огляду технічного стану, аналізів води, дані про заміну обладнання, перебудови у схемі комунікацій, ремонти та ін.

Крім того, при прийманні свердловин перевіряють: розташування обсадних труб (відмітки низу-верху), вертикальність стовбура, кріплення насосного агрегату до нижнього фланця опорної плити, комплектність водопідйомного обладнання з автоматикою пуску, якість виконання бетонного фундаменту для опорної плити, положення електроприводу та його кріплення до водопідйомної труби, правильність монтажу напірного трубопроводу (на ділянці від водозабірної споруди до збірного резервуару) та наявність на ній запірної засувки, зворотного клапана, манометра, водоміру та крана для взяття проб води.

Після закінчення перевірки та виконання налагоджувальних та регулювальних робіт у присутності комісії проводиться повторний пуск свердловини у потрібному експлуатаційному режимі.

Технічне обслуговування водозабірних свердловин

Експлуатація свердловини проводиться працівниками господарства, якому належить свердловина. Працівник повинен пройти спеціальну підготовку на проведення робіт з експлуатації свердловин на воду та мати посвідчення на право ведення експлуатації свердловини.

До обов'язку працівника господарства входить виконання наступних операцій та правил:

1. Пуск в експлуатацію насоса та його зупинка;
2. Спостереження за електровимірювальними приладами;
3. Недопущення до експлуатації свердловини сторонніх осіб та охорона від пошкодження.

Вимірювання дебіту, статичного та динамічного рівнів, гирлового тиску, напруги в мережі, частоти та сили струму; визначення появи піску у воді; Ці операції мають бути приурочені до періодичних контрольних перевірок свердловин раз на квартал.

При зниженні якості води у свердловині (особливо, якщо зазначено появу бактерій), подача води споживачам має бути негайно припинена. Відновлення якості води (див. розділ «Дезінфекція свердловин») має виконуватися під наглядом представників санепідстанції.

Необхідно негайно припиняти експлуатацію свердловини та повідомляти про її аварійний стан водогосподарської організації у тих випадках, коли у воді з'являється пісок або відбувається падіння динамічного рівня до верхньої частини занурювального насоса.

Технічне обслуговування свердловини проводиться з метою збільшення загального та міжремонтного терміну експлуатації, значного

скорочення складних та дорогих ремонтних робіт та збільшення часу роботи насосів.

Тривала робота свердловини залежить від своєчасного технічного догляду. До складу робіт з технічного догляду повинні входити заходи щодо організації регулярного профілактичного догляду та контролю за експлуатацією свердловини.

Профілактичний догляд складається з їх технічного обслуговування, контролю та своєчасного проведення профілактичних ремонтів.

Свердловина оглядається з метою:

- ознайомлення з технічним станом та перевірки справності наземного обладнання, електровимірювальних приладів, наявності рівнеміру, манометра та водоміру;
- організації робіт із усунення дрібних несправностей;
- проведення контрольних вимірів дебіту, гирлового тиску, статичного та динамічного рівнів;
- визначення наявності піску у воді, ступеня падіння питомого дебіту, висоти водяного стовпа над працюючим насосом; обсягу відкаченої води за час експлуатації свердловини, залізобактерій у воді;
- перевірки роботи електровимірювальних приладів, автоматів, режиму електричної мережі; заповнення журналу з експлуатації свердловини та ступеня підготовленості працівників, що безпосередньо експлуатують свердловини;
- пломбування свердловини.

На підставі отриманих даних водогосподарська організація проводить аналіз існуючого технічного стану свердловини та планує проведення ремонтних робіт.

Раз на рік у період, який визначається місцевими умовами, проводять генеральну перевірку стану свердловини, обладнання та всіх трубопроводів.

Результати перевірки та випробувань заносять у паспорт свердловини.

При генеральній перевірці стану свердловини та обладнання встановлюють ступінь їх зносу, причини зміни продуктивності водоприймачів, якості води та гідрогеологічних умов експлуатації водоносного горизонту, стан обсадних труб та водоприймаючої частини та ін. На підставі результатів перевірки призначають вид ремонту та вживають заходів для забезпечення умов нормальної експлуатації.

Під час генеральної перевірки визначають продуктивність кожної свердловини одиночними чи груповими відкачуванням води.

Несправності свердловини можуть спричинити бій зміну статичного та динамічного рівнів, питомого дебіту, якості води та призвести до різкого зменшення її продуктивності.

Типові причини зменшення продуктивності водозабірних свердловин наведено у таблиці 47.

Таблиця 47

Типові ознаки несправності водозабірних свердловин та причини зменшення їх продуктивності

Ознаки несправності			Можливі причини зменшення продуктивності свердловин
за рівнем води		за питомим дебітом	
статичному	динамічному		
1	2	3	4
Без зміни	Вище, ніж раніше	Менше, або дещо більше початкового	Несправність насоса
Постійне зниження	Постійне зниження	Без зміни	Збільшення районної депресії
Періодичне зниження	Періодичне зниження	Без зміни раніше	Вплив роботи сусідніх свердловин
Без зміни раніше	Нижче, ніж раніше	Зменшений	Несправність водоприймаючої частини свердловини
Нижче, ніж раніше	Без зміни або нижче, ніж раніше	Майже без зміни або менше початкового	Витік води через пошкоджені місця в обсадних трубах на

			ділянці вище динамічного рівня
--	--	--	--------------------------------

Зниження дебіту свердловини найчастіше відбувається через несправності водоприймальної частини, які виникають в результаті перекриття фільтрів піщаною пробкою або закупорювання водоприймаючої області хімічними механічними та бактеріологічними опадами.

Про технічний стан фільтра судять за наявності осаду та крупності частинок піску в пробі води. Якщо в осаді є великі зерна і фракційний склад його збігається з даними механічного аналізу піску водоносного пласта, це свідчить про пошкодження сітки фільтра або сальника.

