

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Спеціальність 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія
та водні технології»

Освітня програма «Водна інженерія та водні технології»
Освітній ступінь «Бакалавр»

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

водогосподарської інженерії

к.с.-г.н., доц. _____ А.В. Ткачук

“ _____ ” _____ 2025 р.

**Проект водозабірної споруди в селі Червоноіванівка
Кам'янського району Дніпропетровської області**
(розрахунково-пояснювальна записка до дипломного проекту)

Текст _____ стор.

Креслень 5 арк.

Здобувач вищої освіти _____ А.І. Волощук

Керівник кваліфікаційної роботи

К.с.-г.н., доц. _____ А.В. Ткачук

Дніпро – 2025

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
 Факультет водогосподарської інженерії та екології
 Кафедра водогосподарської інженерії
 Освітній рівень „Бакалавр”
 Спеціальність 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія
 та водні технології»
 Освітня програма «водна інженерія та водні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

**Завідувач кафедри водогосподарської
інженерії**

к.с.-г.н.доц. Ткачук А.В.

« _____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачу

Волощуку Артуру Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проект водозабірної споруди в селі Червоноіванівка Кам'янського району Дніпропетровської області

керівник проекту к.с.-г.н., доцент Ткачук Андрій Васильович,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищого освіти від «17» травня 2025р. № 3506

2. Строк подання студентом проекту 12 червня 2025 року

3. Вихідні дані до проекту план села Червоноіванівка 1:10000; матеріали інженерних вишукувань.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; 1. Місцерозташування і характеристика об'єкта; 2. Визначення потреб у воді; 3. Розрахунок водонапірної бапти; 4. Розрахунок водоприймальної частини свердловини; 5. Водопідйомне обладнання свердловини; 6. Спосіб буріння свердловини; 7. Розкривання та освоєння водоносного горизонту; 8. Визначення зон санітарної охорони водозабору; 9. Кошторисна вартість будівництва; Висновок

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Паспорт проекту; 2. Геолого-технічний розріз свердловини; 3. Технологічна схема монтажу водопідйомного обладнання; 4. Схема розташування обладнання; 5. Схема розташування зон санітарної охорони М 1:2000.

5. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: _____

Керівник кваліфікаційної роботи _____ /Ткачук А.В./
(підпис)

Студент _____ /Волощук А.І./

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	МІСЦЕРОЗТАШУВАННЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА		
2	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА		
3	РОЗРАХУНОК СВЕРДЛОВИНИ		
4	КОНСТРУКЦІЯ СВЕРДЛОВИНИ І СПОСІБ БУРІННЯ		
5	РОЗКРИВАННЯ ТА ОСВОЄННЯ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТУ		
6	ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН САНІТАРНОЇ ОХОРОНИ ВОДОЗАБОРУ		
7	ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ, ПОДАЧА НА ПЕРЕВІРКУ		

Здобувач _____ А.І. Волощук
(підпис)Керівник _____ А.В. Ткачук
(підпис)

ЗМІСТ

стор.

ПАСПОРТ ПРОЕКТУ	6
ВСТУП.....	7
1. МІСЦЕРОЗТАШУВАННЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА.....	10
1.1. Загальна характеристика об’єкту проектування.....	10
1.2. Кліматичні умови	10
1.3. Геологічні та гідрогеологічні умови	13
1.4. Властивості гірських порід.....	16
1.5. Виробнича база будівництва.....	21
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	22
2.1. Визначення розрахункових витрат.....	22
2.2. Джерело господарсько-питного водопостачання	29
2.3 Визначення висоти стовбура водонапірної башти	30
3. РОЗРАХУНОК СВЕРДЛОВИНИ	33
3.1 Розрахунок водоприймальної частини свердловини	33
3.2 Розрахунок зниження рівня води в свердловині	34
3.3 Вибір насосно-силового обладнання свердловини.....	38
4. КОНСТРУКЦІЯ СВЕРДЛОВИНИ І СПОСІБ БУРІННЯ	42
4.1 Проектування конструкції свердловини.....	42
4.2 Підготовчі роботи до буріння	46
4.3 Вибір способу буріння.....	51
4.4 Бурова установка	55
4.5 Вертлюг і талевий блок.....	58
4.6 Бурове обладнання та інструмент.....	58
4.7 Кріплення стінок свердловини	62

	4.8 Тампонування свердловини.....	65
	4.9 Технологічні параметри режиму буріння роторним способом з прямою промивкою	67
	4.10 Розрахунок об'єму промивної рідини.....	73
5.	РОЗКРИВАННЯ ТА ОСВОЄННЯ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТУ..	75
	5.1 Проведення дослідних відкачок.....	75
	5.2 Розрахунок ерліфту.....	78
6.	ЗОНИ САНІТАРНОЇ ОХОРОНИ	81
	6.1 Перший пояс зони санітарної охорони	82
	6.2 Зона санітарної охорони другого поясу.....	83
	6.3 Зона санітарної охорони третього поясу.....	88
	ВИСНОВОК.....	91
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	93

ПАСПОРТ ПРОЕКТА

№п/п	Найменування показників	Значення	
		одиниці виміру	кількість
1	2	3	4
1	Чисельність населення	люд.	1130
2	Розрахункове максимальне добове водоспоживання	м ³ /доб	248,35
3	Водоносний горизонт:	тріщинуваті гнейси	
	- напір	м	19
4	Водозабірна свердловина:	шт.	1
	- дебіт	м ³ /доб	248,35
	- пониження	м	7,8
	- глибина від денної поверхні	м	72
5	Водоприймальна частина свердловини:	безфільтрова	
	- довжина	м	11
	- діаметр	мм	151
6	Водовід від підземного водозабору до резервної ємності	км	0,1
7	Водонапірна башта:	шт.	1
	- об'єм бака	м ³	200
	- висота стовбура	м	20
8	Спосіб буріння	роторийний з прямою промивкою	
9	Промивна рідина:	технічна вода	
	- об'єм	м ³	11
10	Бурова установка	1БА15В	
11	Діаметр долота / обсадної труби:		
	- тип С	мм	393,7 / 324
	- тип С	мм	295,3 / 219
	- тип К	мм	151 / -
12	Свердловинний насос	ЗЭЦВ6-10-80	
13	Розміри зони санітарної охорони (ЗСО): r / R / d / D	м	
	- ЗСО – 1		15 / 15 / 15 / 30
	- ЗСО – 2		140 / 159 / 149 / 298
	- ЗСО – 3		621 / 725 / 943 / 1886
14	Кошторисна вартість будівництва	тис. грн.	101

ВСТУП

Водні ресурси є стратегічно важливим природним багатством кожної держави, і їхнє ефективне використання визначає рівень соціального розвитку, санітарно-епідеміологічної безпеки та якості життя населення. На жаль, сучасний стан водного господарства України характеризується значною кількістю проблем як технічного, так і екологічного характеру, що також пов'язані із війною РФ проти України. Зокрема, суттєвого занепокоєння викликає якість води у відкритих водоймах, яка погіршується внаслідок скидів промислових і сільськогосподарських забруднень, а також наслідків воєнних дій і Чорнобильську аварію. Особливої уваги потребує басейн річки Дніпро, який забезпечує питною водою близько 70% населення країни, включаючи жителів Дніпропетровської області [1].

У таких умовах доцільним і пріоритетним напрямом забезпечення водними ресурсами є використання підземних вод, які, завдяки природній фільтрації, характеризуються вищими санітарними показниками якості порівняно з поверхневими водами. Проте важливо розуміти, що запаси прісної підземної води в Україні обмежені й потребують особливо обережного й науково обґрунтованого використання. Згідно з Водним кодексом України (статті 5 та 49) [2], підземні води належать до державної власності й повинні використовуватись лише з дотриманням екологічних та економічних норм.

Станом на 2021 рік, централізоване водопостачання в Україні охоплювало 98,7% міського населення, тоді як у сільській місцевості цей показник становив лише 23,5%. Це свідчить про значну диспропорцію в доступі до централізованого водопостачання між міськими та сільськими районами [3].

Уряд України визнає цю проблему і в рамках стратегій розвитку сільських територій передбачає підвищення рівня охоплення централізованим водопостачанням у сільській місцевості. Зокрема, у [4], передбачено заходи

щодо покращення інфраструктури водопостачання в сільських населених пунктах.

Таким чином, хоча станом на 2021 рік лише близько чверті сільського населення України мало доступ до централізованого водопостачання, урядові стратегії спрямовані на покращення цієї ситуації. Однак, для досягнення поставлених цілей необхідні значні інвестиції та ефективне впровадження запланованих заходів.

Виходячи з актуальності зазначеної проблеми, у цій кваліфікаційній роботі розглядається розробка проєкту водозабірної споруди у селі Червоноіванівка Кам'янського району Дніпропетровської області на основі підземного джерела водопостачання. Основною метою проєкту є забезпечення стабільного й якісного водопостачання населення села, що відповідає санітарним вимогам та критеріям сталого розвитку водних ресурсів.

Об'єктом дослідження є споруда для забору води із підземних джерел, зокрема бурова свердловина, а предметом – технічне проєктування цієї свердловини з урахуванням місцевих гідрогеологічних умов, нормативних обмежень, потреб населення та сучасних технологій буріння.

Проєктування та будівництво свердловин включає складний комплекс завдань, до вирішення яких залучаються інженери з буріння, гідрогеологи, фахівці з водопостачання, представники санітарно-епідеміологічної служби тощо. Основні завдання цієї роботи полягають у наступному:

- аналіз водоспоживання та визначення потреб населення у воді;
- вибір оптимального місця для розташування свердловини;
- проєктування конструкції свердловини, зокрема водоприймальної частини;
- підбір насосного обладнання;
- розробку технології буріння та методів освоєння водоносного горизонту;
- розрахунок зон санітарної охорони відповідно до вимог ДСТУ [5];

- оцінку кошторисної вартості робіт;
- розгляд питань охорони праці при виконанні бурових та монтажних робіт.

Розв'язання цих завдань здійснюється із суворим дотриманням вимог чинного законодавства України [6], санітарних регламентів і екологічних стандартів.

1. МІСЦЕРОЗТАШУВАННЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА

1.1. Загальна характеристика об'єкту проектування

Водозабірна споруда проектується в с.Червоноіванівка, що розташовано у Кам'янському районі Дніпропетровської області. Входить до складу Криничанської селищної громади (рис. 1.1). Дані топографічної зйомки району досліджень виконані в масштабі 1:2000 (див. лист 1) [5, 6].

Село Червоноіванівка розташоване в центральній частині області, за 20 км на південний захід від міста Кам'янське. Населений пункт знаходиться поблизу одного з витоків річки Базавлук, яка протікає поряд із селом. Нижче за течією, на відстані 2,5 км, розташоване село Коробчине. Безпосередньо межує з селом Кам'янчани. На відстані 12 км знаходиться залізнична станція Верхівцеве.

Кількість населення складає 858 чоловік. В селі налічується 336 дворів. В Червоноіванівці функціонують загальноосвітня школа (на 140 учнів), дитячий садок (на 305 дітей), лікарська амбулаторія, будинок культури (на 230 місць), бібліотека, музей села. Працюють декілька селянських фермерських господарств [5].

1.2. Кліматичні умови

Село Червоноіванівка розташована в центральній частині області на одному з витоків річки Базавлук, характеризується помірно континентальним кліматом з чітко вираженими сезонами, значними коливаннями температури повітря, нерівномірним розподілом опадів протягом року та нестабільним сніговим покривом.

Атмосферні опади відіграють значну роль в процесі формування стоку.

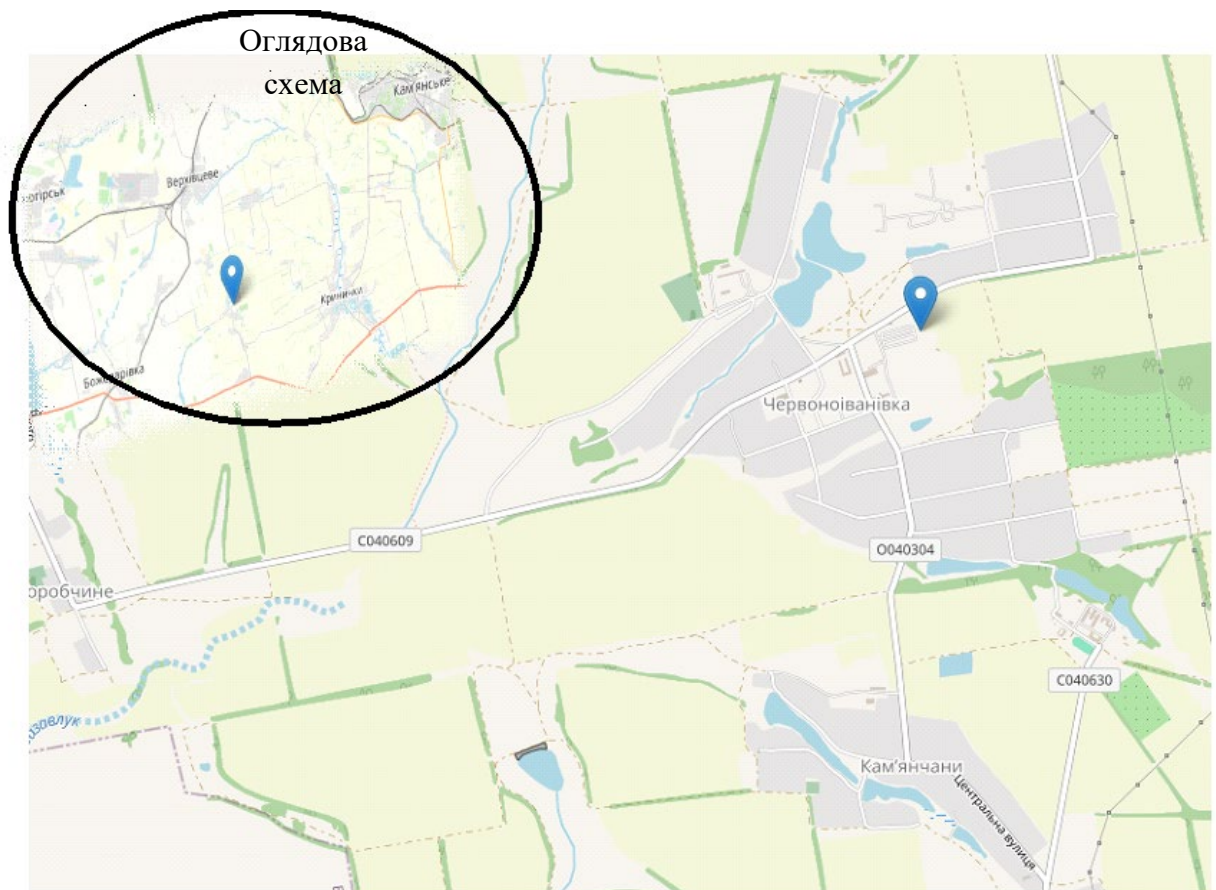


Рисунок 1.1 – Схема місцезорозташування населеного пункту Червоноіванівка

Середньорічна температура повітря становить від $+5,6$ до $+11,3$ °C [7]. Найхолоднішим місяцем є січень із середньомісячною температурою – $5,5$ °C, найтеплішим – липень із середньомісячною температурою $+21,3$ °C [7]. Абсолютний максимум температури за багаторічними спостереженнями досягав $+40$ °C у серпні, а абсолютний мінімум – 34 °C у лютому. Весняний перехід середньодобової температури через 0 °C, що є критичним для розвитку рослинності та початку вегетаційного періоду, відбувається в середньому 14 березня, а перехід через $+5$ °C – 2 квітня [7].

Середня тривалість безморозного періоду становить 190 діб, при цьому коливання можливі від мінімальних 143 діб до максимальних 228 діб. Це

створює сприятливі умови для вирощування сільськогосподарських культур із тривалим періодом вегетації [7].

Річна кількість атмосферних опадів у районі становить від 234 до 816 мм, у середньому – 420–520 мм [7]. Розподіл опадів протягом року є нерівномірним: найменше їх випадає у лютому, а найбільше – у липні. Влітку, особливо в червні та липні, опади переважно мають зливовий характер, що може спричинити ерозійні процеси на схилах і значне стікання поверхневих вод.

За сезонним розподілом переважають рідкі опади – в середньому 73% від загальної кількості. Частка твердих опадів (сніг) становить 12%, а змішаних – 15%. У холодний період року ці показники змінюються: 36% опадів є рідкими, 30% – твердими, 34% – змішаними. Таке співвідношення вказує на значне варіювання погодних умов у зимовий період, особливо через часті переходи температури через 0 °C [7].

Утворення снігового покриву в регіоні має нестійкий характер. Часті зимові відлиги супроводжуються дощами, що призводить до часткового або повного зникнення снігу. У 24% випадків сніговий покрив узагалі не утворюється або є нетривалим. Середня кількість днів зі сніговим покривом – 76 на рік. Товщина снігу значно варіює: середньо сезонні значення становлять 3–9 см, максимальні – до 51 см.

Щільність снігового покриву постійно змінюється залежно від температурного режиму та фази снігу. Середнє багаторічне значення щільності снігу при максимальній висоті сягає 0,21 г/см³. Запаси води в снігу становлять у середньому 15 мм.

Промерзання ґрунту також залежить від погодних умов зими. Середня глибина промерзання становить 53 см. Мінімальна глибина, зафіксована в окремі роки, – 30 см, а максимальна – 116 см. Максимальна глибина проникнення нульової температури у ґрунт сягає 130 см. Ці показники є важливими при проектуванні свердловин, водогонів, закладанні фундаментів тощо [7].

Абсолютна вологість повітря в середньому за рік становить 8,9 мб. Найнижчі значення фіксуються в січні–лютому (4–5 мб), коли повітря є найбільш сухим. У березні вологість зростає, а максимум припадає на липень – 14–15 мб. У той же час, відносна вологість має зворотну сезонну динаміку: найвищі значення спостерігаються в зимові місяці (84–89%), найнижчі – влітку (57–58%). Середнє річне значення відносної вологості – 73% [7].

Територія характеризується частою зміною напрямків вітру. Влітку переважають північно-східні вітри, узимку – східні та південні. Середньорічна швидкість вітру становить 4 м/с. Найбільш вітряний період – січень–березень (4,7–4,8 м/с), найменш вітряний – серпень–вересень (3,0–3,1 м/с). У середньому щорічно фіксується 14,4 діб із вітром швидкістю понад 15 м/с, максимум – 26 діб на рік. Один раз на 20 років можливе виникнення вітрів до 28 м/с [7].

1.3. Геологічні та гідрогеологічні умови

За умовами формування підземних вод, досліджувана ділянка належить до Українського басейну Східнопридніпровського району Інгуло-Інгулецького підрайону, які відносяться до зони нестійкого зволоження з сезонним та цілорічним живленням (рис. 1.2) [8].

Східнопридніпровський гідрогеологічний район охоплює південно-східні відроги Придніпровської височини та розташований у південно-східній частині Українського щита. Його докембрійський кристалічний фундамент залягає неглибоко та перекритий малопотужними осадовими відкладами крейдового, палеогенового, неогенового і четвертинного віку.

На підвищених ділянках плато спостерігається повний розріз четвертинних відкладів, що свідчить про нещодавнє розчленування поверхні. Геологічна будова таких ділянок є неоднорідною: неогенові та палеогенові відк-

лади відсутні, а червоно-бурі глини і четвертинні суглинки залягають безпосередньо на корі вивітрювання кристалічних порід. У понижених частинах плато присутній повний розріз кайнозойських відкладів – від бучацьких до четвертинних. У межах позальодовикової зони вони перекриті нижньо- і верхньочетвертинними еолово-делювіальними лесовидними суглинками, а в межах льодовикової і прильодовикової зон – озерно-льодовиковими, льодовиковими, водно-льодовиковими та еолово-делювіальними відкладами середнього й верхнього плейстоцену. Долини річок складені піщано-суглинковими відкладами, заплави – алювіальними пісками, що залягають на докембрійських і палеогенових утвореннях. У місцях виходів кристалічних порід на денну поверхню алювіальні відклади часто містять гальку.

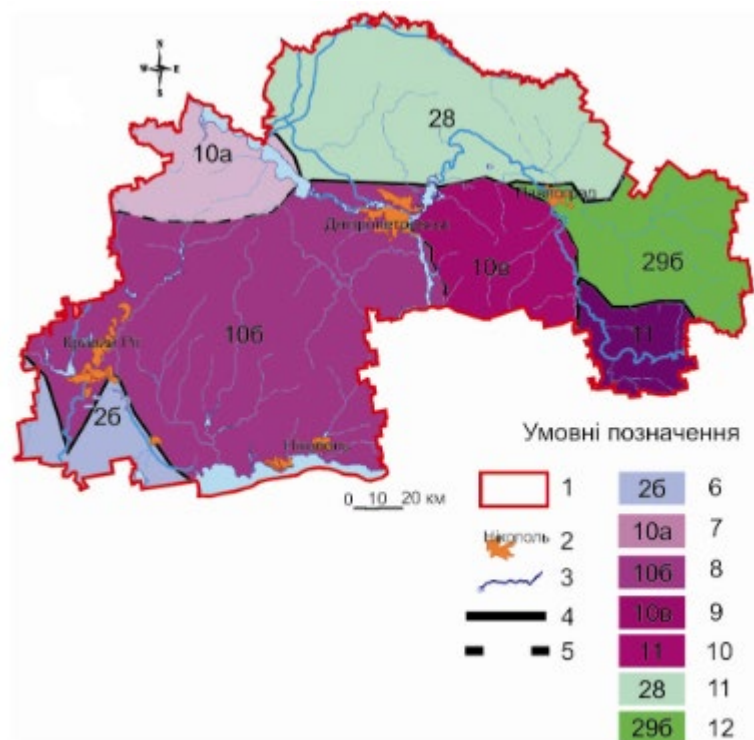


Рисунок 1.2 – Гідрогеологічне районування території Дніпропетровської області: 1 – межі адміністративного регіону; 2 – населені пункти; 3 – річки і водотоки; 4 – межі гідрогеологічних районів; 5 – межі гідрогеологічних підрайонів; 6 – межі гідрогеологічних басейнів; 7 – Український басейн напірних тріщинно-жильних вод; 8 – Донецький басейн пластово-блокових напірних вод; 9 – Причорноморський басейн пластових напірних вод; 10 – Бузько-

Дніпровський район; 11 – Східнопридніпровський район; 12 – Середньопридніпровський підрайон; 13 – Інгуло-інгулецький підрайон; 14 – Задніпровський підрайон; 15 – Гуляйпільський район; 16 – Орільсько-Самарський район; 17 – Кальміус-Торецький підрайон Західнодонецького району

З геоморфологічної точки зору, район розташований на Придніпровській височині на неогеновому, палеогеновому і докембрійському фундаменті.

Через особливості геологічної будови, рельєфу та клімату (недостатня кількість опадів, значне випаровування, глибоко врізана балкова та річкова сітка) формування значних запасів підземних вод на території району є ускладненим, особливо в південній його частині. Підземні води зосереджені у водоносних горизонтах та комплексах, які приурочені як до осадових відкладів кайнозою, так і до тріщинуватих порід кристалічного фундаменту. Основне живлення відбувається за рахунок атмосферних опадів. Місцевими зонами живлення є вододільні ділянки з піщано-глинистими водопроникними породами незначної потужності. Неогенові та палеогенові горизонти у западинах кристалічного фундаменту підживлюються тріщинними водами з боків або знизу [9].

Води в алювіальних відкладах поповнюються переважно в період весняного водопілля та під час інтенсивних літньо-осінніх опадів. Напрямок руху підземних вод – від вододілів до річкових долин, де вони дрениуються. Іноді горизонти осадових порід мають гідравлічний зв'язок з водами тріщинуватої зони кристалічного фундаменту.

У більшості випадків водоносні горизонти району мають невисоку водозабаченість. Це обумовлено переважанням серед кристалічних порід щільних, слабо тріщинуватих утворень, а серед осадових – глинистих. Як наслідок – несприятливі умови для централізованого водопостачання.

За хімічним складом води району досить строкаті. Мінералізація варіюється від 0,1 до понад 3,0 г/дм³. Води з горизонтів, що мають добру водообмінність, зазвичай гідрокарбонатні кальцієво-натрієві або натрієво-кальцієві.

За зниження швидкості водообміну підземні води збагачуються на сульфатні, рідше – хлоридні іони. Ця закономірність спостерігається як у загальному напрямку з півдня на північ, так і від вододільних ділянок до долин річок.

У тріщинних водах докембрійського фундаменту місцями фіксується підвищений вміст радіоактивних елементів. Також у ґрунтових водах нерідко спостерігається підвищений вміст аміаку, нітратів і нітритів, що свідчить про високий ризик забруднення з поверхні.

Східнопридніпровський район – це область переважно сезонного і частково цілорічного живлення ґрунтових вод у межах алювіальних, водно-льодовикових і лесових рівнин.

Найбільш поширеним у межах району є водоносний горизонт верховодки, що формується в нижньо- і верхньочетвертинних еолово-делювіальних відкладах. Ґрунтові води залягають у лесовидних суглинках, що вкривають плато, схили й тераси річок. Суглинки звожуються переважно в нижній частині завдяки вертикальній макропористості та піщаним прошаркам. У долинах річок або при відсутності водотривкого шару (зазвичай пліоцен-нижньочетвертинні глини) ці води дренуються. Середня потужність обводненої частини суглинків становить 2–5 м. Водоносні суглинки інколи залягають безпосередньо на кристалічних породах або на продуктах їх вивітрювання.

Глибина залягання горизонту коливається в межах 2–8 м, іноді досягає 33 м. На вододілах горизонти залягають, як правило, ближче до поверхні, ніж у прилеглих до річкових долин зонах.

1.4. Властивості гірських порід

Підземні води заповнюють пори, пустоти та тріщини гірських порід. Обводнена порода однорідного мінерально-петрографічного складу, віку, генезису та значного площинного поширення називається водоносним пластом. Водоносний горизонт – це обводнена товща порід, іноді різнорідного складу,

віку та генезису, але з добрим гідравлічним зв'язком і єдиним п'єзометричним рівнем [8, 9].

Розглянемо властивості порід, які мають найсуттєвіший вплив на ефективність буріння. Геолого-структурні властивості впливають на швидкість буріння, викривлення свердловини, стійкість її стінок, втрати промивної рідини тощо.

Тріщинуватість – властивість, що може значно знижувати міцнісні характеристики породи. Висока тріщинуватість спричиняє поглинання промивного розчину.

Абразивність – це здатність гірських порід зношувати буровий інструмент. Вона визначається твердістю породи, вмістом кварцу, пористістю, літологічним складом. За Л.І. Бароном і А.В. Кузнєцовим, абразивність визначають за ступенем зносу сталевого стержня при обертанні по необробленій поверхні породи. Породи класифікують за абразивністю на вісім класів. Згідно з цією класифікацією, гнейси мають підвищену абразивність (VI клас), із показником абразивності 45–65 мг [8, 9].

Гірські породи, що формують водоносні шари, за колекторськими властивостями поділяють на пористі, шпарувато-тріщинні та тріщинно-жильні. Район досліджень не знаходиться в зоні підвищеної тріщинуватості або тектонічних розломів, отже, гірським породам у межах ділянки не властива надмірна тріщинуватість.

Гнейси – метаморфічні породи, для яких характерна гнейсова текстура: паралельне орієнтування видовжених кристалів і чергування лінз або смуг, що відрізняються за мінеральним складом. Для гнейсів типовий тріщинно-жильний тип колектора (рис. 1.4) [9].

Ємність тріщинного колектора становить систему тріщин, пустот і каверн, з'єднаних між собою і з буровою свердловиною.

Водоносний шар, який розкриває свердловина, повинен перебувати у стійкому стані. Це забезпечується пружними та міцнісними властивостями по-

рід, що компенсують дію вертикального і горизонтального компонентів гірничого тиску. Стійкість порід також підвищується завдяки надлишковому гідростатичному тиску промивної рідини, яка застосовується під час розкриття водоносного шару. Вирішальним чинником при виборі способу розкриття й освоєння водоносного горизонту є характеристика стійкості порід, які його складають.

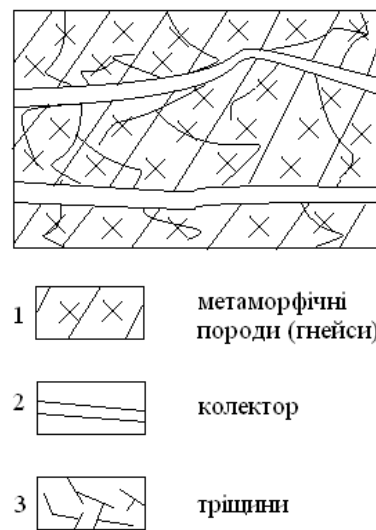


Рисунок 1.4. Тип тріщинно-жильних колекторів водоносного пласту з перевагою горизонтальних тріщин [9].

Підвалини, що складені суглинками, первинними каолінами, гнейси, характеризуються як стійкі. Водоносний шар не схилений до обрушення та деформування при вскритті його свердловиною.

Основні гідродинамічні властивості водоносних шарів наведені в табл. 1.1 [9]. Згідно наведеної класифікації водоносний шар відноситься до типу В – І – а, відповідно до: В – стійких порід з колектором тріщинно-жильного типу; І – першої групи водоносного шару; а – з частковим водопоглинанням.

Закупорка як пор, так і тріщин колектора може призвести до пониження його проникності, що може відбутися під час вскриття шару бурінням.

Таблиця 1.1 - Класифікація водоносних пластів [9]

Тип водоносного пла-	Характерис- тика стійкості водоносних порід, що бла- гають шар	Група водоносного пласта	Характеристика колекторсь- ких властивостей		Характер водовияву пласта при запов- ненні свердловини водою до гирла: а) часткове водопоглинання $r_r \geq r_{пл}$, $Q \leq 10 \text{ м}^3/\text{год}$; б) сильне водопоглинання $r_r \geq r_{пл}$, $Q \leq 15 \text{ м}^3/\text{год}$; в) катастрофічне водопоглинання $r_r > r_{пл}$, $Q > 15 \text{ м}^3/\text{год}$; г) самовилив води $r_{пл} > r_r$, $Q=0$	Типові представники гірських порід, що складають водоносні пласти
			Грануломет- ричний склад порід або роз- мір пор, трі- щин, мм	Водопро- ник-ність		
1	2	3	4	5	6	7
А	Нестійкі по- роди з порис- тим (рихлим) колектором	I	0,05-0,25	Слабка	а,г	Піски тонкозернисті, мулуваті, дрібно- зернисті. Порооди верхньої частини кори вивітрювання
		II	0,25-2	Середня	б,г	Піски середньозернисті, різнозернисті, крупнозернисті
		III	2-20	Сильна	в,г	Піски крупнозернисті, з гравієм, галеч- ники з валунами
Б	Слабостійкі породи з шпа- рувато-трі- щинним колек- тором	I	0,05-0,25	Слабка	а,г	Піщаники, тонко- і дрібнозернисті, але- вроліти і аргеліти з капілярною тріщи- нуватістю

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
		II	0,25-2	Середня	б,г	Піщаники від середньо-до крупнозернистих, пористі вапняки, та доломіти, сланці, пористі, тріщинуваті
		III	2-20	Сильна	в,г	Грубі піщаники, конгломерати, вапняки та доломіти, вуглі, крейдо-пористі, тріщинуваті, кавернозні
В	Стійкі породи з колектором тріщинно-жильного типу	I	0,05-0,25	Слабка	а,г	Щільні піщаники, вапняки, сланці, кварцити, гнейси, граніти, порфірити, сієніти, слаботріщинуваті з капілярними тріщинами
		II	0,5-2,0	Середня	б,г	Щільні піщаники, вапняки, сланці, кварцити, гнейси, граніти, порфірити, сієніти, сильнотріщинуваті з вертикальними тріщинами
		III	2-20 і більше	Сильна	в,г	Щільні піщаники, вапняки, сланці, кварцити, гнейси, граніти, порфірити, сієніти, з наявністю крупних тріщин, зон розломів, каверн і пустот

Примітка. 1. Водонесні пласти можуть залягати в умовах багаторічномерзлих порід, можуть бути насиченими термальними, мінералізованими і газонасиченими водами; 2. p_r – тиск стовпа промивної рідини; $p_{пл}$ – пластовий тиск.

1.5. Виробнича база будівництва

У зоні будівництва добре розвинена мережа автомобільних доріг із твердим покриттям, що забезпечує зручний під'їзд до майданчика.

У районі будівництва відсутні місцеві будівельні матеріали, тому вони будуть завозитися з підприємств і заводів області. Щебінь та бутовий камінь постачатимуться з Рибальського кар'єру, пісок – із Дніпропетровського річкового порту, червона та силікатна цегла – з Магдалинівського цегельного заводу. Збірні залізобетонні конструкції планується отримувати з Новомосковського заводу залізобетонних виробів.

Товарний бетон для будівельних робіт передбачається готувати безпосередньо на місці за допомогою бетонозмішувача. Водопостачання для промивання під час буріння здійснюватиметься за допомогою автомашин.

Доставка обсадних труб, будівельних матеріалів і паливно-мастильних матеріалів буде організована автотранспортом.

Обсяг робіт визначається за проєктними кресленнями. Тривалість будівництва встановлена відповідно до ДСТУ [10] і становить один місяць.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Визначення розрахункових витрат

Для визначення кількості води, яку повинен забезпечити проєктний водозабір, необхідно враховувати види та кількість споживачів, розрахункові норми споживання води кожною категорією споживачів, а також режим водоспоживання протягом доби [11, 12].

Раніше водопостачання північної частини села Червоноіванівка здійснювалося за рахунок поверхневого водозабору з трьох прилеглих ставків-накопичувачів (рис. 1.1). Проте з огляду на розвиток населеного пункту, виникне проблема забезпечення водою, особливо в південно-західній частині населеного пункту [5].

Відповідно до ВБН [11], мешканці села Червоноіванівка поділяються на дві категорії споживачів:

- населення, що користується внутрішнім водопроводом, каналізацією та газовими водонагрівачами, з нормою водоспоживання 200 л/добу на одну особу;
- населення, що використовує водорозбірні колонки, з нормою водоспоживання 30 л/добу на одну особу [11, 12].

Загальна чисельність населення становить 1130 осіб, з яких 878 користуються водорозбірними колонками, а 252 – внутрішнім водопроводом, каналізацією та водонагрівачами. Останні, як правило, проживають у двоповерхових житлових будинках [5].

Крім того, в особистому господарстві населення утримується близько 150 корів, 230 свиней та 4000 голів птиці [5].

Середньодобовий обсяг споживання води окремими категоріями водоспоживачів та населеним пунктом загалом є прямо пропорційним кількості споживачів і відповідним нормам водоспоживання.

$$Q_{сер.доб} = N \cdot q, \quad (2.1)$$

де $Q_{сер.доб}$ - середня добова витрата води, м³/доб;

N – кількість споживачів;

q – середньодобова норма водоспоживання, л/доб.

Середньодобові витрати води дають лише загальне уявлення про обсяг водоспоживання населеним пунктом. Проте для забезпечення безперебійної подачі води в необхідній кількості необхідно враховувати нерівномірність споживання протягом року [13].

Коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання $K_{доб}$ враховує особливості способу життя населення, режим роботи підприємств, рівень благоустрою житлових будівель, а також сезонні та тижневі коливання у споживанні води [11-13]. Його необхідно приймати рівним:

$$K_{доб} = \frac{Q_{max}}{Q_{сер.доб}}, \quad (2.2)$$

де Q_{max} – максимальна добова витрата, м³/доб.

Для сільської місцевості рекомендоване значення коефіцієнта добової нерівномірності водоспоживання становить $K_{доб}=1,3$ [11]. Тоді розрахункові витрати води за добу максимального водоспоживання визначаються за формулою:

$$Q_{розр} = K_{доб} \cdot Q_{сер.доб}, \quad (2.3)$$

Визначення добових витрат виконуємо в табличні формі (табл. 2.1). Отримуємо, що розрахункова максимальна добова потреба населеного пункту у воді становить $Q_{розр}=248,35 \text{ м}^3/\text{доб} = 10,35 \text{ м}^3/\text{год} = 2,87 \text{ л/с} \approx 2,9 \text{ л/с}$.

Розрахунок максимальної годинної витрати зведено до табл. 2.2. Вона складає $15,12 \text{ м}^3/\text{доб} = 0,63 \text{ м}^3/\text{год}$. Графік водоспоживання за годинами доби представлений на рис. 2.1.

Систему водопостачання приймаємо господарського призначення, об'єднану з протипожежною, тобто – господарсько-питно-протипожежну систему.

Мінімальний вільний напір у мережі при максимальному господарсько-питному водоспоживанні на вводі в будинок над поверхнею землі повинен становити не менше 10 м. При наявності будівель з більшою кількістю поверхів, на кожен додатковий поверх додається 4 м [11, 12].

Забудова села Червоноіванівка представлена одно- та двоповерховими житловими будинками [5]. Таким чином, для двоповерхових будинків розрахунковий мінімальний вільний напір повинен становити:

$$H_{св}=4 \cdot (n - 1) + 10, \quad (2.4)$$

де n – максимальна кількість поверхів житлової забудови.

$$H_{св}=4 \cdot (2 - 1) + 10 = 14 \text{ м}.$$

Для двоповерхової забудови мінімальний вільний напір складе: $H_{св}=14 \text{ м}$.