Спостереження за станом підземних вод

Спостереження за роботою водозаборів та режимом підземних вод під час експлуатації.

На водозабірних свердловинах протягом усього періоду їх експлуатації повинні проводитись спостереження за режимом рівнів, температури, хімічного складу підземних вод та за дебітом.

Метою режимних спостережень є:

- а) виявлення характеру зміни природного режиму підземних вод під впливом водовідбору;
- б) визначення оптимального режиму експлуатації водозабору;
- в) своєчасне запобігання можливому погіршенню якості підземних вод на ділянці водозабору;
- г) оцінка впливу експлуатації водозабору на існуючі водозабори підземних вод, а також на поверхневі водні джерела та економічні умови цього району;
- д) накопичення досвіду експлуатації споруд із забору підземних вод у різних гідрогеологічних умовах та вирішення питань, пов'язаних з

розширенням водопостачання в даному районі та спорудженням нових водозаборів в аналогічних гідрогеологічних умовах.

Водозабірні свердловини повинні бути обладнані пристроями для систематичних спостережень за рівнем і дебітом води в кожній свердловині, повинна бути створена також мережа спостережних свердловин на прилеглій території, водомірні пости на виходах підземних вод на поверхню, на водотоках і водоймищах: пов'язаних з експлуатованим водоносним горизонтом.

Будівництво режимної мережі та спостереження за нею ведуться за рахунок коштів власника водозабору.

Спостереження повинні бути розпочаті до введення водозабору в експлуатацію, з тим мати дані про режим рівнів води, не порушений роботою водозабору.

Схема розташування спостережних пунктів, їх кількість, конструкція та частота спостережень визначаються типом підземних вод, умовами живлення водоносного горизонту, санітарним станом ділянки, схемою та конструкцією водозабору та режимом експлуатації.

На водозаборах, що складаються з ряду свердловин спостережні свердловини в межах водозабору та в зоні його впливу доцільно розташовувати по поперечниках перпендикулярно до лінії водозабору з розрахунку 1-2 діаметри на 1 км фронту водозабору. При значній довжині водозабору (понад 5 км) відстань між діаметрами може бути збільшена до 2-3 км. Одна із спостережних свердловин на кожному поперечнику повинна припадати на лінію водозабору та розташовуватися між експлуатаційними свердловинами. Крок між спостережливими свердловинами на поперечнику призначається залежно від морфології ділянки водозабору, потужності водоносного горизонту, що експлуатується, продуктивності водозабору, ширини зони його впливу.

На водозаборах, що складаються з групи будь-яким чином розташованих свердловин, що взаємодіють, спостережні свердловини слід

розміщувати між експлуатаційними свердловинами і в зоні впливу водозабору.

За наявності в районі водозабору вогнищ можливого забруднення підземних вод спостережні свердловини розташовуються лініями від вогнища до водозабору.

Для виявлення взаємозв'язку експлуатованого водоносного горизонту з нижнім верхнім водоносними горизонтами останні також включаються в режимні спостереження спеціальним свердловин як на ділянці водозабору, так і в зоні його впливу.

Конструкції свердловин для спостережень за режимом того чи іншого водоносного горизонту повинні надійно унеможливлувати вплив на результати спостережень інших горизонтів, а також дощових та талих вод.

Глибину спостережних свердловин режимної мережі слід приймати:

у водоносному горизонті з вільною поверхнею (безнапірним) при глибині експлуатаційних свердловин до 15 м-тої ж глибини, що й глибина експлуатаційних свердловин;

у водоносному горизонті з вільною поверхнею при глибині експлуатаційних свердловин більше 15 м глибина спостережної свердловини обмежується положенням верху робочої частини її фільтра на $2/3$ м нижче за можливий нижчий динамічний рівень води у водоносному горизонті з урахуванням довжини робочої частини фільтра і відстійника;

у напірних водоносних горизонтах при динамічному рівні вище їхньої покрівлі робоча частина фільтра спостережних свердловин повинна розташовуватися у верхній частині водоносного горизонту; при частковому осушенні пласта верх фільтра спостережної свердловини повинен бути на 2-3 м нижче динамічного рівня води у водоносному горизонті;

у водоносних безнапірних пластах, експлуатація яких розрахована на спрацювання статичних запасів, верх робочої частини фільтра повинен бути на 2-3 м нижче за положення динамічного рівня води у водоносному пласті до кінця розрахункового терміну експлуатації водозабору; при значній

величині спрацьовування рівня, повільному і тривалому його зниженні, що вимірюється десятками років, глибину свердловин мережі режимних спостережень можна призначити відповідно до глибини спрацьовування рівня за певний період часу, з подальшим поглибленням свердловин або бурінням нових.

При заміні фільтра необхідно:

Прилади для визначення рівнів і температури води в свердловинах спостережних застосовують як стаціонарні з реєстрацією показань на місці і на відстані, так і переносні з разовим вимірюванням.

Для вимірювання рівня води в спостережних свердловинах частіше застосовують прості та дешеві переносні рівнеміри. Діапазон їх вимірів по глибині становить 50-200 м і навіть 500 м. Найчастіше застосовують рівнеміри з хлопакою діаметром 16-40 мм і з рулеткою (РС-20 і РС-40) для глибин вимірювання відповідно 20 і 40 м і з катушкою (ГГП) -126) при діаметрі хлопаки 40 мм та глибині вимірювання до 100 м. Діапазон вимірювань стаціонарних електрорівнеміром становить 50-500 м для різних типів та діаметрів датчика (частіше 12 мм, для типу ЕВ-1М-20 мм).

Стаціонарні рівнеміри характеризуються широким діапазоном характеристик: 1) основна - по діапазону виміру коливань рівня;) вимірювання на об'єкті та дистанційні; поплавкові, гідростатичні та електричні.

Уровнеміри з сигналізацією з відривом застосовують у експлуатаційних свердловинах. Температуру води у спостережних свердловинах визначають глибинними приладами, але для отримання дійсної температури підземних вод необхідно виконати попереднє прокачування з витратою не менше трьох об'ємів води у свердловині. Такі визначення температури проводять періодично, зокрема, за допомогою так званих лієвих ртутних термометрів.

Якщо отримані глибинним термометром значення температури після відкачування і без прокачування однакові, то надалі від прокачування при

вимірюваннях температури в спостережних свердловинах відмовитися. Однак достатність прокачування свердловини при трьох обсягах води, зазначених вище, повинна перевірятися шляхом збільшення тривалості цього прокачування з відповідними вимірами температури глибинним термометром і воді, що відкачується на поверхні (біля виливу).

Проби води для аналізу відбирають із спостережних свердловин після достатнього прокачування її на поверхні або за допомогою пробовідбірника, що спускається в свердловину.

Технічне обслуговування занурювальних електронасосів [26]

Насоси типу ЕЦВ призначені для роботи в неагресивному середовищі. Зміст механічних домішок у питній воді допускається трохи більше 0,01% за вагою.

Занурювальні насоси працюють у комплектах з електродвигунами. Експлуатація занурювальних насосів повинна здійснюватись відповідно до заводських інструкцій з догляду за цими насосами.

При заміні насоса починати монтаж насосної установки можна тільки після промивання свердловини. Промивку слід проводити доти, поки вміст механічних домішок у воді, що відкачується, буде не більше 0,01% за вагою.

Перевірка свердловини на прохідність проводиться спеціально виготовленим шаблоном з обрізування. Труби, зовнішній діаметр та довжина якої відповідають розмірам занурювального насоса. При спуску та підйомі шаблон повинен вільно проходити у свердловині.

Насос, електродвигун та напірний трубопровід повинні розміщуватися у свердловині вільно із зазором не менше 5 мм на бік.

Робочий вузол насоса повинен бути на 3-5 м нижче динамічного рівня води в свердловині. Найнижчий динамічний рівень води в свердловині у всіх випадках повинен бути вищим за фланце верхнього корпусу робочого вузла насоса не менше ніж на 1 м.

Перед монтажем насосного агрегату необхідно провести підготовку обладнання для монтажу установки, куди відносяться вантажопідйомні засоби, труби, сполучні муфти, скоби кріплення кабелю, наземна арматура, кришка свердловини або опорне коліно, засувка, манометр, два монтажні хомути, прилади та інструменти для виконання.

Вантажопідйомне обладнання вибирається з урахуванням ваги насосного агрегату, кабелю, колони заповнених водою водопідйомних труб та опорного коліна.

Перед опусканням насосного агрегату у свердловину необхідно:

перевірити відсутність заїдань при обертанні вручну роторів насосного агрегату; якщо насосний агрегат не повертається від руки, необхідно змочити підшипники або помістити його на 15 хвилин у ємність із водою; якщо після цього агрегат не повертається від руки, необхідно з'ясувати причину, від'єднавши насос від електродвигуна і повертаючи їх окремо; після усунення причин заїдання насос з'єднують з електродвигуном, стежачи за тим, щоб не порушити встановлений раніше осьовий хід ротора насоса, тобто. не міняти кількості регулювальних шайб, встановлених на заводі-виробнику;

залити електродвигун чистою профільтрованою водою (у зимовий час неприпустимо заливати в електродвигун гарячу воду); Заповнивши двигун водою, через 10-15 хвилин перевіряють герметичність з'єднань, відсутність повітряних пробок, а також витоків вода з двигуна.

Одночасно з трубами в свердловину опускається струмопідвідний кабель.

При кріпленні силового кабелю до напірного трубопроводу необхідно виконувати такі вимоги:

кабель укладається вздовж труб та прикріплюється до них через кожні 2-2,5 м хомутами;

у місцях кріплення до труб кабель необхідно обгортати листовою гумою завтовшки 1-3 мм;

після кріплення кабель не повинен провисати між хомутами кріплення.

Здавання-приймання змонтованого водопідйомного обладнання здійснюється за актом.

Пуск насоса виконується при закритій засувці, а потім, регулюючи подачу насоса засувкою, встановлюють необхідний режим роботи. Якщо при пробному пуску у воді виявляється велика кількість зважених частинок, необхідно зменшити засувкою подачу води, зменшуючи тим самим швидкість руху води в свердловині і, отже, зменшуючи забір піску зі свердловини.

Зупиняти насос при цьому не можна, тому що частинки породи будуть осаджуватися на поверхнях корпусів і робочих коліс, що омиваються, що призведе до заїдання і зносу частин насоса.

Насос можна зупинити тоді, коли він качатиме чисту воду. Перед зупинкою насоса необхідно закрити засувку.

Після пробного запуску рекомендується проводити безперервну роботу насосного агрегату протягом 2-3 діб. За цей період відбувається достатня опрацювання робочих органів агрегату.

Контроль за роботою агрегату здійснюється перевірки та запису показань приладів, виміру опору ізоляції електродвигуна з струмопідвідним кабелем, виміру продуктивності та напору агрегату, а також статичного та динамічного рівня води в свердловині.

У перший тиждень роботи насосної установки виміри проводять щодня, надалі – при справній роботі – раз на тиждень.

Лекція №11. Ремонт свердловин.

Профілактичний ремонт свердловин

Для підтримки необхідного дебіту свердловини, забезпечення безперебійної подачі води та ліквідації несправностей наводять ремонт свердловин.

При тривалій роботі свердловин відбувається поступове зниження дебітів, яке обумовлено переважно впливом гідрохімічного складу води, а також конструкціями фільтрів, величиною водовідбору, часом експлуатації та іншими факторами.

Зниження продуктивності відбувається в результаті заростання порового простору фільтрів і профільтрових зон хімічними осадами, що випадають із води, що притікає.