Вільний напір як в зовнішній мережі господарсько-питного водопроводу, так і в мережі об'єднаного водопроводу не повинен перевищувати 45 м [12].

Таблиця 2.1 - Розрахунок добового водоспоживання

Водоспоживачі	Одиниці виміру	Кількість споживачів	Норма водоспоживання, л/добу	Середньодобові витрати, м³/добу	Коефіцієнт добової нерівномірності	Максимальні добові витрати, м³/добу
Приватний сектор (336 подвір'їв)						
Забудова будинками не обладнаними внутрішнім розведенням водопроводу і каналізацією. Водопостачання з водорозбірних колонок	чол.	878	30	26,31	1,3	34,20
Забудова будинками обладнаними внутрішнім водопроводом та каналізацією, з ваннами і газовими водонагрівачами	чол.	252	200	50,40	1,3	65,52
Суспільні заснування						
Школа-інтернат	уч.	305	15	4,58	1,3	5,95
Клуб	чол.	230	10	2,3	1,3	2,99
Школа	уч.	140	15	2,10	1,3	2,73
Їдальня	чол.	80	15	1,2	1,3	1,56
Непередбачені витрати	%	10				11,3
Усього (приватний сектор, суспільні заснування)						124,25
Тваринництво						
Корови	гол	150	65	9,75	1,3	12,68
Свині на відгодівлі	гол	230	8	1,84	1,3	7,91
Птиця	гол	4000	0,8	3,2	1,3	4,16
Непередбачені витрати	%	10				2,48
Усього						27,23
Інше						
Полив зелених насаджень	чол.	1129	80	105,6	1,0	88,06
Непередбачені витрати	%	10				8,81
Усього						96,87
Усього по населеному пункту	1,386					248,35

Таблиця 2.2 - Визначення годинних витрат води по с. Червоноіванівка [9, 10, 11]

Го- дин и доби	Комунальний сектор (без поливу)		Тваринницький сектор		Полив зелених насаджень		Сумарна ордината годинного водоспо- живання	
	відсоток від власної ви- трати, %	годинна ви- трата, м³/доб	відсоток від власної ви- трати, %	годинна ви- трата, м³/доб	відсоток від власної ви- трати, %	годинна ви- трата, м³/доб	відсоток від влас- ної витрати, %	годинна витрата, м³/доб
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-1	0,6	0,75	2,0	0,54	10	9,69	4,42	10,98
1-2	0,6	0,75	2,5	0,68	10	9,69	4,48	11,12
2-3	1,2	1,49	2,0	0,54	10	9,69	4,72	11,72
3-4	2,0	2,49	3,0	0,82	10	9,69	5,23	13,00
4-5	3,5	4,35	2,5	0,68	10	9,68	5,92	14,71
5-6	3,5	4,35	2,0	0,54	10	9,68	5,87	14,57
6-7	4,5	5,59	3,0	0,82			2,58	6,41
7-8	10,4	12,92	3,5	0,95			5,58	13,87
8-9	8,8	10,93	3,5	0,95			4,78	11,88
9-10	6,5	8,08	6,5	1,77			3,97	9,85
10-11	4,1	5,09	8,0	2,18			2,93	7,27
11-12	4,1	5,09	3,5	0,95			2,43	6,04
12-13	3,5	4,35	4,5	1,23			2,25	5,58
13-14	3,5	4,35	5,5	1,50			2,36	5,85

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14-15	4,7	5,84	10,0	2,72			3,45	8,56
15-16	6,2	7,70	3,0	0,82			3,43	8,52
16-17	10,2	12,67	9,0	2,45			6,10	15,12
17-18	9,4	11,68	3,0	0,82			5,03	12,50
18-19	7,3	9,06	3,0	0,82			3,98	9,88
19-20	1,6	1,99	4,0	1,10			1,24	3,09
20-21	1,6	1,99	5,5	1,50	10	9,68	5,30	13,17
21-22	1,0	1,24	2,5	0,68	10	9,69	4,67	11,61
22-23	0,6	0,75	6,0	1,63	10	9,69	4,86	12,07
23-24	0,6	0,75	2,0	0,54	10	9,69	4,42	10,98
	100,00	124,25	100,00	27,23	100,00	96,87	100,00	248,35

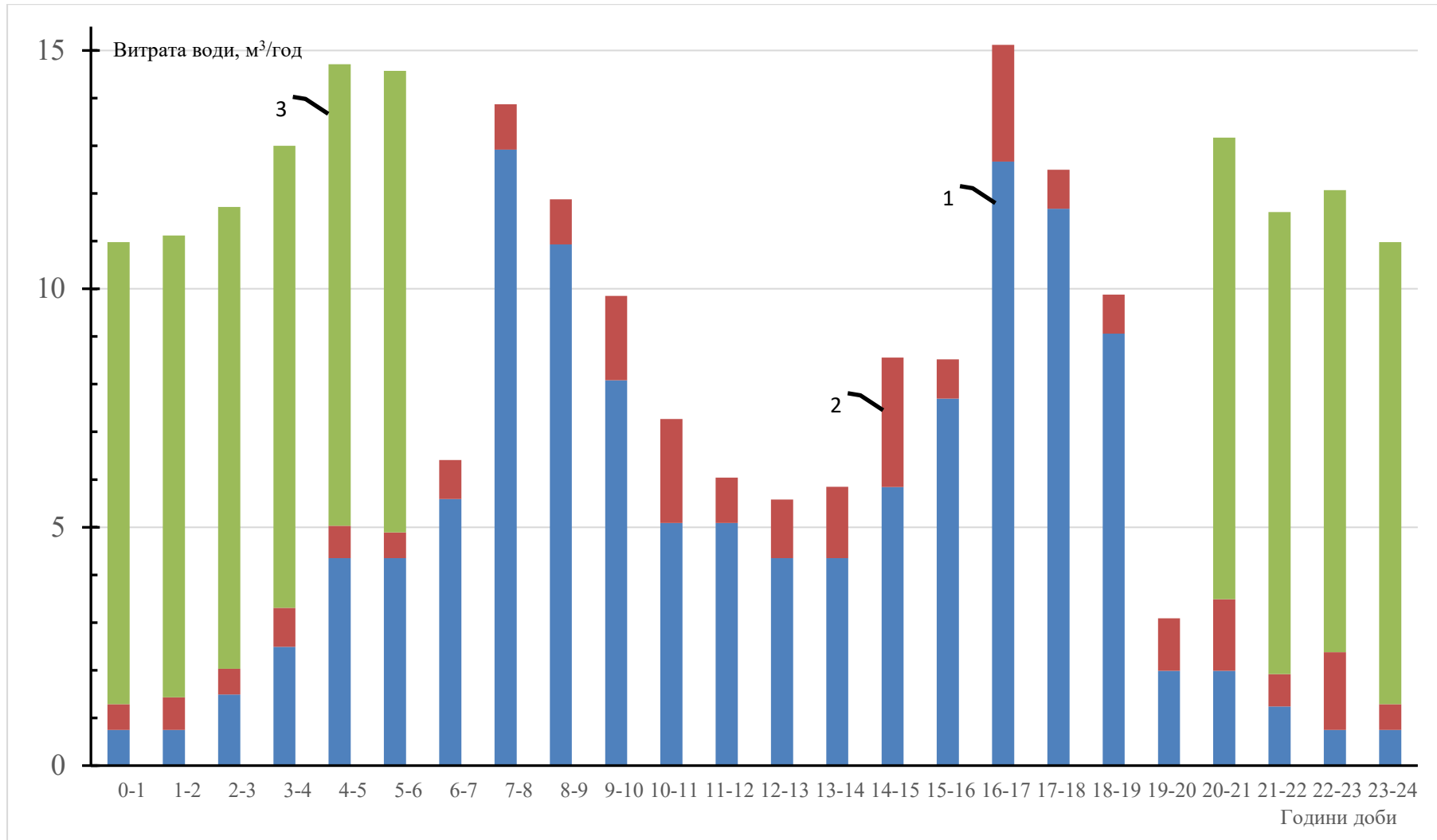


Рисунок 2.1. – Графік водоспоживання за годинами доби.

1- Комунальний сектор; 2 – тваринницький сектор; 3 – Полив зелених насаджень

2.2. Джерело господарсько-питного водопостачання

Для забезпечення стабільного та якісного водопостачання села Червоноіванівка розглядалися два основні варіанти джерела води: поверхневі та підземні джерела. Враховуючи особливості місцевості, санітарно-гігієнічні вимоги до питної води, а також економічну доцільність, за результатами порівняння було прийнято рішення на користь водозабору з підземного джерела – шляхом буріння артезіанської свердловини [14].

Порівняльна оцінка джерела води для питних потреб наведена у табл.2.3.

Таблиця 2.3 – Порівняльна оцінка джерел води

Критерій	Підземні джерела	Поверхневі джерела
Якість води	Висока, часто не потребує складної очистки	Залежить від пори року, часто потребує очистки
Захищеність від забруднень	Висока (наявність водотривких шарів)	Низька, піддаються впливу стоків, забруднень
Стабільність водозабору	Стабільна протягом року	Залежить від кліматичних умов, сезонна змінність
Експлуатаційні витрати	Помірні (менше потреби в очистці)	Високі (очисні споруди, реагенти тощо)
Капітальні витрати на будівництво	Вищі на початковому етапі	Нижчі на початку
Надійність системи водопостачання	Висока	Середня або низька залежно від джерела
Придатність для питного водопостачання	Висока	Низька без очистки
Доступність у межах села	Є потенціал буріння артезіанської свердловини	Відсутні придатні водойми

2.3 Визначення висоти стовбура водонапірної башти

При визначенні висоти стовбура водонапірної башти виходять з умов забезпечення потреб вільного напору у домінуючій точці. При цьому ураховують геодезичні відмітки розташування домінуючої точки та водонапірної башти та суму втрати напору води, при русі води від водонапірної башти до диктуючої точки. Висоту від поверхні землі до дна бака водонапірної башти визначають за формулою

$$H_B = H_{cv} + \sum_B^D h_w - (z_B - z_D), \quad (2.5)$$

де H_B – вільний напір, м;

$\sum h_{B-D}$ – сумарні втрати напору на ділянці від водонапірної башти до диктуючою точки, м;

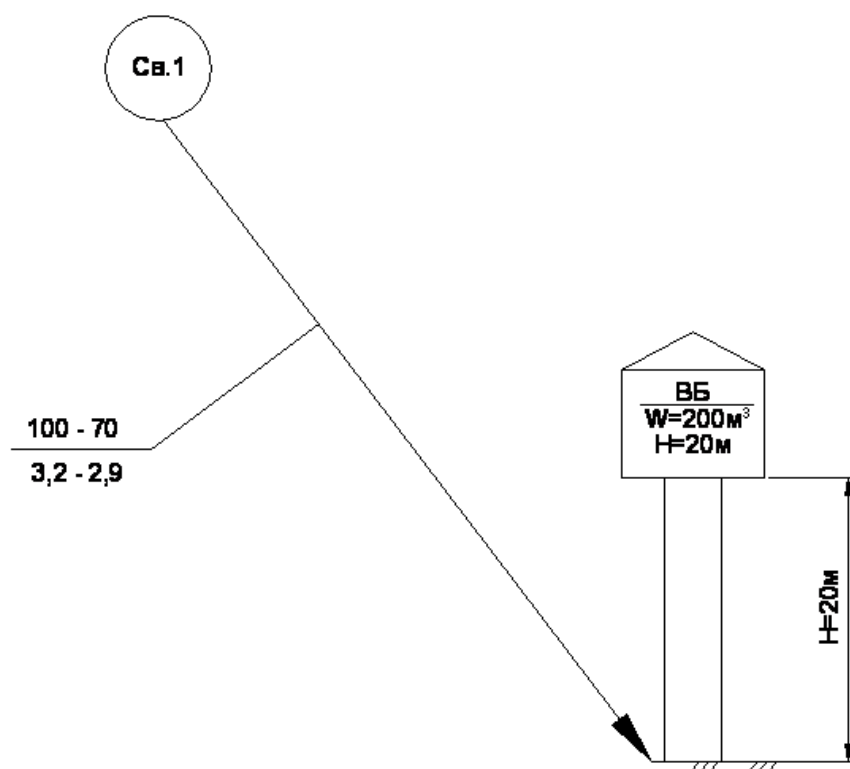
z_B, z_D – геодезичні відмітки розташування водонапірної башти і диктуючою точки, м.

Отже, визначення точної висоти стовбура водонапірної башти потребує проектування централізованої системи водопостачання у с. Червоноіванівка. Розглянемо почергово складові виразу (2.5). Оскільки забудова с.Червоноіванівка представлена одно- та двоповерховими будинках мінімальний вільний напір складе 14 м (див. розділ 2.1). Відмітка місцезнаходження водонапірної башти у порівнянні з оголовком свердловини дає різницю 2м. Втрати напору на водоводі визначаємо за допомогою таблиць Ф.А. Шевелева [15]. Для кінцевого вибору діаметрів труб на ділянці необхідно провести аналіз роботи проектуємої мережі, при цьому не повинно бути різких переходів від одного діаметру до іншого, а також значних різниць швидкостей руху [13]. Мінімальний діаметр труб в системі господарсько-питного водопостачання об'єднаного з протипожежним згідно [11, 12] становить 100мм. При діаметрі сталевих трубопроводу $d=100\text{мм}=0,1\text{м}$ з врахуванням рекомендованої швидкості руху води

0,7м/с (допускається до 1,3м/с) [6] та запроектованої витрати $Q_{cp.доб} = 2,9\text{л/с}$ згідно [13] маємо: $1000i=1,88$; $v=0,28<0,7\text{м/с}$. Тобто для діаметру умовного проходу 100мм відповідає втрата напору 1,88мм на 1м або 1,88м на 1км довжини при витраті 2,9л/с. При виборі сталевих електрозварювальних труб з умовним проходом 50 мм, зовнішньому діаметрі 70 мм та внутрішньому діаметрі 65 мм при товщині стінок 2,5 мм, що відповідає плавному переходу від діаметру напірного трубопроводу (патрубок насосного агрегату 60 мм) до діаметру власне нитки водоводу, маємо: $1000i=32,4$; $v=0,9>0,7\text{м/с}$ [15]. З двох розглянутих варіантів отримуємо наступні втрати напору на 100м або на 0,1км довжини водоводу: 0,295м та 3,240м відповідно. Для розрахунку за формулою (2.5) обираємо максимальне значення втрат. Проте слід зазначити, що остаточне розташування резервної ємності виконується на основі гідравлічних розрахунків та виконання деталювання централізованої розвідної мережі в с.Червоноіванівка. За наведеними вище припущеннями отримуємо наступну висоту стовбура водонапірної башти

$$H_B = 14 + 3,24 + 2 = 19,24 \text{ м.}$$

Висота наповнення бака повинна бути не менше 2,5м [11, 12, 13]. За типовим проектом 901-5-41.87 приймаємо безшатрову водонапірну башту зі сталевим баком та застосуванням ствола з уніфікованих збірних залізобетонних елементів ємністю 200 м^3 та висотою ствола 20 м (рис.2.3). Вибір типової водонапірної башти передбачається уточнити в наступному проекті.



Умовні позачення

- | | | | |
|----|-------------------------------|---|---|
| 1. | $\frac{100 - 70}{3,2 - 2,9}$ | — | <u>довжина ділянки, м - зовнішній діаметр, мм</u> |
| | | — | <u>втрати напору, м - витрата на ділянці, л/с</u> |
| 2. | $\frac{ВБ}{W=200\text{ м}^3}$ | — | <u>водонапірна башта</u> |
| | $H=20\text{ м}$ | | <u>об'єм баку, м^3</u> |
| | | | <u>висота стовпа, м</u> |
| 3. | Св.1 | — | <u>свердловина</u> |

Рисунок 2.3 – Розрахункова схема взаєморозташування свердловини та водонапірної башти.

3. РОЗРАХУНОК СВЕРДЛОВИНИ

3.1 Розрахунок водоприймальної частини свердловини

В тріщинуватих скелястих стійких породах створюють циліндричну водоприймальну частину. Розрахунок розмірів діаметра і довжини проводять за нище наведеною методикою. Зазначимо, що діаметр водоприймальної частини без фільтрової свердловини не радять приймати менше 150 мм [17, 18, 17].

Конструктивно приймаємо діаметр водоприймальної частини рівним 151 мм. Довжину водоприймальної частини свердловини вибирають на основі аналізу гідрогеологічних умов водоносних пластів, приймаючи її рівною їх потужності, якщо остання менше 10 м. При значних потужностях водоносного горизонту довжину водоприймальної частини приймають рівній потужності найбільш водонасиченої зони [19].

В даному випадку найбільш водонасиченими є три зони підвищеної тріщинуватості, тому довжину робочої частини фільтру приймаємо рівною 11 м (від 61 до 72м) [17, 19].

Основні розміри водоприймальної частини, а саме діаметр d та довжину l , перевіряють за формулами

$$d = Q / (\pi l v_{\phi}), \quad (3.1)$$

де $Q=248,35 \approx 249$ – дебіт свердловини, м³/доб;

l – довжина водоприймальної частини, м;

v_{ϕ} – допустима швидкість фільтрації води біля стінки водоприймальної частини, м/доб

$$v_{\phi} = 65 \cdot \sqrt[3]{K_{\phi}}, \quad (3.2)$$

де $K_{\phi} = 0,605 \text{ м/добу}$ – коефіцієнт фільтрації, м/доб [17].

$$v_{\phi} = 65 \cdot \sqrt[3]{0,605} = 55,0 \text{ м/доб.}$$

При довжині $l=11$ м діаметр водоприймальної частини свердловини становить

$$d=249 / (3,14 \cdot 11 \cdot 55) = 0,131 \text{ м} = 131 \text{ мм} \leq 150 \text{ мм.}$$

Таким чином основні конструктивні розміри водоприймальної частини свердловини підібраний вірно: діаметр $d=151 \text{ мм}$, довжина $l=11 \text{ м}$.

Для свердловин на воду застосовують в переважно сталеві труби згідно ДСТУ [20]. Оскільки діаметр водоприймальної частини повинен задовольняти умову $d \geq 150 \text{ мм}$, обираємо $d=151 \text{ мм}$ [6, 16].

3.2 Розрахунок зниження рівня води в свердловині

Свердловини призначаються для експлуатації як напірних, так і безнапірних водоносних горизонтів. У добре проникних скельних і напівскельних гірських породах зазвичай формується напірний тип водоносного шару, що дозволяє ефективно використовувати підземні води для господарсько-питного водопостачання.

Оскільки Кам'янський район детально вивчений у гідрогеологічному плані, запроєктована свердловина належить до експлуатаційного типу. Це означає, що вона безпосередньо забезпечуватиме водопостачання споживачів – у даному випадку, жителів села Червоноіванівка.

Для уточнення гідродинамічних характеристик водоносного горизонту, зокрема його водовіддачі, використовується показник питомого дебіту свердловини. Питомий дебіт показує кількість води, що надходить із водоносного горизонту при зниженні рівня води на 1 метр, і обчислюється за формулою:

$$q_{\text{пит}} = q / S, \quad (3.3)$$

де q – дебіт свердловини, отриманий в результаті відкачок, л/с;

S – пониження рівня, що відповідає прийнятому дебіту, м.

Дебіт свердловини q приймається рівним розрахунковій витраті, оскільки за даними гідрогеологічних вишукувань у даному районі дебіти експлуатаційних свердловин становлять від 7 л/с і більше при відповідному пониженні рівня води S не менше 19 м. Напір водоносного горизонту складає в середньому 24 м, що підтверджує наявність сприятливих умов для отримання необхідного об'єму води.

$$q_{\text{пит}} = 7 / 19 = 0,37 \text{ л/(с} \cdot \text{м)}.$$

Розрахункове пониження в залежності від потрібної витрати $q_{\text{потр}}$ [19, 21] буде дорівнювати

$$S_{\text{розр}} = q_{\text{потр}} / q_{\text{пит}}, \quad (3.4)$$

$$S_{\text{розр}} = 2,9 / 0,37 = 7,8 \text{ м}.$$

Знаючи положення статичного рівня води в свердловині $z_{\text{ст}} = 37 \text{ м}$ динамічний рівень складе

$$z_{\text{дин}} = z_{\text{ст}} - S_{\text{розр}}, \quad (3.5)$$

Отже, відмітки статичного та динамічного рівнів, відраховані від денної поверхні, становлять відповідно 42,0 м і 49,8 м (рис.3.1). При відліку цих значень від покрівлі водоносного горизонту, яка розташована на глибині 61,0 м, отримуємо: для статичного рівня – 19,0 м, для динамічного – 11,2 м. Відносно забою свердловини глибиною 91,0 м ці значення становлять відповідно 30,0 м і 22,2 м.

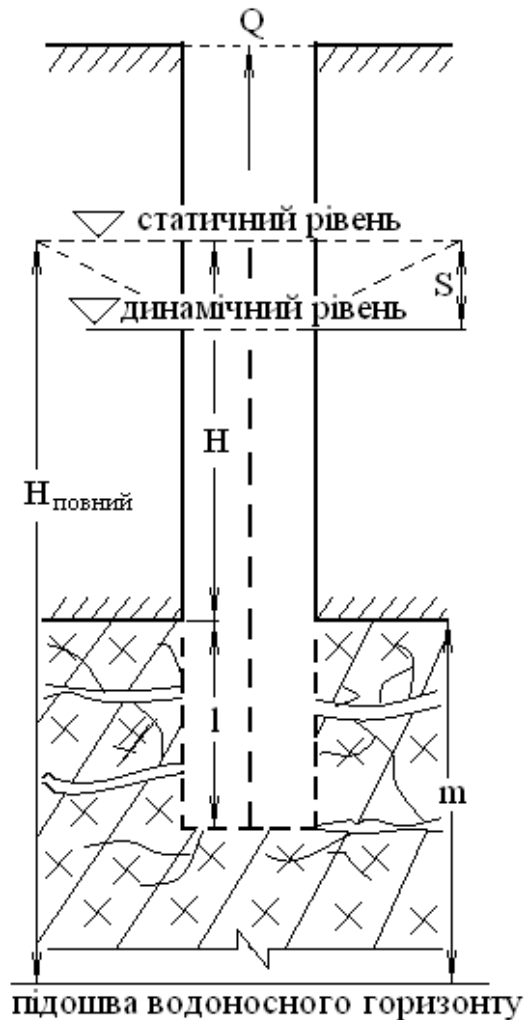


Рисунок 3.1. – Схема без фільтрової свердловини, яка розкриває напірний водоносний шар.

Розрахункове зниження рівня води у свердловині при її заборі необхідно зіставити з максимально допустимим значенням $S_{доп}$, яке, як правило, приймається не більше ніж 50 – 70 % від загальної потужності водоносного гори-

зонту [19]. З урахуванням значної потужності тріщинуватих кристалічних порід докембрію, максимально допустиме зниження рівня може бути орієнтовно визначене за формулою

$$S_{\text{дон}} = H - 0,3 m - H_n - H_{\phi}, \quad (3.6)$$

де H – рівень до початку відкачок, м;

H_n – максимальна глибина занурення низу насоса (його водоприймальної частини) під динамічний рівень води у свердловині, м;

H_{ϕ} – зниження напору на вході до свердловини, 3м;

m – потужність водоносного пласта, м.

Внаслідок значної потужності тріщинуватих гнейсів (m) до формули (5.4) підставляємо довжину водоприймальної частини свердловини. Це в свою чергу зменшить значення максимально допустимого пониження, що розраховується за формулою (3.6).

$$S_{\text{дон}} = 19 - 0,3 \cdot 11 - 1 - 3 = 11,7 \text{ м.}$$

Отже $S_{\text{дон}} > S_{\text{розр}}$, тому що $11,7 \text{ м} > 7,8 \text{ м}$. Згідно [19] дебіт водозабору вважається забезпеченим і може бути збільшений, при виникненні необхідності.

Перевіряємо розрахунок пониження $S_{\text{розр}}$. Приймаємо зниження рівня в свердловині, виходячи з умови $S_{\text{розр}} < S_{\text{дон}}$ [19], тобто

$$S_{\text{розр}} = 0,6 \cdot S_{\text{дон}}, \quad (3.7)$$

$$S_{\text{розр}} = 0,6 \cdot 11,7 = 7,02 \text{ м} \approx 7,8 \text{ м.}$$

Отже остаточно приймаємо найбільше значення пониження рівня води $S = 7,8 \text{ м}$ (рис. 3.1).

Визначаємо радіус впливу свердловини, що змінюється в залежності від порід водоносного прошарку, за залежністю

$$R=r_{cв}+2\cdot S\cdot(K_f\cdot m)^{1/2}, \quad (3.8)$$

де $r_{cв}=d/2=151/2=75,5\text{мм}$ – радіус водоприймальної частини свердловини;

$$R=0,076+2\cdot 7,8\cdot(0,605\cdot 11)^{1/2} = 40,3\text{м}.$$

3.3 Вибір насосно-силового обладнання свердловини

Одним з основних факторів, що суттєво впливає на економічність роботи свердловини і довговічність служби насосного агрегату, є правильний його вибір [22].

Для підйому води зі свердловини рекомендується застосовувати відцентрові занурювальні насоси. Вибір і визначення параметрів насоса виконують за робочими характеристиками, а також за його зовнішнім діаметром, який повинен бути узгодженим з діаметром обсадної колони [22].

Занурювальні відцентрові насоси призначені для подачі води з загальною мінералізацією (сухий залишок) до 1500мг/л, рН від 6,5 до 9,5, температурою до 25°C, що містить $\leq 0,01\%$ за масою твердих механічних домішок, хлоридів $\leq 550\text{мг/л}$, сульфатів $\leq 500\text{мг/л}$ й сірководню $\leq 1,5\text{мг/л}$ [22, 23].

Продуктивність насоса визначається з умов рівномірної роботи з урахуванням потреби водопровідних споруджень [17, 22] за формулою

$$Q_{год}=Q\alpha / T, \quad (3.9)$$

де Q – продуктивність свердловини, м³/доб;

$\alpha=1,1$ – коефіцієнт, що враховує власні потреби водопровідних споруд;

$T=24$ год – число годин роботи насоса.

$$Q_{\text{год}} = 249 \cdot 1,1 / 24 = 11,4 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Повний напір насоса розраховується за залежністю

$$H_{\text{нас}} = h_n + h_w + H_{\text{св}}, \quad (3.10)$$

де h_n – глибина насоса в свердловині, м; насос з'єднаний муфтою зчеплення з електродвигуном, опускають у свердловину з розрахунку заглиблення його під динамічний рівень не менше ніж на 3м, тобто

$$h_n = 43,8 + 3,0 = 46,8 \text{ м};$$

$H_{\text{св}}$ – вільний напір з врахуванням висоти стовбура водонапірної башти 20 м та висоти наповнення бака 2,5 м [23];

h_w – втрати напору в напірній трубі, що знаходиться у свердловині і поза нею, м. Оскільки насос працює на подачу води до водонапірної башти, необхідно врахувати відстань між баштою та свердловиною ($L=100\text{м}$). Втрати напору розраховуємо за гідравлічною формулою

$$h_w = (1,1/K^2)(h_n + L) Q_{\text{год}}^2, \quad (3.11)$$

де K – витратна характеристика напірної труби, м³/год.

Орієнтовно K приймаємо за умовою, що водопідйомна труба в свердловині стальна нова і працює в квадратичній області опору (рис.3.2) [15]. Отже при внутрішньому діаметрі 60 мм водопідйомної труби, що підібрана до діаметра патрубку насоса, $K=226,8\text{м}^3/\text{год}$.

$$h_w = (1,1/104,4^2)(47+100) 11,4^2 = 1,93 \text{ м},$$

$$H_{\text{нас}} = 46,8 + 1,93 + 24,5 = 73,2 \text{ м} \approx 74 \text{ м}$$

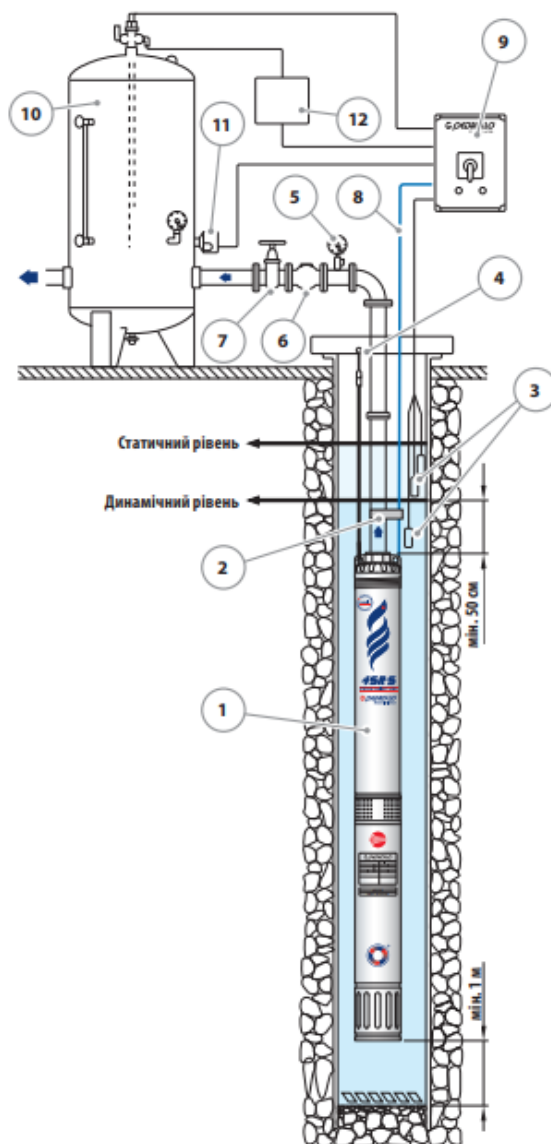


Рисунок 3.2 – Схема розташування занурювального насосу у свердловині: 1) Електронасос занурений 2) Кабельні стяжки 3) Датчики контролю рівня води 4) Кронштейн та кріпильний трос 5) Манометр 6) Зворотний клапан 7) Вентиль регулювання подачі 8) Кабель електроживлення 9) Електричний пульт 10) Гідроаккумулятор 11) Реле тиску 12) Електроклапан/електрокомпресор.

Згідно з [24] поля характеристик Н-Q занурювальних насосів приймаємо насос 4SR 15/21 – N виробництва фірми Pedrollo (Італія). Це занурювальний насос зовнішнім діаметром 4 дюйми. Напірно-витратна характеристика наведена на рис. 5.3.

4SR 15-N

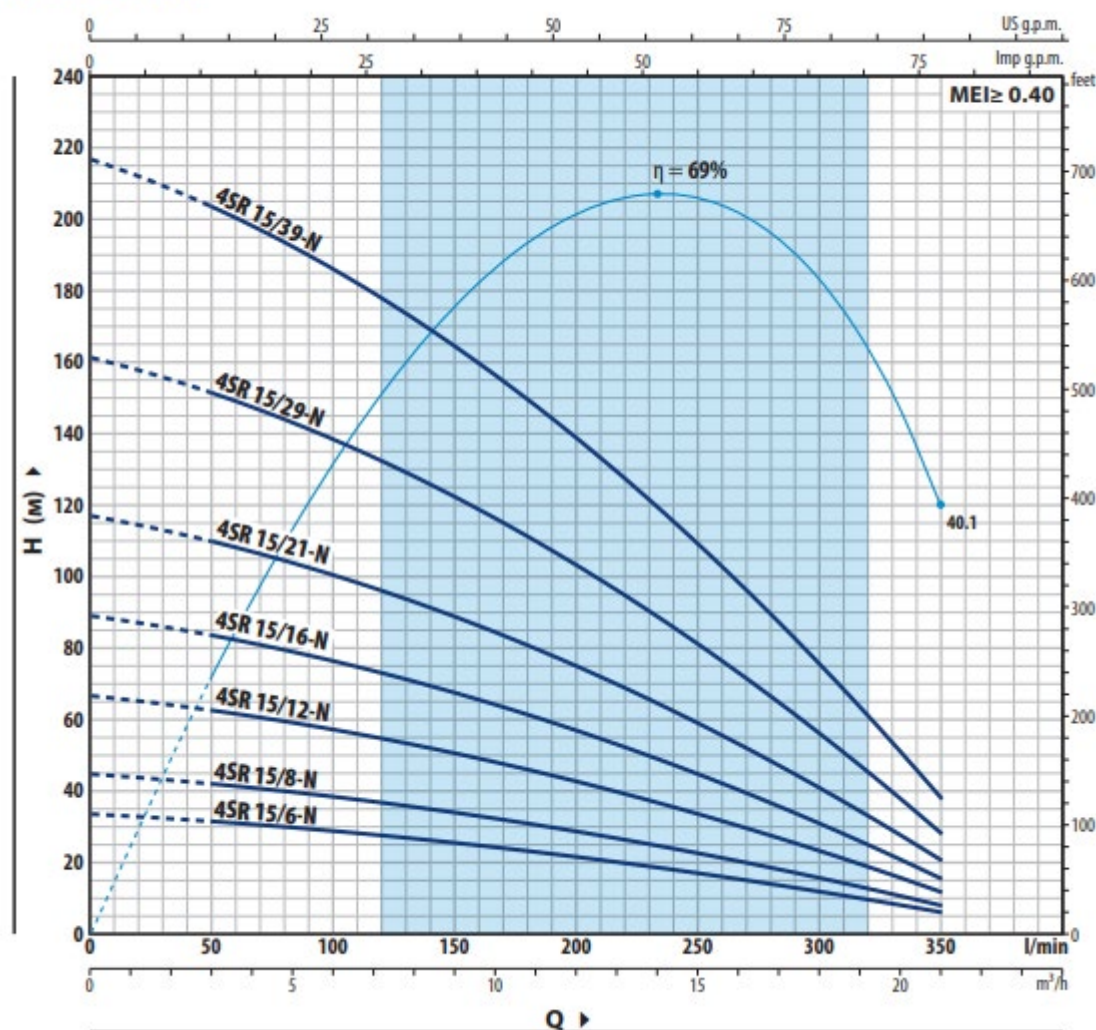


Рисунок 3.3 – Напірно-витратна характеристика насосів серії 4SR 15 – N

4. КОНСТРУКЦІЯ СВЕРДЛОВИНИ І СПОСІБ БУРІННЯ

4.1. Проектування конструкції свердловини

Вибір конструкції свердловини, окрім гідрогеологічних умов району робіт, визначається також експлуатаційно-санітарними вимогами до свердловини як джерела господарсько-питного водопостачання та способом її буріння. Конструкцію підбирають індивідуально відповідно до конкретних геологічних і гідрогеологічних умов. Вона повинна забезпечувати стабільну та тривалу експлуатацію при мінімальній металоємності, можливості проведення ремонтних робіт і надійного захисту водоносних горизонтів.

Перед початком буріння на підставі матеріалів гідрогеологічних вишукувань складається проєкт свердловини, в якому мають бути наведені такі відомості [25]:

- загальна глибина свердловини;
- геолого-літологічний розріз;
- глибини залягання, потужність і статичні рівні водоносних горизонтів, що будуть пройдені, а також тип підземних вод;
- початковий і кінцевий діаметр свердловини;
- діаметри та положення обсадних труб;
- необхідність гідроізоляції проміжних горизонтів;
- положення, діаметр і довжина водоприймальної частини;
- рекомендації щодо вибору бурового обладнання та способу буріння;
- додаткові вказівки щодо ведення гідрогеологічних спостережень та оформлення геотехнічної документації.

Свердловина повинна забезпечувати проєктну витрату води при допустимому динамічному рівні, відповідно до глибини та гідрогеологічних умов. Якість води має відповідати вимогам [26], а її хімічний і бактеріологічний склад – залишатися стабільним упродовж експлуатації.

Конструкція свердловини суттєво залежить від методу буріння. Основними її частинами є: гирло (оголовок); стовбур (експлуатаційна колона); водоприймальна частина.

У проєкті передбачено будівництво підземного павільйону над свердловиною, оскільки такий варіант доцільний у сухих ґрунтах. У стелі павільйону над віссю свердловини передбачається отвір для можливості проведення ремонтних робіт.

Конструкція оголовка повинна гарантувати захист підземних вод від поверхневого забруднення, а також герметичне та зручне з'єднання обсадної колони з насосним обладнанням. Герметичність досягається за допомогою зварювання, гумових прокладок, сальників та інших методів ущільнення. Деталі, які не передбачено розбирати, бажано цементувати.

У складі конструкції передбачені направляюча труба та експлуатаційна колона.

Направляюча труба (приймаємо довжиною 5 м) призначена для запобігання обвалів порід у гирловій частині та стабілізації напрямку буріння.

Експлуатаційна колона служить для кріплення стінок свердловини і встановлення насосного обладнання. Її діаметр приймається рівним номінальному діаметру насоса. Верхня частина колони повинна виступати над рівнем підлоги павільйону не менше ніж на 0,5 м.

Зазор між стінкою свердловини та муфтою обсадної труби повинен складати 15–50 мм з кожного боку залежно від діаметру труб (114–426 мм). Як обсадні труби застосовують сталеві труби, дозволені для використання в питному водопостачанні [17].