Профілактичні ремонти проводяться за графіком кожні 8-12 місяців, а також при зниженні питомого дебіту на 10-15%.

Необхідність у проведенні регулярних профілактичних ремонтів свердловин пов'язана з утворенням незворотних процесів у водоприймальній частині свердловини. Ці процеси призводять до передчасного виходу свердловин з ладу та крайнього ускладнення відновлення продуктивності. У той же час при своєчасному ремонті можна повністю видаляти з водоприймальної частини свердловини опади, а також очищати забій від механічних частинок.

При профілактичному ремонті виникає потреба у виконанні наступних операцій:

- перевірка насосного обладнання;
- демонтаж-монтаж наземного та підземного насосного обладнання;
- замір глибини свердловини та визначення висоти піщаної пробки;
- очищення вибою від піску;
- очищення внутрішньої поверхні стовбура свердловини та фільтра від хімічних опадів;
- монтаж-демонтаж заливної колони;
- заливання у свердловину розрахункової кількості соляної кислоти;
- виробництво соляно-кислотної ванни;
- ерліфтне відкачування свердловини;
- очищення вибою від опадів.

Очищення глибокої свердловини полягає у видаленні частинок ґрунту, що осіли на дно, і в промиванні фільтра без підйому його на поверхню землі.

Перед очищенням свердловини на поверхню піднімають водопідйомне обладнання. Ці роботи виконують за допомогою лебідок або над колодязем встановлюють триногу-вишку з лебідкою та балансиром. Потім очищають свердловину желонкою, що спускається і піднімається на штангах або канаті, поки желонка не торкнеться шару гравію у відстійнику. Після очищення колодязя в нього встановлюють водопідйомне обладнання та проводять перше очищення до повного освітлення води.

При механічному закупорюванні отворів фільтра пропускну здатність його можна підвищити промиванням фільтра водою. Для цього після очищення колодязя желонкою до нього опускають на штангах поршень. Сильними різкими рухами поршня вгору і вниз можна значно збільшити швидкість води в отворах фільтра і звільнити його від частинок ґрунту. При невеликому забрудненні фільтра можна промити швидким заповненням колодязя чистою водою.

Якщо механічне промивання фільтра не дає сприятливих результатів, тобто підстава припускати наявність закупорювання фільтра відкладеннями хімічних сполук.

Видалення хімічних відкладень на фільтрі провадиться за допомогою соляної кислотної ванни. З цією метою свердловину до вибою опускається заливна колона, яка може бути представлена повітряними трубами ерліфта. Зверху колони встановлюється вирва і в свердловину заливається розрахункова кількість 10-15% соляної кислоти.

Промисловістю випускається кислота концентрацією 20, 27,5 та 31%. У табл. 49 наведено дані про приготування цих кислот розчинів 10-15% концентрації.

Потрібний обсяг розчину соляної кислоти на 1 пог.м фільтра визначається табл. 50.

Таблиця 49

Необхідна кількість вихідної соляної кислоти та води для приготування робочого розчину

Концентрація розчину кислоти, %	Концентрація вихідної кислоти					
	20		27,5		31	
	кислота, л	вода, л	кислота, л	вода, л	кислота, л	вода, л
10	490	510	345	655	300	700
11	535	465	375	625	325	685
12	585	415	410	590	355	645
13	635	365	445	555	385	615
14	690	310	480	520	415	585
15	740	260	510	490	445	555

Таблиця 50

Необхідна кількість розчину соляної кислоти для обробки 1 пог.м довжини фільтра в залежності від його діаметра

Внутрішній діаметр фільтра, мм	При регулярній профілактичній обробці свердловин, л	При тривалій експлуатації свердловини, л
100	30	100
150	45	125
200	60	150

250	80	175
300	100	200
350	150	250

Після заливання кислоти свердловина залишається у спокої 24 години. Потім свердловину опускається ерліфтна колона і проводиться відкачування. Відкачування продовжується до повного освітлення води та видалення слідів соляної кислоти.

Після відкачування знову заміряються глибина свердловини і проводиться очищення вибою від опадів ерліфтом або желонкою.

Поточні ремонти проводяться за необхідності заміни насоса. Проведення капітальних ремонтів свердловин планується у разі потреби проведення складних робіт: заміни фільтра, ремонту обсадної колони, цементування тощо.

При заміні фільтра необхідно:

- Очистити забій свердловини від піску гідророзмивом
- Виготовити друк та приєднати його до колони бурильних труб
- Опустити інструмент у свердловину та встановити друк з метою визначення положення верхньої частини надфільтрової труби
- Підняти інструмент зі свердловини та оглянути друк
- При вилученні фільтра лебідкою опустити в свердловину колону бурильних труб ловильним інструментом
- Захопити фільтрову колону та витягти її
- При вилученні фільтра домкратами підготувати гирло свердловини для встановлення домкратів з укладанням брусів та дощок
- Опустити в свердловину колону бурильних труб з інструментом для лову.
- Захопити фільтрову колону
- Встановити домкрати та змонтувати гідравлічну систему;
- Витягти фільтрову поверхню з перекріпленням домкратів.

Після вилучення фільтра пропрацювати свердловину під фільтрову колону, для чого:

- приєднати долото до бурильної труби
- опустити бурильні труби у свердловину
- опрацювати стовбур свердловини з промиванням та нарощуванням бурильних труб
- промити свердловину перед підйомом інструменту та підняти бурильні труби зі свердловини
- На надфільтровій трубі, призначеній для встановлення нового у свердловині фільтра, встановити розтискний сальник
- Перевірити цілісність та співвісність фільтрової колони
- Забити дерев'яну пробку у трубу відстійника фільтра
- З'єднати першу трубу бурильної колони з фільтровою колонною муфтою з лівим різьбленням або за допомогою спускового ключа
- Нарощуючи бурильну колону опустити фільтр у свердловину та встановити на забій
- Розтиснути розтискний сальник, для чого надати колоні бурильних труб праве обертання, при цьому муфта з лівим різьбленням нагвинчується на надфільтрову трубу і стискає сальник
- Від'єднати бурильні труби від фільтрової колони та підняти їх зі свердловини.
- Змонтувати ерліфт і відкачати зі свердловини до припинення винесення механічних частинок.