В цьому проєкті водоприймальна частина - безфільтрова (у стійких тріщинуватих породах)ю

Притік води планується в зонах розвитку тріщинних колекторів гнейсів на глибинах 62–64 м, 66–68 м, 70–71 м. Обсадна колона повинна перекривати верхню частину (вивітрілі породи – каоліни) і врізатися в основну породу на

глибину не менше 1 м. Простір між свердловиною і обсадною трубою цементується шляхом подачі цементного розчину під башмак труби.

При проектуванні необхідно віддавати перевагу найпростішій конструкції свердловини із застосуванням мінімальної кількості колон обсадних труб.

Свердловини кріплять декількома колонами обсадних труб в залежності від глибини свердловини необхідного кінцевого діаметру, способу буріння і гідрогеологічних умов місця їх закладення. Різниця в діаметрах між попередньою та наступною колонами обсадних труб повинна бути не менше 100 мм. Вихід колон обсадних труб в залежності від їх діаметру та стійкості порід у випадку примусової їх посадки приймаємо за табл.10 [19].

На підставі геологічного розрізу і планового виходу колони обсадних труб приймаємо двоколонну конструкцію свердловини. Перша колона – експлуатаційна з виходом 29,9 м, а друга – 28,9 м.

Розрахунок конструкції свердловини проводять починаючи із водоприймальної частини і закінчують кондуктором.

У нашому проєкті передбачена безфільтрова водоприймальна частина, що влаштована у стійких тріщинуватих породах без кріплення стінок циліндричної виробітки. Приймаємо для буріння водоприймальної частини долото діаметром 158,7 мм [37].

Внутрішній діаметр експлуатаційної колонки визначаємо із умови наявності зазору між долотом і колоною

$$d_{ек}^6 = d_{вч}^6 + (6...8). \quad (4.1)$$

$$d_{ек}^6 = 158.7 + 8 = 168.7 \text{ мм.}$$

Зовнішній діаметр експлуатаційної колони уточнюємо за ДСТУ [20] із урахуванням зовнішнього діаметра насоса приймаємо діаметр експлуатаційної колони 219,1 мм з товщиною стінки 8,9 мм і внутрішнім діаметром 201,3мм.

З'єднання колон обсадних труб приймаємо методом електрозварювання. Тоді діаметр долота для буріння експлуатаційної колони визначаємо за формулою

Діаметр долота для буріння під експлуатаційну колону вибирають за зовнішнім діаметром муфти

$$d_{ек}^{\delta} = d_{ек}^m + 2\delta, \quad (4.2)$$

де δ – зазор між стінками свердловини і зовнішнім діаметром труби. Приймаємо 25 мм.

$$d_{ек}^{\delta} = 219,1 + 2 * 25 = 269,1 \text{ мм.}$$

За [37] приймаємо діаметр долота 269,9 мм.

Внутрішній діаметр другої колони визначаємо за формулою

$$d_{к}^e = d_{ек}^{\delta} + (50...100), \quad (4.3)$$

де $d_{ек}^{\delta}$ - діаметр долота під експлуатаційну колону, мм.

$$d_{к}^B = 269,9 + 50 = 319,9 \text{ мм.}$$

Зовнішній діаметр другої колони обсадних труб приймаємо за ДСТУ [20] 323,9 мм товщиною стінки 9,5 мм і внутрішнім діаметром 304,9 мм.

Отже, конструкція свердловини (рис.4.1) в с. Червоноіванівка та спосіб її буріння обґрунтовуються в проєкті на підставі наявних вихідних матеріалів. Приймається конструкція експлуатаційної свердловини з двох колон, безфільтровою водоприймальною частиною у стійких тріщинуватих породах. Глибина буріння – 72 м, метод – роторне буріння з прямим промиванням технічною водою.

4.2. Підготовчі роботи до буріння

Перед початком бурових робіт здійснюється підготовчий етап, який включає визначення оптимального місця для закладання свердловини згідно з заданими координатами. При виборі місця враховуються вимоги техніки безпеки, протипожежні норми, а також забезпечується зручне розташування бурової установки для її ефективної роботи [16].

Усе бурове та допоміжне обладнання встановлюється на спеціально підготовленому майданчику. Його розміщення погоджується із замовником та відповідними органами Державного санітарного нагляду. Бурова установка повинна бути розміщена на безпечній відстані від інших об'єктів – не менш ніж у півтори довжини щогли установки [16, 18].

Бурову установку заборонено розміщувати поблизу ліній високовольтних електропередач. Щоглу установки закріплюють чотирма розтяжками, які фіксуються до якорів, розташованих по кутах бурової площадки. До майданчика підводиться дорога, а за можливості – водопровід і лінія електропостачання.

У межах цього проєкту передбачається облаштування під'їзної дороги та підведення електроенергії до бурової площадки. Розтяжки кріпляться до щогли на висоті 0,5–1,0 м від кронблоку [16, 18].

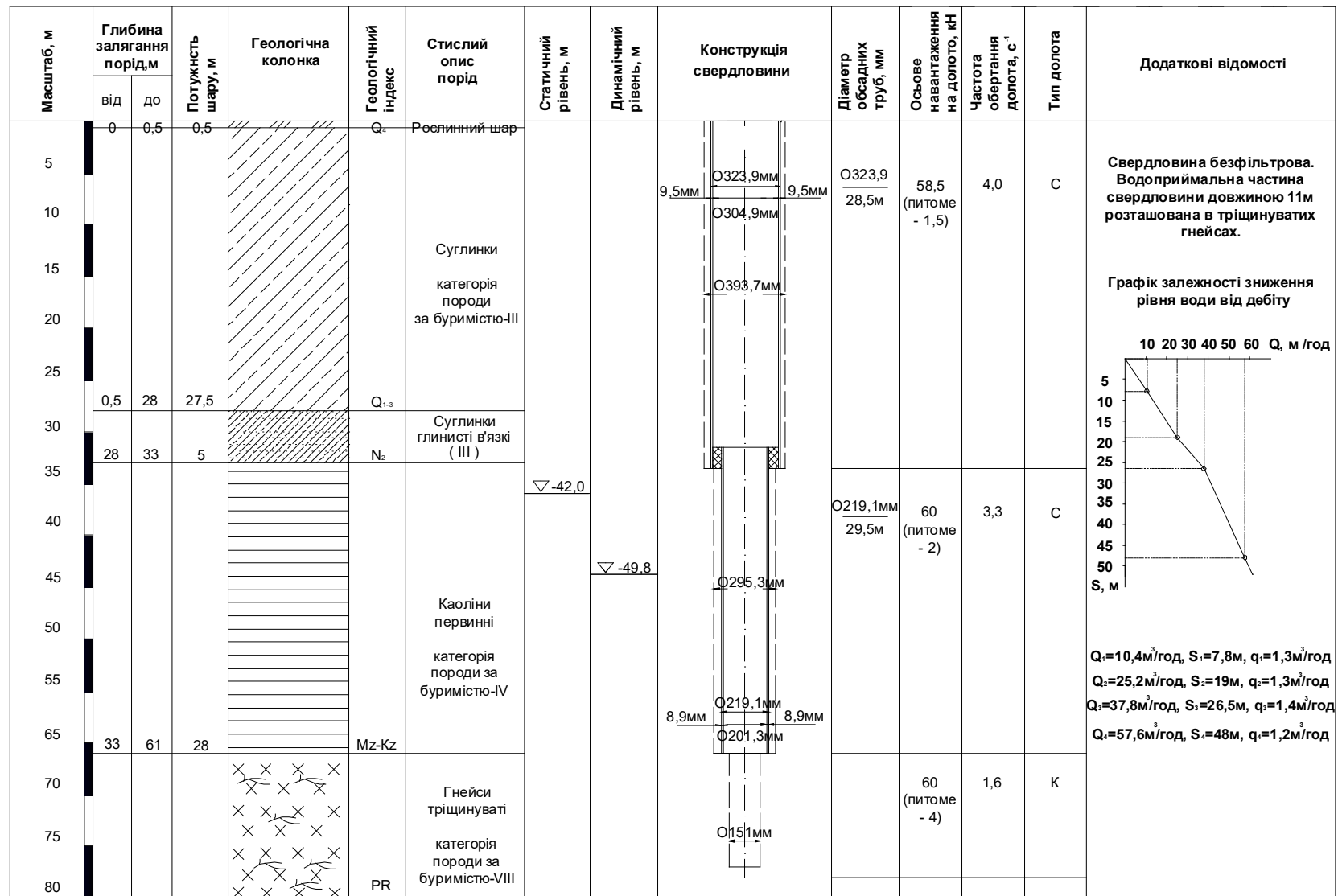


Рисунок 4.1. – Геолого-технологічний розріз свердловини

Розміри бурового майданчика залежать передусім від типу бурової установки, а також від умов транспортування, рельєфу місцевості та інших факторів. У центрі площадки розміщується бурова установка, з боків бурових містків – стелажі для бурильних і обсадних труб. Поблизу – щит із протипожежним інвентарем.

Паливно-мастильне обладнання має розташовуватися на відстані не менш як 15 м від бурової установки [16, 18].

Для надійної фіксації установка закріплюється поздовжніми та поперечними брусами, піддомкрачується, після чого монтуються робочі містки. Буровий насос розміщують поруч із відстійниками на дерев'яних або металевих рамах.

Об'єм і розміри відстійників визначаються відповідно до об'єму свердловини та гідрогеологічних умов буріння. Як правило, об'єм відстійника приймають у 1,5 раза більшим за об'єм свердловини. У цьому проєкті передбачено відстійник об'ємом 8 м³. Його розміри становлять 1×5 м, глибина – 1,6 м. Відстійник огорожують перилами та накривають дерев'яними щитами. У разі буріння в нестійких породах стінки зміцнюють дерев'яними щитами [25].

При відсутності неподалік джерела води на площадці встановлюється водна цистерна, а подача води забезпечується однією або кількома автоцистернами.

Загальна площа земельної ділянки на рівнинній місцевості, де розташовується бурова установка типу 1БА15В з усім обладнанням, становить 36×65 м (рис. 4.2) [27].

Електробезпека та заземлення. Бурова установка обов'язково підлягає заземленню. Для цього влаштовується спеціальний заземлювальний пристрій – металева пластина розміром 500×500×5 мм з привареною металевою смугою перерізом 50×10 мм і довжиною 1–1,2 м. Цю конструкцію занурюють у попередньо викопаний відстійник, після чого засипають шаром ґрунту товщиною до 150 мм. До заземлювача під'єднують мідний провід перерізом не менше 100

мм², другий кінець якого надійно з'єднують з рамою бурової установки, насосним блоком, компресором. Окрім цього, з метою захисту від статичних розрядів, раму установки додатково з'єднують із металевою обсадною трубою свердловини.

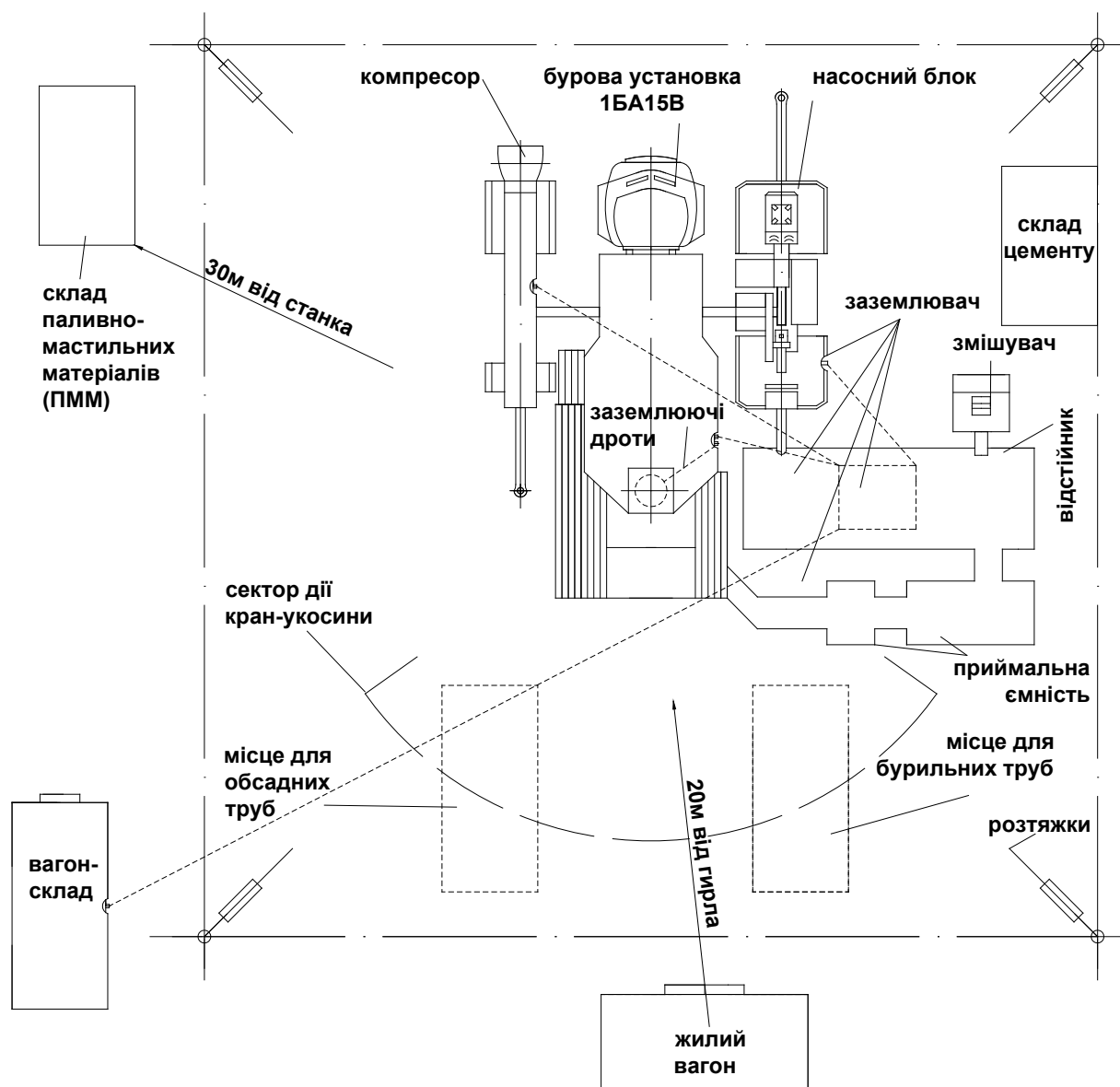


Рисунок 4.2 – Схема розташування обладнання [7].

Розміщення допоміжного обладнання. Для запобігання аварійним ситуаціям при зберіганні паливно-мастильних матеріалів (ПММ), відповідну ємність розміщують на відстані не менше ніж 40 м від бурового агрегату. Склад

ПММ обладнують ще далі – на відстані 30–50 м, дотримуючись протипожежних норм. Тимчасовий вагончик для відпочинку бурової бригади встановлюють на дистанції 20–25 м від бурової установки.

Крім того, буровий агрегат розташовують на безпечній відстані від будівель, споруд, ЛЕП та автодоріг. Згідно нормативів, мінімальна відстань повинна бути не менше ніж 1,5 висоти бурової щогли або вишки, що забезпечує безпечну зону у випадку її можливого падіння.

Облаштування точки буріння. У місці запроєктованої свердловини перед встановленням установки необхідно влаштувати шахтний напрямок. Він служить для укріплення гирла та забезпечення вертикальності свердловини. Для цього риється шурф розмірами 0,5×0,5 м або 1×1 м на глибину від 1,5 до 5 м – залежно від діаметра спрямовуючої труби. У цьому проєкті передбачається шурф розміром 0,5×0,5 м і глибиною 5 м. Діаметр напрямної труби повинен перевищувати діаметр долота, що використовується для початкового буріння, щонайменше на 50 мм.

Після опускання спрямовуючої труби її положення перевіряють за допомогою схилю на вертикальність. Простір між стінками шурфу та трубою (затрубний простір) заповнюється камінням або битою цеглою і заливається цементним розчином. Щоб уникнути потрапляння цементу всередину труби, в неї попередньо закладається та ущільнюється глина. До початку буріння необхідно дочекатися повного затвердіння цементу, але не менше ніж через 12 годин після заливки.

Верхній край напрямної труби виводять до жолоба, через який розчин, що витікає під час буріння, спрямовується в циркуляційну систему очищення.

Монтаж бурової установки. Після завершення підготовчих робіт і встановлення напрямної труби розпочинають безпосередній монтаж бурової установки. Її встановлюють так, щоб:

- рама агрегату та ротор знаходились у горизонтальному положенні (перевіряється будівельним рівнем у двох перпендикулярних напрямках);
- центр ротора точно збігався з центром гирла напрямної труби;

- положення піднятої щогли перевіряється підвішеною квадратною бурою штангою – допустиме відхилення не повинно перевищувати 15 мм.

У процесі монтажу буровий агрегат фіксують на попередньо вирівняній площадці. Між передніми і задніми колесами транспортної платформи встановлюють дерев'яні розпірки, а під задню частину – домкрати або укладають дерев'яні бруси для стабілізації. Щоглу підіймають у вертикальне положення й фіксують чотирма відтяжками із сталевого тросу, прикріпленими до анкерів.

Далі монтується жолобна система для циркуляції бурового розчину. Перед запуском агрегату проводять змащення та випробування всіх основних механізмів – двигуна, бурового насоса, лебідки та ротора.

Завершальні операції перед бурінням. На заключному етапі монтажу виконуються такі роботи: збирання талевої системи; встановлення вертлюга та робочої бурової штанги; монтаж вагового індикатора; влаштування приймального помосту (містка) з дошок або металевих щитів; перевірка справності контрольно-вимірювальних приладів (манометри, індикатор осьового навантаження).

Усі роботи виконуються буровою бригадою під керівництвом старшого бурового майстра відповідно до інструкцій заводу-виробника установки та правил техніки безпеки.

Перед початком буріння обов'язково перевіряється комплектність обладнання, наявність затвердженого геолого-технічного наряду, а також проводиться інструктаж для всієї бурової бригади, на якому доводиться конструкція свердловини, технічне завдання та правила безпеки.

4.3. Вибір способу буріння

При виборі оптимального способу розкриття водоносного шару необхідно враховувати низку важливих геологічних, гідродинамічних та технічних чинників. До основних з них належать:

- гідродинамічні характеристики водоносного горизонту: пластовий тиск, стійкість порід, тріщинуватість, колекторські властивості (зокрема, пористість і проникність);
- глибина залягання водоносного шару та ступінь стійкості його кривлі;
- проєктні характеристики водоприймальної частини свердловини: діаметр, довжина фільтрової зони, тип і параметри фільтра, потреба в гравієвій обсіпці, очікуваний дебіт свердловини.

Усі ці фактори в комплексі визначають найбільш доцільну технологію розкриття водоносного шару. Метою є мінімізація витрат на подальше освоєння свердловини при забезпеченні проєктного дебіту та довговічності її експлуатації як джерела питного водопостачання [16, 17].

Розкриття водоносного горизонту – це технологічний етап буріння, під час якого здійснюється проникнення у продуктивний пласт з метою подальшого облаштування водоприймальної частини свердловини. Цей процес включає формування відповідної виробітки, яка забезпечить ефективний відбір підземної води.

Освоєння водоносного шару – це комплекс технологічних заходів, спрямованих на забезпечення нормального функціонування водоприймальної частини свердловини. До них належать роботи з відновлення природної водовіддачі шару, а також заходи, що сприяють штучному підвищенню його водопроductивності з метою досягнення максимального дебіту свердловини.

Варто зазначити, що ефективність процесів розкриття та освоєння безпосередньо впливає на якість, продуктивність та довговічність експлуатації свердловини. Вибір оптимальної технології в значній мірі підвищує загальну ефективність бурових робіт.

Однією з головних умов ефективного освоєння продуктивного водоносного шару є збереження або навіть покращення його природної пористості та проникності, особливо в призабійній зоні. Тому способи буріння повинні бути спрямовані на мінімізацію порушення структури колектору.

Вибір конкретного способу буріння визначається геолого-гідрологічними умовами району, глибиною та проєктним діаметром свердловини. У випадку стійких скельних порід доцільним є застосування роторного буріння з прямою промивкою водою або продуванням повітрям (табл. 4.1) [21].

Таблиця 4.1 - Спосіб розкриття водоносного шару при бурінні свердловини на воду [21]

Спосіб розкриття водоносного шару	Технологія розкриття шару	Група водоносного горизонту за геологічними і гідродинамічними умовами залягання (див. розділ 3, табл. 3.1 [7])	Рекомендовані конструктивні елементи свердловин			
			глибина, м	параметри фільтру		максимальний дебіт, м³/год
				тип	наявність гравійного обсіпання	
Обертальний з прямою промивкою	Технічна вода	В – І – а	≤10 0-600	Без фільтру	–	<150
Обертальний з продувкою повітрям	З застосуванням пневмоударника З прямою продувкою та бурінням шарошечним долотом	В – І – а	<150 <200	Без фільтру	–	5-30 <50

Згідно з класифікацією способів розкриття водоносних пластів (табл. 4.2) [16, 21], з урахуванням колекторських властивостей порід було обрано обертальний спосіб буріння з прямою промивкою водою (табл. 4.3) [19]. Цей метод є ефективним у випадках, коли у водоносному шарі не спостерігається повного або надмірного поглинання промивної рідини.

Водоносні горизонти в стійких сильнотріщинуватих скельних породах необхідно проходити з промивкою водою, при цьому допускається повне або часткове поглинання промивної рідини.

Досвід застосування глинистих розчинів для вскриття водоносних пластів свідчить, що проникнення дисперсної фази розчину та шламу в пласт суттєво знижує його водовіддачу – у 10–20 разів. Це потребує проведення дорогих і тривалих заходів з розглинизації під час освоєння свердловини [28].

Таблиця 4.2 - Рекомендації по застосуванню різних способів буріння [19]

Спосіб буріння	Переваги	Недоліки	Рекомендації до застосування
Обертальний з прямою промивкою	Високі механічні швидкості буріння. Можливість буріння в породах різної твердості на різні глибини. Незначна металоємність конструюючої свердловини.	При бурінні з глинистим розчином труднощі якісного опробування водоносних арів і їх освоєння, що призводить до пониження дебітів свердловин, потребує проведення тривалих і складних робіт по розглинизації. Необхідність постачання установок водою та якісною глиною. Труднощі буріння в породах, що містять валунно-галечникові включення, в породах, що поглинають промивочну рідину. Труднощі організації робіт в зимовий час при від'ємних температурах.	При бурінні в породах різної твердості на різні глибини. При застосуванні способів закінчення свердловин, що виключають кольматування пласта. При застосуванні випробувань пластів, випереджаючого способу опробування і на стадії вишукувально-розвідувальних робіт.

Таблиця 4.3 - Вид розчину [16]

Промивний розчин	Породи	Переваги	Недоліки
Технічна вода	Щільні стійкі	Підвищує механічну швидкість буріння; зменшує знос долот, бурових труб, насосів та обладнання; забезпечує ефективність засвоєння водоносних горизонтів	Розмиває рихлі та нестійкі породи; викликає обвали стінок та прихват бурового снаряду; при зупинках буріння необхідно підливати воду до свердловини

Для обертального буріння всі гірські породи класифікуються за буримістю на 12 категорій. Критерієм віднесення породи до певної категорії є глибина, яку можна пробурити за 1 годину чистого буріння. Визначення категорії буримості проводиться на підставі лабораторного аналізу фізико-механічних властивостей породи, а також хронометражних спостережень у процесі буріння.

Згідно з класифікацією ґрунтів і порід за буримістю при обертально-механічному бурінні: суглинки, супіски, леси, глини – III категорія; каолін первинний – IV категорія; гнейси – VIII категорія [21, 25].

Під час буріння твердих та абразивних порід осьове навантаження на долото збільшується до 5 кН [16].

Перед вскриттям водоносного шару з промивкою водою проводять: очищення відстійників; улаштування системи відведення використаної промивної рідини від гирла свердловини.

У процесі вскриття водоносного шару, представленого стійкими породами, з прямою промивкою водою необхідно уважно стежити за шламовим режимом, не допускаючи надмірного накопичення шламу.

4.4. Бурова установка

Для буріння вертикальної свердловини методом роторного буріння з прямою промивкою забою, призначеної для водопостачання в районі, доступному для автотранспорту, рекомендується використовувати буровий агрегат моделі 1БА15В (див. лист 3).

Технічні характеристики цього бурового агрегату, а також основних його складових – вертлюга та талевого блоку – наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 - Основні технічні параметри бурової установки 1БА15В [16, 27]

Параметри	Показник
1	2
Вантажопід'ємність, т:	
номінальна	12,5
максимальна	20
Основний спосіб буріння	Обертальний (роторний) з промивкою
Рекомендована глибина буріння, м	500 (трубами діаметром 73 мм)
Рекомендовані діаметри свердловини, мм:	
початковий	394
кінцевий	194

Продовження табл. 6.4

1	2
Транспортна база	Шасі (МАЗ-500А, МАЗ-5207В)
Силовий привід, тип	ЯМЗ-236/Д-108 (2двигуни)
Потужність, л.с.	150х2
Питома витрата палива, г/л·с·год	167 / 181
Мачта	Секційна складуюча
Висота до вісі крон блока, м	18
Довжина бурильної труби/свічки, м	6/12
Механізм обертання	Ротор
Прохідний отвір ствола, мм	410
Частота обертання, об/хв (прямі основні передачі)	65, 130, 245
Кількість передач основних (допоміжних)	4/4
Момент обертання (максимальний), кгс·м	700 (1000)
Механізм підйому	Лебідка
Навантаження талевого канату максимальне, тс	5,2
Діаметр канату, мм	18
Ємкість барабану, м	150
Оснащення талевої системи	2х3
Швидкість підймання гаку, м/с	0,2-1,39
Зусилля подачі, тс:	
вниз	3,5
вгору	5
хід подачі, м	0,6 або на довжину штанги
Буровий насос	НБ12-63-40
Привідна потужність, л.с.	68
Подача максимальна, л/с	12,25
Тиск максимальний, кгс/см ²	63
Компресор	К9М
Подача, м ³ /хв	10
Тиск, кгс/см ²	6
Гідравлічний насос	НШ-32 або НШ-10
Потужність електрогенератора, кВт	12
Напруга, В	380/220
Механізм розгвинчування	Ротором труби діаметром 73мм, гідро-розкріпником
Управління основними робочими механізмами	Пневмомеханічне
Габаритні розміри основного блоку в транспортному положенні	10,85х3х3,75
Вага основного блоку, т (транспортна)	14,7

Буровий блок агрегату монтується на автошасі МАЗ-500А, компресорно- та насосно-силові блоки на шасі причепів МАЗ-5207В [27].

На буровому блоці розташовані щогла з гідродомкратами, лебідка з безпечною катушкою, ротор з прохідним отвором 410мм, буровий насос НБ12-63-40, генератор потужністю 12кВт, аварійний компресор для пневмоуправління, коробка передач з пневмомуфтою, коробка відбору потужності з гідронасосом, гідророзкріпник, пульти управління та інше.

Агрегат дозволяє застосовувати свічі, бурильні та обсадні труби довжиною 12м. обсаджувати свердловину без зняття ротора трубами діаметром 377мм.

Для оперативності та полегшення праці бурильника буровий насос та ротор вмикають за допомогою пневмомуфт, фрікціона та гальма лебідки мають пневмоприскорювачі, що вмикаються шарнірними ричагами, зчеплення двигунів автошасі та силових блоків вижимається пневмокамерою (камерою гальмування) та поєднано з протизатаскувачем талевого блоку. Живлення пневмосистеми здійснюється від компресора автошасі або аварійного компресора.

У поста бурильника з концентровано пневмо-, гідро- та механічне управління агрегатом.

Засобами механізації служать: гідророзкріплювач, пристрій для розгвинчування бурильних труб діаметром 73мм ротору, пристрій для виносу штанги, вантажопідйомне обладнання для ремонтних робіт, пристрій для продувки маніфольда повітрям, допоміжна катушка, механізм для буріння шурфу, що змонтований на щоглі гідравлічний механізм подачі, ручний насос для заправки.

Механізм подачі гідравлічний, змішувач гідравлічний, механізм для буріння шурфу та насосно-силовий блок у комплекті не обов'язкові.

Для реєстрації натягіння нерухомого кінця талевого канату передбачений гідравлічний індикатор ваги ГИВ-6-11, що складається з показника тиску, прес-бачка з арматурою, самописного манометру (реєстратор) змонтованих на щиті, та трансформатору тиску, закріпленого на канаті.

При необхідності комплект обладнання бурової установки можна змінювати враховуючі технологічні параметри [27].

4.5 Вертлюг і талевий блок

У складі бурової установки 1БА15В використовується вертлюг моделі БА5-33сб – це ключовий елемент, який виконує дві важливі функції. По-перше, через вертлюг подається промивна рідина (вода або буровий розчин) безпосередньо до забою свердловини. Це забезпечує охолодження і очищення долота, а також виведення вибуреної породи назовні. По-друге, вертлюг підтримує обертання бурильних труб, дозволяючи передавати крутний момент від ротора до долота, при цьому забезпечуючи герметичність подачі рідини.

Талевий блок – це механізм, призначений для підйому і опускання бурильних труб, обсадних труб та інших інструментів у свердловину. Він складається з системи блоків (шківів) і канатів, що дозволяє значно зменшити зусилля, необхідне для спуско-підйомних операцій. Завдяки талевому блоку забезпечується безпечне і ефективне керування трубами, а також утримання їх у потрібному положенні на висоті.

Основні технічні параметри цих вузлів – діаметри, вантажопідйомність, максимальна швидкість обертання, робочий тиск промивної рідини тощо – наведені в таблицях 4.5 (для вертлюга) і 4.6 (для талевого блоку). Ці характеристики визначають продуктивність та надійність роботи бурової установки.

4.6 Бурове обладнання та інструмент

Буровий інструмент для обертального буріння поділяється на кілька основних видів: робочий інструмент, який безпосередньо руйнує породу – це

Таблиця 4.5 - Параметри вертлюга [16]

Шифр вертлюга	Де застосовується	Вантажопід'ємність, т	Максимальна частота обертання, об/хв	Максимальний тиск, кгс/см ²	Діаметр прохідного отвору, мм	Приєднувальна різьба ствола	Габаритні розміри, мм	Вага, кг
БА5-33сб (ВР2-20)	1БА15В	20	500	100	33	3-76 ліва ГОСТ 5286-75	1465х430х х410	249

Таблиця 4.6 - Параметри талевого блоку [16]

Шифр талевого блоку	Де застосовується	Вантажопід'ємність, т	Кількість шківів, шт.	Діаметр шківу за жолобом, мм	Діаметр канату, мм	Габаритна розміри, мм	Вага, кг
БА15-34сб	1БА15В	20	2	315	18	1382х408х280	199

долото, а також желонка, що витягує вибурену породу на поверхню; інструменти для складання бурового снаряду, які допомагають з'єднувати долото з іншими частинами бурильного обладнання (ударна штанга, ножиці, канат та канатний замок); інструменти для роботи з трубами – спеціальні ключі, хомути, забивні голівки та інше обладнання для монтажу й демонтажу бурильних труб; ловильний інструмент – використовується для вилучення застряглого обладнання або уламків зі свердловини.

Для руйнування порід зазвичай застосовують трьохшарошечні долота. Вони складаються з трьох конусних шарошок, які під час обертання розбивають породу.

Існує кілька типів доліт залежно від твердості порід: долота типу **С** підходять для середньотвердих і малоабразивних порід; для твердих абразивних порід використовують долота типу **ТКЗ**, у яких шарошки посилені зубцями з твердого сплаву для більшої зносостійкості; долота типу **К** призначені для особливо міцних та абразивних порід і мають одноконусні шарошки з твердосплавними зубцями.

Для ідентифікації доліт застосовується кольорове маркування: долота типу **С** мають синій колір, а типу **К** – червоний

Не можна зберігати долота на відкритих площадках та навалом; скидувати долота на металеві предмети, підтаскувати волоком, ударяти по корпусу або використовувати при навінчуванні та згвинчуванні захват на шарошки.

Перед загвинчуванням долота для спуску до свердловини бурильник повинен: перевірити різьбу та справність долота зовнішнім оглядом; перевірити окна і насадки для промивки; заміряти номінальний і максимальний діаметри долота кільцем-шаблоном та перевірити з клеймом на долоті; змастити різьбу долота графітовою змазкою; перевірити обертання шарошок та їх люфт; перевірити озброєння робочих органів долота.

Перед спуском долота перевіряють та очищують канали промивки та різьбу. Спуск долота в свердловину виконують плавно з лебідки. При заклинюванні долота спуск слід здійснювати з проробкою та промивкою. Проробку

ствола свердловини здійснюють при плавній подачі інструменту та навантаженні на долото не більше $1/3$, передбаченому геолого-технічним нарядом. Спуск долота на останній свічі (трубі) виконують з проробкою. Буріння та проробка до відновлення циркуляції промивної рідини не рекомендується [16, 17, 18].

Буріння шарошечним долотом слід починати з приробки протягом 5-10 хв при осьовому навантаженні до 1 тс. При бурінні в'язких порід не слід допускати утворення сальників, які характеризуються різким збільшенням крутного моменту та підвищенням тиску промивної рідини в лінії нагнітання бурового насосу. Сальник рекомендується збити шляхом припідймання та різкого опускання інструменту. Вібрація інструменту часто свідчить про заклинювання шарошок. Це підтверджується зупинкою або різким зниженням проходки [16, 17, 18].

Перед підйомом долота свердловину промивають. При проході долота до башмака обсадної колони швидкість інструменту понижують. Після підйому долото оглядають, визначають ступінь зношення робочих органів, зміну діаметра долота, стан опор тощо. Результати фіксуються в буровому журналі [16, 17, 18].

При бурінні свердловини на воду слід застосовувати сталі безшовні бурильні труби нафтового сортаменту за ГОСТ 631-75, виготовлені довжиною 11,5 м при умовному діаметрі 73 мм [16, 17]. Труби між собою з'єднують за допомогою замків [29].

Ведучі труби призначені для передачі обертання через ротор бурового станка бурильній колоні. При бурінні свердловини на воду використовують ведучі труби квадратного перерізу. Випускаються ведучі труби у двох варіантах: збірні (складаються з трьох деталей) і цільні.

Збірні конструкції складаються з: власне труби (штанги), верхнього перехідника (ПШВ) для з'єднання ведучої труби з вертлюгом-сальником, нижнього перевідника (ПШН) для з'єднання з бурильною колоною.

Перехідники для бурильних труб призначені для з'єднання окремих частин бурильної колони між собою та приєднання до неї інструмента з різною різьбою. Розміри різьби перехідників відповідають замковій різьбі замків для бурильних труб за ГОСТ 5286–75.

При бурінні з бурової установки 1БА15В застосовують бурильні труби діаметром 73 мм. Для створення осьового тиску на забій у комплект бурових колон включають обважені бурові труби (ОБТ). Слід використовувати ОБТ діаметром 203 мм [16, 17]. З'єднання складових елементів бурової колони здійснюють за допомогою набору перехідників.

Для спуско-підйомних операцій застосовують допоміжний інструмент, що складається з елеваторів для захвату і утримання бурильних, обсадних труб та ключів.

При ліквідації аварій використовують ловильні трубні позначки з спеціальними направляючими колоколами, забійні фрези, магнітні ловителі, домкрати.

4.7. Кріплення стінок свердловини

Стінки свердловини кріплять шляхом спуску обсадних труб і цементування затрубного простору. При роторному бурінні здебільшого використовують суцільнотягнені труби довжиною 6–13 м. У нашому випадку, через обмежену висоту щогли бурової установки, застосовуються труби довжиною 6–9 м, переважно 9 м.

Для надання жорсткості нижньому кінцю колони та полегшення її спрямування при спуску застосовують черевики з товстостінних сталевих патрубків із напрямними пробками. Внутрішній діаметр черевика відповідає внутрішньому діаметру труби, а зовнішній – зовнішньому діаметру муфти.

Черевики виготовляють із муфтової заготовки довжиною 250–400 мм. З внутрішнього боку нижнього кінця черевика знімають фаску, а зовні – роблять невеликий скіс для полегшення спуску.

Напрямні пробки можуть бути чавунними, дерев'яними або бетонними. Чавунні пробки вгвинчують у нижню частину черевика. Дерев'яні пробки виготовляють круглої, загостреної або хрестоподібної форми, останні використовують для коротких колон великого діаметру (понад 325 мм). Бетонні пробки виготовляють з високоякісного цементу та гравію фракції 2–3 мм. Їх монтують за кілька днів до спуску [16, 17].

Для розвантаження бурового обладнання при спуску важких колон використовують зворотні тарілчасті клапани з чавуну, які монтують у муфті між трубами й приварюють. Клапан встановлюють у нижній частині колони, безпосередньо над черевиком.

Під час цементації застосовують упірне стоп-кільце – чавунну шайбу товщиною 15–20 мм, яка встановлюється у муфті над черевиком і служить обмежувачем для цементувальних пробок.

Підготовка до спуску обсадної колони. Усі підготовчі роботи проводять перед перевіркою свердловини або останнім її промиванням. Обсадні труби доставляють на бурову за 1–2 дні до спуску. Перед використанням їх перевіряють на кривизну, овальність та стан різьби [16, 17].

Для перевірки кривизни та овальності використовують шаблон – два металеві диски, з'єднані між собою на відстані 400–500 мм. Їхній діаметр на 3–5 мм менший за внутрішній діаметр труб. Шаблон проходить усередині кожної труби вільно.