Для поглиблення свердловини при переході на експлуатацію водоносного горизонту, що лежить нижче, необхідно:

- Вийняти зі свердловини старий фільтр

- Поглибити свердловину до покрівлі водоносного пласта, що лежить нижче. Спустити додаткову обсадну колону та зацементувати затрубний простір
- Очікування затвердіння цементу
- Розбурити водоносний пласт на розрахункову глибину
- Встановити новий фільтр
- Змонтувати ерліфт
- Прокачати свердловину до повного припинення винесення механічних домішок
- Провести дослідну відкачування зі свердловини не менше ніж при двох пониженнях.

Якщо необхідно перевести свердловину на експлуатацію горизонту, що знаходиться вище, потрібно:

- Вийняти зі свердловини старий фільтр
- Зацементувати стовбур свердловини від вибою до підшви вибраного водоносного пласта
- Опустити на кабелі перфоратор на глибину залягання ділянки свердловини, що перфорується.
- У процесі спуску ретельно проміряти довжину кабелю з тим, щоб унеможливити простір на заданій глибині
- Перфоровати обсадну колону, що перекриває водоносний горизонт
- Для створення протитиску на пласт заповнювати свердловину до гирла водою
- Встановити новий фільтр
- Змонтувати ерліфт і зробити будівельну та дослідну відкачування зі свердловини.

При переобладнанні фільтрової свердловини на безфільтрову, якщо геологічні та гідрогеологічні умови дозволяють, необхідно:

- Витягти фільтр зі свердловини
- Відпустити в свердловину породоруйнівний інструмент та розбурюванням очистити прифільтрову зону від продуктів хімічного кольматажу.
- Змонтувати ерліфт та почати відкачування для формування водоприймальної вирви
- У початковий період, коли поверхня лійки та водоприитоки в неї малі, до свердловини необхідно підливати воду.

Якщо потрібно витягти зі свердловини сторонні предмети, що потрапили туди, потрібно:

- Виготовити друк при першому рейсі:
- Підготувати інструмент та обладнання
- Підключити друк до колони бурильних труб
- Опустити інструмент у свердловину та встановити друк
- Підняти інструмент та оглянути друк при кожному наступному рейсі:
- Приєднати інструмент до колони бурильних труб.
- Опустити інструмент у свердловину
- Захопити видобутий предмет
- Підняти інструмент зі свердловини

При неможливості витягти сторонні предмети зі свердловини за допомогою інструменту для лову, розбурити їх тришарошечним долотом або фрезером.

Відновлення дебіту свердловин

Причини зниження дебітів свердловин. При тривалій роботі свердловин відбувається поступове зниження дебітів, яке обумовлено переважно впливом гідрохімічного складу води, а також конструкціями фільтрів, величиною водовідбору, часом експлуатації та іншими факторами.

Зниження продуктивності відбувається в результаті заростання порового простору фільтрів і прифільтрових зон хімічними осадами, що випадають із води, що притікає.

Найбільш поширеними кольматуючими відкладеннями є залізисті (охристі) опади, які з аморфної форми поступово переходять у міцніші структури, що цементують навколишні фільтр породи, досягаючи 20 - 50 см по радіусу.

Таким чином, відкладення опадів у прифільтрових зонах, фільтрах та трубах призводить до різкого підвищення гідравлічних опорів, внаслідок чого знижується продуктивність свердловин.

Зниження продуктивності встановлюють, постійно спостерігаючи за роботою свердловин і контролюючи роботу насоса, вимірюючи дебіт та зниження, вимірюючи глибину, визначаючи статичний рівень. Для цього використовують вимірювальну та діагностичну апаратуру.

Для відновлення дебіту свердловини в період її експлуатації застосовують різні методи, найбільш ефективними з яких є реагентні та імпульсні методи.

УЯк реагенти для розчинення кольматуючих відкладень використовують соляну кислоту HCl , триполіфосфат натрію $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, гексаметафосфат натрію $(\text{NaPO}_3)_6$, дитіоміт натрію $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, сульфамінову кислоту $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$, бісульфат натрію NaHSO_4 .

Умови застосування різних видів реагентів та їх оптимальна концентрація наведені у таблиці 51.

Для обробки свердловин на фільтр довжиною 10 м орієнтовні об'єми розчину становлять 0,3...1 м³ для гравійних фільтрів діаметром від 168 до 299 мм. При обробці свердловин із сітчастими фільтрами вказаний обсяг знижують на 25%.

При цьому концентрація розчину соляної кислоти повинна становити не менше 25%, а при виготовленні розчину порошкоподібних реагентів їх витрата становить 24 ... 80 кг.

Технологія обробки свердловин реагентом полягає у введенні розчину в зону фільтра та подальшому продавлюванні його в закольматовану профільтрову зону. Досягають цього створенням тиску в свердловині стисненням повітрям, що подається компресором, або вакуумуванням з подальшим зняттям тиску або зриву вакууму. Для кращого реагування розчину з кольматантом проводять кілька циклів промивок. Якщо статичний рівень води в свердловині близький до поверхні, то при циклічній обробці досить герметизувати оголовок свердловини. При низькому рівні, коли для створення тиску потрібно закачувати велику кількість повітря, над фільтром встановлюють пакер, під який закачують повітря.

При використанні порошків розчиняють на поверхні або доставляють у спеціальному контейнері в зону фільтра і розчиняють потоком води.

Реагентні методи здатні відновлювати дебіти близьких до початкових. При їх використанні необхідно суворо дотримуватись спеціальних заходів техніки безпеки.

Імпульсні методи відновлення дебітів свердловинстворюють ударні хвилі і впливають на відкладення, що кольматують. Для цього застосовують пневмовибух (ВПВ), електрогідравлічний удар (ЕГУ), вибухи торпед з детонуючого шнура (ТДШ) та вібраційні методи.

Для створення пневмовибуху широке застосування знайшли установки АСП-ТМ - автостанція, розміщена на одновісному причепі, до складу якої входять компресор, балони зі стисненим повітрям та пневмоснаряд. Максимальний тиск у балонах 15 МПа.

Для обробки свердловин методом ЕГУ створено низку спеціальних пересувних установок. Недолік цього способу - необхідність роботи зі струмом високої напруги.

Метод ТДШ заснований на вибуху торпед в зоні фільтра. Його застосовують при надійно виготовленому фільтрі, так як сила вибуху регулюється числом ниток, що вибухають.

Вібраційні методизасновані на коливаннях пластин, розташованих на трубах, рух яким передається вібратором.

Усі зазначені способи відновлення свердловин застосовують у комплексі з реагентними методами. І тут скорочуються час обробки, енерговитрати, підвищується ефективність обробок.

Лекція № 12. Автоматичне керування роботою свердловини

У більшості випадків вода з водозабірних свердловин по напірному водоводу подається в ємнісні споруди, найчастіше водонапірні вежі. Для забезпечення надійної роботи свердловини передбачають встановлення засобів автоматичного керування.

Одна зі схем автоматичного управління насосною станцією при роботі на водонапірну вежу і наявності проміжного відбору наведена на малюнку 38. Система управління включає в себе насосну установку 1, мінімального реле 2 і максимального 3 тиску, напірний резервуар 4, напірний трубопровід 5, мембранний клапан 6, сигнальну трубу 7, дренажну трубу 8 зворотний клапан 9.

При досягненні водою верхнього рівня в резервуарі тиском у трубі 7 закриється клапан 6. Тиск у напірному трубопроводі підвищується, і реле максимального тиску 2 вимкне насосну установку 1. При проміжному водовідборі 11 вода з напірної ємності 4 після відключення насоса подаватиметься через зворотний. При зниженні рівня води реле мінімального тиску включає насосну установку.

Крім водонапірних веж і баків до створення напору у водопровідній мережі застосовуються водо-повітряні котли, тиск у яких створюється стисненням повітрям. Залежно від способу підтримки тиску виділяються котли постійного тиску (компресійні) та змінного тиску (безкомпресійні). В установках із постійним тиском повітря із спеціального резервуара, в якому тиск підтримується автоматизованим компресором, надходить у водо-повітряний котел. В установках зі змінним тиском поповнення повітря в котлі забезпечується або при випорожненні та з'єднанні котла з атмосферним тиском або спеціальними регулюючими пристроями.

Схема іншої автоматичної установки, в якій напірно-регулюючого резервуара користується пружна ємність з еластичного матеріалу, наведена на малюнку 39, де 2 - електродвигун; -Пружна ємність; 7 - напірний трубопровід. насоса, ємність 6 буде збільшуватися в об'ємі і реле тиску 4 відключить електродвигун насоса.

У ВДТУ розроблено новий пристрій для експлуатації свердловин. Цей пристрій (рис. 40) складається з занурювального електронасоса 1, опущеного в свердловину 2 під динамічний рівень води, водопідйомної труби 3 з електрифікованою засувкою 4 і з вбудованим в стінку 3 труби датчиком 5 тиску. Блок управління 6 призначений для управління роботою насоса 1 і засувки 4. Пристрій транспортує воду в регулюючу ємність 7, обладнану датчиками рівнів 8 води і пов'язану системою електричних кабелів 9 з блоком управління 6.

Датчик тиску (рис.41) складається з металевого корпусу .10, лівої 11 та правої 12 металевих кришок. До кришок примикають пружні елементи 13 і 14, причому пружний елемент 33 призначений для сприйняття тиску всередині підйомної труби, а пружний елемент 14 сприймає тиск, що характеризує динамічний рівень води в свердловині. До пружних елементів 13 і 14 приклеєні вимірювальні тензорезистори 15 і 16 відповідно. Між пружними елементами та кришками 11 та 12 є гумові прокладки 17 та 18 відповідно, призначені для рівномірної передачі тисків на пружні елементи.

Крім того, датчик має опційні тензорезистори 19, призначені для виключення впливу температури на точність вимірювання тиску. Виступ з різьбленням 20 призначений для прикріплення датчика до водопідйомної труби. та отвір 23 для виведення кабелю з датчика. Отвір 23 для герметизації закладається епоксидною смолою.

Блок управління (рис. 42) складається з датчика тиску 24, перетворювача тиску 25 всередині труби 3, блоку управління 26 засувкою, засувки 4, перетворювача 27 сигналу тиску зовні водопідйомної труби 3, блоку 28 управління насосом, насоса 1, блоку 29 комутації, датчика 8 рівня води в регулюючій ємності 7 і реєстраторів 30 та 31.

Перед початком роботи засувка 4 водопідйомної труби 3 закрита. З підвищенням рівня води в свердловині 2 до встановленого значення і при вирішальному сигналі від регулюючої ємності 7 включається насос 1. Відразу всередині труби встановлюється максимальний тиск, так як засувка 4 на водопідйомній трубі залишається закритою. При цьому нульова витрата води виключає піскування свердловини. За сигналом ввімкнення насоса засувка 4 починає працювати на відкривання. При цьому плавне збільшення витрати води від нуля гарантує м'який перехід режиму на всмоктуванні і поступове зниження тиску всередині труби. Коли тиск усередині труби знизиться до встановленої величини, що відповідає максимальному коефіцієнту корисної дії насоса (прийнятому за характеристикою, наявною в паспорті насоса, або отриманому на підставі випробувань насоса), подальше відкриття засувки припиняється та встановлюється оптимальний режим роботи свердловини. Коли рівень води в свердловині знизиться до встановленого значення, перетворювач сигналу 6 зовні водопідйомної труби відключить насос 1, від чого засувка 4 на трубі автоматично закриється.