Різьблення на трубах і муфтах очищають щіткою, промивають гасом і змащують графітним мастилом. Незначні пошкодження згладжують напилком. Після очищення на труби тимчасово нагвинчують запобіжні кільця й ніпелі, які знімають перед спуском.

Кожну трубу вимірюють сталеву рулеткою, маркують її довжину та порядковий номер, які також вносять до спеціальної відомості. Труби укладають у штабель біля бурової установки в порядку спуску: перші номери зверху, останні – знизу. Рекомендується мати 2–3 труби в резерві.

Черевик із пробкою закріплюють на першій трубі й приварюють. При наявності зворотного клапана або стоп-кільця, їх також приварюють після монтажу.

Також перевіряють стан обладнання: вежі, щогли, кронблока, талевого блоку, гака, сталевих канатів, індикатора ваги, а також підготовляють комплект ключів, елеваторів, стропів, канатів та мастила.

На висоті, що відповідає довжині обсадних труб, влаштовують робочу площадку для робітника, який згвинчує труби.

Підготовка свердловини до спуску обсадної колони. Для усунення нерівностей на стінках свердловини ретельно проробляють і промивають. Проробку виконують новим шарошечним долотом діаметром 151 мм (як і попереднє долото), із застосуванням розширювача або центратора. Швидкість проробки не має перевищувати 25–30 м/год.

Після проробки проводять промивку доти, доки параметри рідини, що виходить із свердловини, не відповідатимуть технічним вимогам. Вміст твердих часток у розчині має бути не більше 2–3%.

Для буріння свердловини на воду рекомендують використовувати сталі обсадні труби діаметром 219, 324 мм. При телескопічній конструкції свердловини колони чергують не менше ніж через один діаметр труб, тобто 219 – 273 – 324 (табл. 4.7) [16, 17].

Таблиця 4.7 - Основні розміри бурильних труб і муфт до них [16, 17, 25, 29]

Умовний діаметр труби, мм	Труба				Муфта		
	Зовнішній діаметр, мм	Товщина стінки, мм	Внутрішній діаметр, мм	Вага 1м, кг	Зовнішній діаметр, мм	Довжина, мм	Вага, кг
219	219,1	8,9	201,3	46,3	244,5	196	16,2
324	323,9	9,5	304,9	73,6	351	203	23,4

4.8. Тампонування свердловини

Тампонування свердловини виконується з метою ізоляції експлуатаційного водоносного горизонту від інших, непридатних для використання, а також для запобігання його забрудненню поверхневими водами. Крім того, тампонування затрубного простору сприяє захисту сталевих обсадних труб від корозії.

У рамках проєктування свердловини біля с. Червоноіванівка передбачається розкриття безнапірного водоносного горизонту типу верховодки, що залягає у нерозчленованих нижньо- та верхньочетвертинних еолово-делювіальних відкладах. Цей горизонт не використовується для цілей водопостачання. Враховуючи його залягання у суглинках, тампонування здійснюється методом цементування затрубного простору високоякісним портландцементом марок 500–600 (відповідно до ГОСТ 1581–78), який класифікується як тампонажний. Будівельний портландцемент марок 400–500 застосовується переважно для цементування направляючих труб на етапі забурювання свердловини [30, 31, 32].

Тампонажний цемент відрізняється високою стійкістю до механічних навантажень. Щільність сухого цементу становить $3,05\text{--}3,20\text{ г/см}^3$; для розрахунків приймається середнє значення – $3,15\text{ г/см}^3$ [30].

Співвідношення води та цементу в розчині визначається водоцементним фактором, який відображає масове відношення води до сухого цементу в одиниці об'єму розчину. Зазвичай застосовуються розчини з водоцементним фактором у межах $0,4\text{--}0,5$ [30].

Час початку схоплювання тампонажного цементу у прісній воді становить приблизно 3 години, а завершення – через 6 годин після цементації [30].

Для скорочення часу твердіння цементу використовуються каталізатори, зокрема хлористий натрій (NaCl) і хлористий кальцій (CaCl_2), які додаються до розчину у розчиненому вигляді в кількості $1\text{--}2\%$ від маси сухого цементу. Приготування цементного розчину повинно здійснюватися безпосередньо пе-

ред його використання, щоб уникнути передчасного схоплювання під час нагнітання у свердловину. Розчин готується у бетонозмішувачах або спеціалізованих цементовочних агрегатах, змонтованих на машині. Ручне приготування застосовується лише у випадках, коли необхідна невелика кількість розчину, наприклад, при башмачній заливці [30, 31].

У проєкті передбачається виконання тампонування малопотужного водоносного горизонту (максимальна потужність – 5 м) та цементування забою, тому розчин буде готуватися вручну.

Башмачне цементування виконується для ізоляції призабійної частини обсадної колони шляхом закачування цементного розчину у затрубний простір на висоту 2–3 м [16, 31]. Закачування здійснюється буровим насосом через заливні труби. Обсадна колона при цьому утримується підвішеною на висоті 3–5 м над забоєм. Після завершення закачування заливні труби припіднімають над рівнем цементного розчину, промивають водою та витягують із свердловини [16, 30, 31].

Після цього обсадна колона опускається на забій і залишаються в спокої приблизно на добу [16, 30, 31]. Після затвердіння цементу пробка у трубах розбурюється, і буріння продовжується.

Цементування затрубного простору під тиском проводиться за допомогою цементовочного агрегату у випадках, коли необхідно підняти цементний розчин на значну висоту – навіть до гирла свердловини.

Цементовочний агрегат включає в себе: водяний насос, насос для нагнітання цементного розчину і технічної води, мірний бак, обв'язку насосів, розбірний металевий трубопровід для з'єднання агрегату зі свердловиною, гідравлічний цементозмішувач (воронку), бачок для цементного розчину.

Конструкція стовбура свердловини залежить від обраного способу буріння та гідрогеологічного розрізу. Питомі витрати цементу залежно від діаметра обсадних колон наведено у табл. 4.8 [30].

Таблиця 4.8 - Необхідні розміри долот при роторному бурінні та потреба цементу на 1м позатрубного простору

Зовнішній діаметр обсадної колони, мм	Розмір долота, мм	Маса сухого цементу, кг
219	295	37
324	394	43

Позатрубний простір у свердловинах роторного способу буріння слід цементувати. Орієнтовна потрібна загальна вага сухого цементу становить – $(26,2 \cdot 43 + 27,5 \cdot 37) = 1126,6 + 1017,5 = 2144,1$ кг. Відповідний об'єм позатрубного простору ($W_{з.п.}$) складе

$$W_{з.п.} = [(3,14 \cdot 0,3937^2 / 4) - (3,14 \cdot 0,3239^2 / 4)] \cdot 26,2 + [(3,14 \cdot 0,2953^2 / 4) - (3,14 \cdot 0,2191^2 / 4)] \cdot 27,5 = (1,03 + 0,85) \approx 2 \text{ м}^3$$

4.9 Технологічні параметри режиму буріння роторним способом з прямою промивкою

Процес буріння полягає у механічному руйнуванні порід буровим снарядом, що обертається, та виносі шламу, який утворюється, за допомогою промивної рідини. У міру заглиблення свердловини буровий снаряд нарощується бурильними трубами.

Продуктивність механічного буріння залежить від технологічного режиму, який включає такі основні параметри: осьове навантаження; частоту обертання снаряда; витрати промивної рідини.

Режим буріння підбирається відповідно до фізико-механічних властивостей порід, які проходять бурінням, а також залежно від діаметра та глибини свердловини.

Осьове навантаження визначає силу, що прикладається по осі до бурового породоруйнівного снаряда [16, 17,31]. Осьове навантаження, що припадає на 1 см діаметра породоруйнівного інструменту, називається питомим навантаженням.

Осьове навантаження на долото регулюється залежно від типу порід, що буряться, типу долота та ступеня його зносу. На початку буріння, коли долото ще не припрацьоване, питоме осьове навантаження для шарошечних доліт повинно бути менше 2 кН. Процес приробітки долота триває протягом 10–20 хвилин буріння. Після цього навантаження на долото збільшують до рекомендованого значення залежно від категорії порід за буримістю.

Осьовий тиск для трьохшарошечних доліт не повинен перевищувати 2–2,5 т на кожні 25,4 мм діаметра [16, 17,31]. При проходженні контактів порід або тріщинуватих зон тиск необхідно зменшувати щонайменше вдвічі.

Повне осьове навантаження (кН) розраховують за формулою

$$P=qD, \quad (4.4)$$

де q – питоме осьове навантаження на 1 см діаметра долота, кН/см;

D – діаметр долота, см; відповідно до даних 39, 30, 15 см.

Осьове навантаження при бурінні установками роторного типу створюється обваженими бурильними трубами (ОБТ) діаметрами 146, 178, 203 мм та вагою 1 п.м. відповідно 97, 156, 192 кг [16, 17,31].

Довжина колони труб ОБТ визначається за формулою

$$l = \frac{1,25 \cdot P}{m \cdot (1 - \frac{\gamma_p}{\gamma_t})}, \quad (4.5)$$

де m - вага 1 п.м ОБТ, кг або кН (1 кг=100 кН);

γ_p, γ_t - щільність розчину та матеріалу труб, т/м².

Результати розрахунку за формулою (6.1) повного осьового навантаження наведені на рис. 6.1 (лист 1):

$$P_{393,7\text{мм}}^{\text{III}} = 1,5 \cdot 39 = 58,5 \text{кН},$$

$$P_{295,3\text{мм}}^{\text{IV}} = 2,0 \cdot 30 = 60 \text{кН},$$

$$P_{151\text{мм}}^{\text{VIII}} = 4,0 \cdot 15 = 60 \text{кН}.$$

Довжина колони ОБТ за формулою (6.2) становить

$$l = \frac{1,25 \cdot 60}{0,97 \cdot (1 - \frac{1,0}{7,8})} = 44 \text{м}.$$

На початку буріння, коли глибина свердловини незначна, створити розрахункове осьове навантаження на буровий інструмент (ОБТ) практично неможливо. У таких випадках використовують бурильні труби значно більшого діаметра з їх подальшим заповненням чавунною або свинцевою дроб'ю для збільшення ваги та навантаження на долото.

Вибір режиму буріння залежить від фізико-механічних властивостей порід та умов їх залягання. Частота обертання бурового снаряда визначається частотою обертання ротора бурової установки за одиницю часу. Частоту обертання ротора зменшують зі збільшенням діаметра долота, зменшенням діаметра бурильних труб, підвищенням абразивності порід, переходом від порід меншої твердості до більш твердих, а також при бурінні тонких шарів, що чергуються. Кількість обертів долота знижують зі збільшенням глибини свердловини та при переході з м'яких порід у тверді.

Абразивні породи проходять із більшим тиском на вибій та з пониженою частотою обертання долота [16, 17,31].

Сучасні бурові установки, як правило, мають три прямі та одну зворотну частоту обертання ротора. Оптимальна частота обертання бурового снаряда

становить 198–300 об/хв, що дозволяє досягти найкращих результатів буріння. Для шарошечних доліт при роботі в м'яких породах рекомендована частота обертання становить 150–240 об/хв. Тому при бурінні свердловин на воду доцільно використовувати максимально допустимі частоти обертання ротора [32, 37].

Витрата очисного агента – це об'єм промивної рідини (зазвичай води), що подається на вибій свердловини за одиницю часу (секунду, хвилину). Промивна рідина призначена для: виносу частинок породи, що розбурюється; очищення вибою свердловини; охолодження породоруйнівного інструменту; підтримання стійкості стінок свердловини, особливо при бурінні в рихлих породах [28, 37].

Чим більша витрата промивної рідини, тим вища швидкість висхідного потоку в затрубному просторі, що забезпечує інтенсивніше очищення вибою від шламу та ефективнішу роботу долота.

За недостатньої подачі рідини (низької швидкості висхідного потоку) великі частинки породи не виносяться на поверхню, а осідають на вибій. У результаті зубці долота не заглиблюються в породу, а лише розмелюють шлам до дрібних фракцій, що різко знижує механічну швидкість буріння. Під час буріння свердловин на воду швидкість висхідного потоку промивної рідини повинна становити не менше ніж 0,8 м/с [31].

Якщо насос не забезпечує достатньої подачі промивної рідини, для досягнення потрібної швидкості висхідного потоку буріння здійснюють з меншим осьовим навантаженням, періодично промиваючи вибій протягом кількох хвилин без поглиблення свердловини – тобто при холостому обертанні бурового снаряда.

Необхідна продуктивність насоса, що утворить достатню швидкість циркуляції глинистого розчину у свердловині, визначається за формулою

$$Q=vf, \quad (4.6)$$

де Q – витрата насосу, м³/с;

$v=0,8$ м/с – швидкість потоку промивної рідини, м/с;

f – площа кільцевого перерізу свердловини, м², яка визначається за формулою

$$f=0,785 \cdot (D_{max}^2 - d_{н. max}^2), \quad (4.7)$$

де D_{max} – найбільший діаметр свердловини телескопічної конструкції, м;

$d_{н. max}$ – відповідний зовнішній діаметр бурових труб, м.

$$f=0,785 \cdot (0,394^2 - 0,324^2)=0,039 \text{ м}^2.$$

$$Q=0,8 \cdot 0,039=0,032 \text{ м}^3/\text{с}=32 \text{ л/с}=115,2 \text{ м}^3/\text{год}.$$

За каталогом насосів підбираємо буровий вертикальний напіваглибний динамічний насос СД 160/456, призначений для перекачування рідини щільністю до 1050 кг/м³, температурою до 80°C, з вмістом абразивних часток за об'ємом не більше 1%, розміром до 5 мм. Розмір прохідного перерізу повинен бути не менше 54 мм [16, 17, 31].

У процесі буріння свердловини в щільних та стійких породах як промивну рідину застосовують технічну воду. Основною перевагою використання води є її здатність підвищувати механічну швидкість буріння, зменшувати знос доліт, бурових труб, насосів та іншого обладнання, а також уникати глинизації водоносних горизонтів, що підлягають експлуатації. Це, в свою чергу, забезпечує ефективне освоєння водоносного шару.

Однак, застосування промивної води має і певні недоліки. Зокрема, вона розмиває рихлі та нестійкі породи, що може спричинити обвалення стінок свердловини і прихвати бурового снаряду. Крім того, при зупинках буріння виникає потреба у постійному підливанні води для підтримання рівня у свердловині.

Головною умовою ефективного буріння з використанням води є забезпечення достатньої швидкості циркуляції промивної рідини у затрубному просторі з метою виносу вибуреної породи на поверхню. У разі виникнення прихватів долота збільшують подачу води до свердловини або здійснюють періодичну промивку при холостому обертанні бурового снаряду без заглиблення.

У випадках припинення виходу промивної води на поверхню (порушення циркуляції), буріння продовжують лише за умови, що вся або більша частина шламу поглинається разом з водою через тріщини та каверни. При цьому необхідно безперервно подавати воду в достатній кількості безпосередньо на вибій [16, 17, 31].

У разі накопичення шламу на вибої буровий снаряд періодично підіймають і проводять очищення забою желонкою або прокачкою ерліфтом.

Під час буріння м'яких порід витрата промивної рідини має бути більшою, ніж при бурінні твердих. Максимальний об'єм промивної рідини повинен становити не більше двох геометричних об'ємів стовпа свердловини.

У суглинках з підвищеною в'язкістю та пластичністю, а також у первинних каолінах, буріння рекомендується здійснювати трьохшарошечними долотами типу С при питомому навантаженні: у суглинках – 1,5 кН, у первинних каолінах – 2 кН. Частота обертання бурового снаряду відповідно $4,0 \text{ с}^{-1}$ та $3,3 \text{ с}^{-1}$. Витрата промивної рідини – 7 л/с та 6 л/с відповідно.

У таких умовах можлива механічна швидкість буріння до 2–2,5 м/год [16, 31].

При проходженні водоносних горизонтів у стійких тріщинуватих скельних породах дозволяється часткове або повне поглинання промивної рідини. У твердих та абразивних породах (наприклад, гнейсах) буріння виконують трьохшарошечними долотами типу К при таких параметрах: питомому навантаженні – до 4 кН, максимальному осьовому навантаженні – до 5 кН, частоті обертання – $1,6 \text{ с}^{-1}$, витраті промивної рідини – 5 л/с [16, 25].

У цьому випадку очікувана механічна швидкість буріння складає близько 0,3 м/год [16, 25].

У потужних пластах суглинків та глин внаслідок циркуляції технічної води та змішування її з глинистими частками формується природний глинистий розчин, що також сприяє підтриманню стінок свердловини.

4.10. Розрахунок об'єму промивної рідини

Буріння свердловини роторним способом з прямою промивкою технічною водою виконують у породах з різним ступенем тріщинуватості, кавернозних і монолітних, із повним або частковим поглинанням промивної рідини [28].

Застосування води для промивки зменшує зношування шарошечних доліт і витрати запасних частин до бурових насосів.

Після буріння з водяною промивкою вся верхня частина стовбура свердловини закріплюється обсадною колоною труб з підчеревичною позатрубною цементацією для запобігання обвалу стінок свердловини після поглинання, що спостерігається під час буріння в твердих тріщинуватих породах.

При бурінні з промивкою струмінь води, що нагнітається грязьовим насосом крізь бурильні труби і долото на забій, підіймає вибурені частки породи та виносить їх у тріщини, тим самим очищуючи забій свердловини від шламу.

При великому тиску долота на забій або при осипанні часток породи зі стінок свердловини іноді накопичуються великі частки шламу, які не виносяться промивною рідиною у тріщини. У таких випадках необхідно періодично виконувати очищення забою свердловини ерліфтом.

Під час вимушеної зупинки роботи грязьового насоса та припинення подачі промивної рідини до свердловини буровий інструмент повинен бути негайно піднятий із забою [28]. Перед підйомом бурового інструмента необхідно ретельно промити забій свердловини для його очищення від шламу.

Відновлення водовіддачі горизонту при бурінні з водяною промивкою рекомендується здійснювати ерліфтом із зануренням водопідйомних труб до

підосви водоносного горизонту. Це забезпечує інтенсивне виведення шламу, що осів у тріщинах або кавернах породи.

Максимальний об'єм промивної рідини повинен становити не менше ніж два об'єми стовбура бурової свердловини. Його розраховують, виходячи з подвоєного об'єму свердловини та додаткових втрат рідини у кількості 10% на поглинання [16, 28].

$$W=2,2 \cdot V=2,2 \cdot (\pi d_{\text{св}}^2/4)L, \quad (4.8)$$

де V – об'єм свердловини, м^3 ;

$d_{\text{св}}$ – діаметр свердловини, м;

L – ділянка ствола свердловини відповідного діаметру свердловини, м.

$$W=2,2[(3,14 \cdot 0,3937^2/4)26,2 + (3,14 \cdot 0,2953^2/4)27,5 + (3,14 \cdot 0,151^2/4)11]=2,2(3,2+1,2+0,2)=10,12 \text{ м}^3 \approx 11 \text{ м}^3.$$

5. РОЗКРИВАННЯ ТА ОСВОЄННЯ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТУ

Освоєння свердловини є завершальним етапом її спорудження та включає комплекс заходів, спрямованих на відновлення водовіддачі водоносного шару, яка була порушена в процесі буріння [33].