Цей пристрій дозволяє в автоматичному режимі здійснювати всі операції, зупинку насоса та регулювання режиму експлуатації свердловини. При цьому підтримується оптимальний режим роботи насоса з

максимальним використанням його коефіцієнта корисної дії та запобігає можливості піскування свердловини в початковий період роботи насоса.

Для групи неглибоких свердловин (глибина приблизно до 50 м) можна використовувати також розроблену у ВГТУ нову ежекторну насосну конструкцію. групового водозабору

При використанні цієї конструкції забезпечується висока надійність усієї системи, знижується будівельна вартість за рахунок того, що не потрібен пристрій збірного колодязя, прокладання збірного водоводу можливе на невеликих глибинах або на поверхні землі, зменшується кількість засувки та інших видів арматури та зменшуються експлуатаційні витрати за рахунок забезпечення роботи пристрою в автоматичному режимі

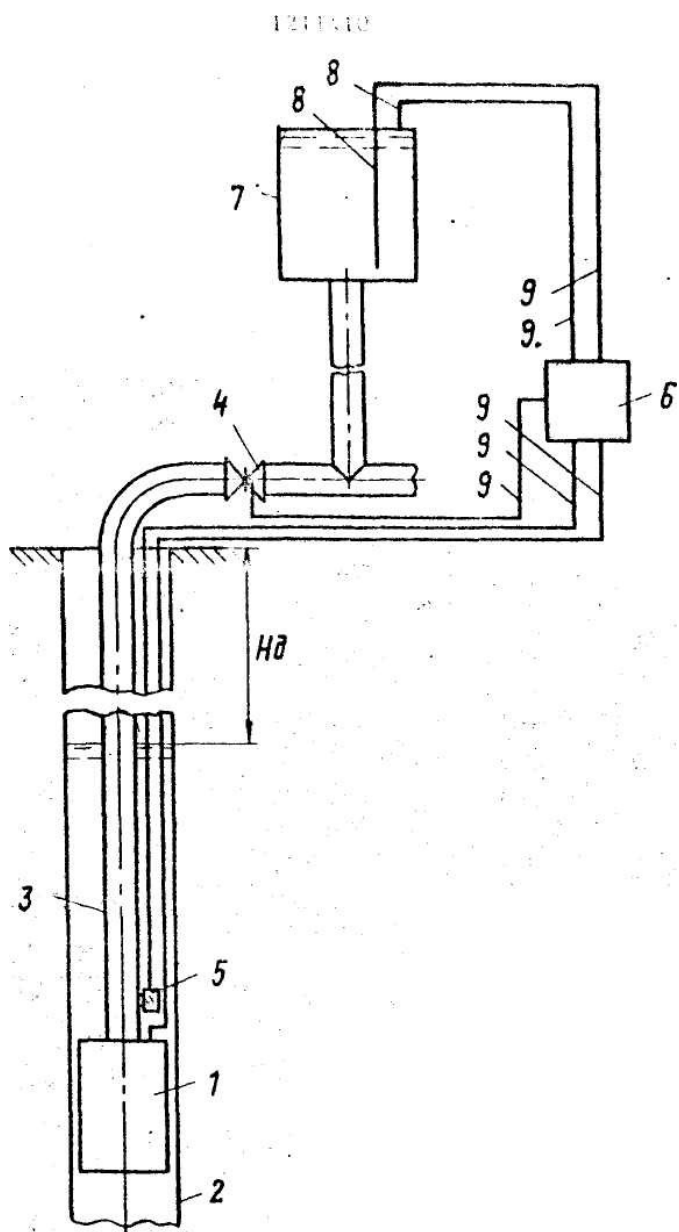


Рис. 40. Пристрій для експлуатації свердловин

Список літератури:

Основна література

1. Водний кодекс України (1995, редакція від 19.08.2022).
2. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод (2000, у редакції від 26.11.2006).
3. Колодій В. В. Гідрогеологія : підручник. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 368 с.
4. Лобода Н. С., Отченаш Н. Д. Підземні води, їх забруднення та вплив на навколишнє середовище : навч. посібник. – Одеса : Одеський держ. екол. ун-т, 2017. – 199 с.
5. Методичні рекомендації зі здійснення державного нагляду за охороною надр при розробці родовищ прісних підземних вод. Наказ Держпрогінрагляду МНС України від 24.03.2006 № 51.
6. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2020 році. – Київ, 2021. – 385 с.
7. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона / за ред. В. К. Хільчевського. – Київ : ВПЦ “Київський університет”, 2015. – 154 с.
8. Правила охорони підземних вод. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 325 від 11.05.2023.
9. Рудаков Д. В. Математичні методи в охороні підземних вод : навч. посібник. – Дніпропетровськ : НГУ, 2012. – 158 с.
10. Стан підземних вод України, щорічник. – Київ : Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2018. – 121 с.
11. Стратегія використання ресурсів питних підземних вод для водопостачання: у 2 т. / за ред. Е. А. Ставицького, Г. І. Рудька, Є. О. Яковлева. – Чернівці : Букрек, 2011. – Т. 1. – 343 с. ; Т. 2. – 496 с.
12. Яцик А. В., Грищенко Ю. М., Волкова Л. А., Пашенюк І. А. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління : підручник для студентів вищих навчальних закладів. – Київ : Генеза, 2007. – 360 с.

Додаткова література

1. Гребенюк Т. В., Сербінова Л. А. Прогнозування розвитку впливу радіоактивних відходів на забруднення підземних вод за двома сценаріями //

Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2016. – Вип. 5. – С. 100–107.

2. ДСанПіН 2.2.4-171-10 “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною”.

3. Кодекс України “Про надра” (1994, редакція станом на 28.03.2023).

4. Косигіна А. Є. Особливості правової охорони підземних вод // Lex Portus. – 2018. – № 5 (13). – С. 113–125.

5. Ладиченко В. В., Головка Л. О. Законодавче забезпечення питного водопостачання в Сполучених Штатах Америки // Наук. записки Ін-ту законодавства Верховної Ради України. – 2015. – № 5. – С. 39–42.

6. Методичні рекомендації щодо ведення моніторингу рівнів підземних вод на територіях міст та селищ (Наказ Мінкомунгоспу України від 15.09.2010 № 334).

7. Осокіна Н. П. Пестициди в підземних водах України і здоров’я // Мінеральні ресурси України. – 2021. – № 2. – С. 38–43.

8. Панасюк М. І., Стоянов О. І., Люшня П. А. та ін. Результати радіогідроекологічного моніторингу в районі комплексу НБК-ОУ та засоби зменшення забруднення підземних вод / // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2019. – Вип. 32. – С. 74–79.

9. Спільна стратегія впровадження Водної Рамкової Директиви (2000/60/ЄС). Керівництво № 18. Керівництво про оцінку стану підземних вод та оцінку трендів : Технічний звіт 2009 – 026. URL: <https://menr.gov.ua › files › docs>

10. Суярко В. Г., Безрук К. О. Гідрогеохімія (геохімія підземних вод) : навч. посібник. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010. – 112 с.

Питання для самоконтролю по дисципліні « Розробка родовищ підземних вод».

1. Що таке підземні води? Які їх основні джерела формування?
2. Які існують типи підземних вод за умовами залягання (грунтові, міжпластові, артезіанські, тріщинуваті, карстові)?
3. Чим відрізняються вільні (безнапірні) та напірні води?
4. Які фактори впливають на рух підземних вод?
5. Що таке водоносний горизонт? Як його класифікують?
6. Які основні фізико-механічні властивості водоносних порід (пористість, проникність, гранулометричний склад)?
7. Як визначається коефіцієнт фільтрації? Які його типові значення для різних порід?
8. Що таке водопровідність і п'єзопровідність водоносного шару?
9. Які існують методи вивчення підземних вод (геофізичні, гідродинамічні, гідрохімічні)?
10. Які основні етапи геологорозвідувальних робіт для пошуку підземних вод?
11. Які геофізичні методи використовуються для пошуку водоносних горизонтів?
12. Як проводяться пробні відкачування води? Які їх основні цілі?
13. Які параметри визначають під час гідрогеологічної розвідки?
14. Що таке кущове розташування свердловин і коли його застосовують?
15. Які існують методи буріння свердловин на воду (роторне, ударно-канатне, обертальне)?
16. Як вибирають місце для водозабору? Які санітарні вимоги існують?
17. Що таке каротаж свердловин? Які його види застосовуються у гідрогеології?
18. Як класифікуються запаси підземних вод (експлуатаційні, прогнозні, статичні, динамічні)?
19. Що таке модуль дренажного стоку та як його визначають?
20. Які методи оцінки запасів підземних вод існують (аналоговий, балансовий, гідродинамічний)?
21. Як виконується розрахунок природних ресурсів підземних вод?
22. Що таке припустиме водовідбирання? Як його визначають?

23. Які фактори обмежують експлуатацію родовищ підземних вод?
24. Як впливає інтенсивний водозабір на стан водоносного горизонту?
25. Що таке закон Дарсі? У яких випадках він не застосовується?
26. Які рівняння описують нерухомий і нестационарний рух підземних вод?
27. Як визначається дебіт свердловини при безнапірному та напірному режимах?
28. Що таке радіус впливу свердловини? Як його можна визначити?
29. Як розраховується зниження рівня води при відкачуванні?
30. Які існують методи визначення параметрів водоносного шару (за даними пробних відкачувань)?
31. Що таке крива відкачування? Як її аналізують?
32. Як впливає взаємодія свердловин на їх продуктивність?
33. Які існують способи збільшення дебіту свердловини (розвиток, промивання, хімічна обробка)?
34. Що таке фільтр свердловини? Які види фільтрів використовуються?
35. Які причини замулювання свердловин? Як їх запобігати?
36. Які типи водозабірних споруд існують (одиначні свердловини, кущі, горизонтальні водозбори)?
37. Як організовується система моніторингу підземних вод?
38. Що таке санітарні зони водозабору? Які вимоги до них існують?
39. Які джерела забруднення підземних вод найбільш небезпечні?
40. Які методи очищення підземних вод від забруднень?
41. Як оцінюється вплив водозабору на навколишнє середовище?
42. Що таке депресійна воронка? Як вона формується?
43. Які насоси використовуються для відкачування води з свердловин?
44. Які проблеми виникають при експлуатації старих свердловин?
45. Як проводиться моделювання фільтрації підземних вод (аналогові, математичні, комп'ютерні моделі)?

46. Які програмні комплекси використовуються для гідрогеологічних розрахунків (MODFLOW, GMS, FEFLOW)?
47. Які альтернативні джерела води можуть замінити підземні води?
48. Як використовуються штучні поповнення запасів підземних вод (інфільтраційні басейни, нагнітання)?
49. Які перспективні напрямки розвитку технологій видобутку підземних вод?
50. Як зміна клімату впливає на ресурси підземних вод?

Додаткові практичні питання:

Задача: Розрахувати дебіт свердловини при заданих параметрах (коефіцієнт фільтрації, потужність водоносного шару, зниження рівня).

Задача: Визначити радіус впливу свердловини за даними пробного відкачування.

Задача: Оцінити взаємодію двох свердловин при їх спільній експлуатації