У даному проєкті передбачено виконання освоєння за допомогою ерліфта, оскільки цей метод забезпечує максимальну подачу води, створює високі швидкості руху в зоні інтенсивної водовіддачі та ефективно очищує стінки фільтра і привибійну зону пласта від шламу і дрібнодисперсних частинок.

Проєктом передбачено буріння свердловини до глибини 73 м роторним способом із промиванням водою. Застосування водяного розчину для промивки дозволяє уникнути глинизації водоносного горизонту, що підлягає експлуатації, та зберегти його природні фільтраційні властивості.

5.1. Проведення дослідних відкачок

Відкачки зі свердловин здійснюються з метою очищення води від сторонніх домішок, піску та каламутності, для випробування свердловини, визначення її дебіту та підготовки до сталого функціонування [12, 33]. Відкачування повинне тривати до повного освітлення води при стабільному режимі потоку, тобто за умов сталого зниження рівня води та стабільного дебіту.

Відкачки зі свердловин, що розкривають напірні водоносні горизонти, поділяються на дві стадії :

1. Попередня відкачка – здійснюється з максимально можливою продуктивністю до повного освітлення води незалежно від тривалості процесу.
2. Дослідна та пробно-експлуатаційна відкачка – проводиться для визначення залежності дебіту від зниження рівня. Тривалість дослідної відкачки не

повинна перевищувати 4 години на кожне пониження, а пробно-експлуатаційної – 8 годин, за умови сталих рівня та дебіту. За наявності двох понижень і при достатній вивченості водоносного горизонту, особливо якщо останній складається з високофільтраційних порід, тривалість відкачки може обмежуватись однією зміною [17, 33].

Тривалість відкачки з безфільтрової свердловини, водоприймальна частина якої складена тривкими скельними породами, як правило, є меншою, ніж із свердловини з фільтром або з каверною у дрібнозернистих пісках. За великого питомого дебіту тривалість відкачки буде меншою, ніж за його низьких значень. У породах із високою водопроникністю стабільний режим припливу досягається швидше, оскільки депресійна воронка формується оперативніше.

Безперервність процесу є однією з основних вимог під час відкачок. Перерви допускаються лише під час переходу між щаблями зниження. Якщо ж відкачку зупинено через технічні несправності на понад одну годину, особливо при розкритті безнапірних вод, її слід повторити з початку [17, 33].

Величина пониження визначається ступенем багатоводності горизонту та потужністю насосного обладнання. При відкачках необхідно задаватися як дебітом, так і відповідним пониженням. Точне попереднє визначення пониження залежить від ступеня вивченості горизонту.

Незалежно від типу свердловини, конструктивних особливостей водоприймальної частини, складу та потужності горизонту, величина пониження при випробуваннях має відповідати наступним умовам [17, 19, 33]:

1. Мінімальна величина кожного ступеня зниження – не менше 1 м (для зменшення відносної похибки у вимірюваннях рівня та уникнення завищення питомого дебіту).

2. Максимальне зниження (2–3 щаблі) – 0,2–0,3 висоти незниженого стопа води, якщо свердловина працює при великому зниженні рівня (0,5–0,6 висоти).

3. Максимальне зниження при відкачці – не менше 0,3 від передбаченого зниження при експлуатації, якщо воно є невеликим.

Ці умови не виключають можливості проведення відкачки з пониженням, що дорівнює або перевищує експлуатаційне. Рекомендовані значення різниці понижень для різних типів водоносних горизонтів [6, 24, 25]: скельні сильнотріщинуваті, галечниково-гравійні породи, питомий дебіт $\geq 15\text{--}20$ м³/год – різниця між пониженнями 1,5–2,0 м; напівскельні сильнотріщинуваті породи (крейда, мергель), гравійно-піщані, питомий дебіт 5–15 м³/год – 2,0–3,0 м; скельні, напівскельні слабо тріщинуваті, середньо- та дрібнозернисті піски, питомий дебіт ≤ 5 м³/год – 3,0–5,0 м.

При визначенні максимального зниження під час експлуатації необхідно враховувати:

1. Для **недосконалих свердловин** – не перевищувати 40% глибини розкриття горизонту;
2. Для **напірних водоносних горизонтів** – не допускати зниження рівня нижче покрівлі водотривкого шару.

Кількість понижень залежить від виду та мети відкачки, проектного дебіту, максимальної потужності насосного обладнання та гідрогеологічної вивченості району. У районах із добре вивченими багатоводними горизонтами дозволяється пробно-експлуатаційна відкачка з одним пониженням, якщо отриманий дебіт відповідає проектному або перевищує його. Такі умови характерні для Криничанського району, де водозабір для села Червоноіванівка планується з горизонту, складеного стійкими тріщинуватими гнейсами.

Продуктивність пробно-експлуатаційної відкачки визначається розрахунком водоспоживання об'єкта. Бажано, щоб максимальна продуктивність відповідала або перевищувала проектну. Якщо цього досягти неможливо, мінімальний дебіт повинен становити не менше 40% проектного, що забезпечує достовірність розрахунків дебіту за існуючими методиками.

Спосіб створення пониження визначається положенням статичного рівня та типом насоса. Для кожного пониження фіксується відповідний дебіт свердловини, що вимірюється відповідними методами.

5.2. Розрахунок ерліфту

У порівнянні з іншими глибинними насосами ерліфт має як переваги, так і недоліки. До основних переваг належить відсутність рухомих частин у свердловині, що забезпечує високу надійність у роботі, а також можливість відкачування води з вмістом піску. Водночас ерліфт характеризується низьким коефіцієнтом корисної дії та потребує високого стовпа води у свердловині для ефективної роботи [17, 31, 33]. Ерліфт використовується переважно для підйому води лише до поверхні землі – у збірний резервуар.

Існують три основні схеми розташування труб ерліфта: паралельна (труби розміщуються поруч) та дві концентричні [17, 31, 33]. З огляду на те, що паралельна схема є доцільнішою для використання, а діаметр свердловини дозволяє її застосування, обираємо саме цю схему (рис. 5.1).

Повна установка ерліфта складається з таких основних елементів: повітряного компресора з електродвигуном і повітрозбірником, повітропроводу, який подає повітря у свердловину, водопідйомних труб зі змішувачем та приймального бачка [17, 31, 33]. Діаметр отворів у повітряній трубі приймається рівним 3 мм, при цьому відстань між отворами становить 8 мм по горизонталі та 18 мм по вертикалі [17, 31, 33].

Регулювання продуктивності ерліфта під час дослідних відкачувань здійснюється в межах 10–15 % за допомогою засувки, встановленої на водопідйомній трубі. Додаткове регулювання можливе шляхом зміни глибини занурення повітряної труби або регулювання кількості повітря, що подається компресором.

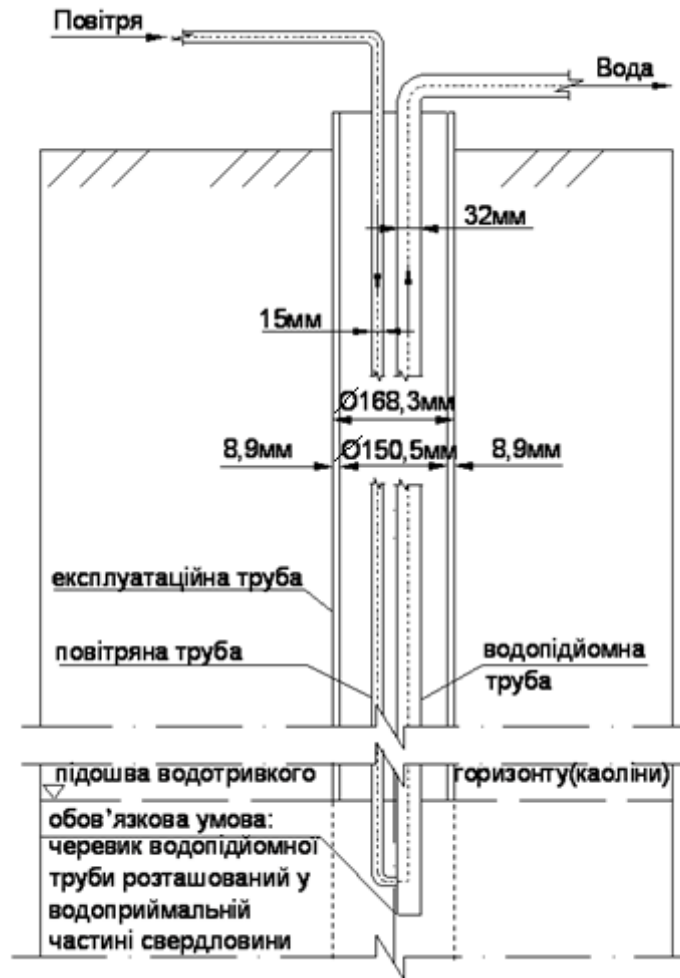


Рисунок 5.1. – Схема розташування труб ерліфта паралельна [33].

Розрахунок ерліфту ведемо в табличній формі (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Розрахунок ерліфту [21]

Послідовність розрахунку	Елементи розрахунку	Одиниці виміру	Формула та позначення	Кількість
1	2	3	4	5
1	Глибина свердловини	м	Γ	72
2	Глибина статичного рівня води від рівня виливу	м	h_0	42
3	Глибина динамічного рівня води від рівня виливу	м	h	49,8
4	Висота рівня виливу над поверхнею землі	м	a	1
5	Глибина занурення форсунки від рівня виливу	м	$H=K_h$	99,6
6	Питома витрата повітря на 1 м^3 піднятої води при паралельному розташуванні труб ерліфта	$\text{м}^3 \text{ повітря} / \text{м}^3 \text{ води}$	$v_0 = h_c \cdot \log_{h_K} \frac{1}{1+1010}$	5,8

Продовження табл. 7.1

1	2	3	4	5
7	Дослідний коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта занурення		C	11
8	Розрахункова витрата води	$\text{м}^3/\text{год};$ $\text{м}^3/\text{с}$	$Q;$ Q_1	10,35; 0,002875
9	Повна витрата повітря	$\text{м}^3/\text{хв}$	$W=Q \cdot v_{060}$	1,0
10	Пусковий тиск повітря	ат	$p_0=0,1(Kh-h_0+2)$	5,8
11	Робочий тиск	ат	$p=0,1[h(K-1)+5]$	5,5
12	Витрата суміші безпосередньо вище форсунки	$\text{м}^3/\text{с}$	$q_1=Q_1+ Wp-160$	0,0066
13	Витрата суміші при виливі	$\text{м}^3/\text{с}$	$q_2=Q_1+ W60$	0,0195
14	Площа перетину водопідйомної труби у форсунці	м^2	$w_1= q_1 v_1$	0,0025
15	Площа перетину водопідйомної труби при виливі	м^2	$w_2=q_2 v_2$	0,0028
16	Внутрішній діаметр водопідйомної труби при паралельному розташуванні труб вище форсунки	мм	$d=4w_1$	32
17	Внутрішній діаметр водопідйомної труби при виливі	мм	$d=4w_2$	32
18	Діаметр повітряних труб	мм	d_1	15
19	Розташування повітряних труб паралельне			
20	Внутрішній діаметр обсадних труб	мм	D	150,5
21	Продуктивність компресора	$\text{м}^3/\text{хв}$	$W_k=(1,1-1,2) \cdot W$	1,1
22	Робочий тиск компресора	ат	$p_k=p+ \sum p$	6,5
23	Розрахункова потужність на валу компресора	кВт	$N_k=N_0 \cdot W_k \cdot p_k$	7,9
24	Фактична потужність на валу компресора	кВт	$N_e=1,25 \cdot N_k$	9,8

Повітрозбірник застосовується для регулювання роботи насоса, охолодження стисненого повітря, збирання стисненого повітря, що відділяється з мастила. Оскільки в даному випадку витрата повітря становить менше $6\text{м}^3/\text{хв}$, передбачаємо повітрозбірник об'ємом $0,5\text{м}^3$ [21].

6. ЗОНИ САНІТАРНОЇ ОХОРОНИ

Згідно з ВБН 46/33-2.5-96, усі підземні джерела водопостачання повинні мати зону санітарної охорони (ЗСО), яка складається з трьох поясів: зони суворого режиму (перший пояс), зони обмежень (другий пояс) та зони обмежень (третій пояс). Для кожного згідно [34] встановлюється відповідний правовий режим.

Проект зони санітарної охорони розробляється для джерел водопостачання, а також для окремих ділянок водопровідних споруд і водоводів. ЗСО формується з центром у точці забору води. У випадку джерел водопостачання вона включає три пояси: перший – зона суворого режиму, другий і третій – зони обмежень [33, 34].

Для водопровідних споруд передбачено перший пояс та санітарно-захисну смугу, а для водоводів – лише санітарно-захисну смугу. Основна мета першого поясу полягає у недопущенні випадкового або навмисного забруднення джерела. Інші пояси та смуги створюються для захисту джерела від негативного впливу з боку навколишніх промислових і сільськогосподарських об'єктів. Санітарні заходи в межах ЗСО регламентуються ДБН В.2.5-74:2013 [12, 34].

Межі ЗСО для підземних джерел водопостачання встановлюються такими [12]:

1. Перший пояс – не менше 30 м при використанні захищених підземних вод;
2. Другий пояс – визначається за часом просування мікробних забруднень: для міжпластових вод з гідравлічним зв'язком з поверхневими водоймами – 200 діб; для вод без гідравлічного зв'язку – також 200 діб;
3. Третій пояс – визначається за часом просування хімічних забруднень і становить до 25 років.

Для водоємних споруд межі першого поясу встановлюються від стінок водонапірних башт – не менше 15 м. Ширина санітарно-захисної смуги для

таких споруд становить не менше 100 м. Для водоводів діаметром до 1000 мм санітарно-захисна смуга встановлюється: до 50 м у мокрих ґрунтах та до 10 м у сухих.

Проекти ЗСО мають бути узгоджені з місцевими органами санітарно-епідеміологічної служби. У складних умовах допускається можливість зменшення розмірів окремих поясів та смуг [11, 12].

У разі наявності побутового забруднення у водоносному пласті межі зон санітарної охорони встановлюються відповідно до вимог ДБН [12].

6.1. Перший пояс зони санітарної охорони

Водозабірною експлуатаційною свердловиною має глибину 73 м, а добове водоспоживання становить $\approx 249 \text{ м}^3/\text{добу}$. Свердловина буде обладнана герметичним оголовком, що запобігатиме попаданню забруднень у водозабірну шахту та забезпечить герметичність експлуатаційної системи [13, 33].

Аналіз геологічної будови ділянки дослідження показав, що водоносний горизонт є напірним і перекритий товщею первинних каолінів потужністю понад 8,0 м. Це важлива гарантія захищеності водоносного горизонту від проникнення поверхневих забруднень, оскільки каоліни виконують роль природного бар'єру, що перешкоджає вертикальній міграції забруднюючих речовин.

Відповідно до вимог санітарної охорони підземних вод [9], для одиночної водозабірної свердловини, що використовує захищені підземні води, встановлюється перший пояс зони санітарної охорони з радіусом 30 метрів від центра свердловини. Цей пояс включає територію розміщення самої свердловини, а також площадок для розміщення всіх супутніх водопровідних споруд. Основною метою першого поясу є захист водного джерела від випадкового чи навмисного забруднення в безпосередній близькості від водозабору [33, 34].

За даними рекогносцировки ділянки, яка виконувалась під час проектування, в межах розрахункових зон санітарної охорони (ЗСО) джерела забруднення не виявлені, що свідчить про сприятливі умови для експлуатації свердловини без ризику санітарних порушень.

Площадка навколо водозбірної свердловини повинна бути впорядкована, спланована з урахуванням відводу поверхневого стоку за межі зони санітарної охорони та огорожена з метою обмеження доступу сторонніх осіб [34]. На території першого поясу ЗСО категорично забороняються будь-які види будівництва та господарської діяльності, які не пов'язані з експлуатацією свердловини. Це є одним із основних заходів запобігання забрудненню водоносного горизонту та забезпечення екологічної безпеки джерела [33, 34].

6.2. Зона санітарної охорони другого поясу

Межа другого поясу зони санітарної охорони (ЗСО) визначається розрахунком, який має на меті забезпечити захист водоносного горизонту від можливого біологічного забруднення. Розрахунок базується на припущенні, що біологічне забруднення, яке характеризується обмеженим часом життєздатності мікроорганізмів у водоносному шарі, не досягне водозабору. Схематично притік підземних вод до свердловини наведено на рис. 6.1 (листі 5).

Основним параметром, що визначає відстань від межі другого поясу ЗСО до водозабору, є розрахунковий час T_m просування біологічного забруднення з потоком підземних вод до водозабору. Цей час має бути достатнім для втрати життєздатності мікроорганізмів, тобто для ефективного самоочищення підземних вод.

Для даного проекту прийнято тривалість роботи свердловини протягом року, а час самоочищення T_m згідно з рекомендаціями [35] становить 200 діб.

Для визначення меж другого і третього поясів ЗСО застосовано метод аналітичних розрахунків. Вибрана розрахункова схема фільтрації передбачає

Методика, яка використовується для розрахунку меж ЗСО, базується на рекомендаціях [35]. Приплив підземних вод до свердловини відбувається тільки з області захоплення, тобто з тієї частини водоносного горизонту, з якої підземні води можуть бути вилучені за розрахунковий час T . Межі цієї області визначаються нейтральними лініями току, які розширюються зі збільшенням часу експлуатації свердловини.

Для виконання гідродинамічних розрахунків прийняті наступні характеристики водоносного горизонту на основі фондів матеріалів [36]:

- середня прийнята розрахункова потужність $m=12\text{м}$;
- коефіцієнт фільтрації $K_\phi=0,605\text{м/добу}$;
- водопровідність – $K_\phi m=7,3\text{м}^2/\text{добу}$;
- активна тріщинна шпаруватість $\mu=0,06$;
- продуктивність свердловини $Q=248,35 \approx 249 \text{ м}^3/\text{добу}$;
- похил природного потоку $i=0,007$;
- витрата природного потоку підземних вод – $q = K_\phi \cdot m \cdot i = 7,3 \cdot 0,007 = 0,05\text{м}^2/\text{добу}$;
- час виживання бактерій в умовах підземного стоку приймаємо $T_m = 200\text{дб}$.

Граничною точкою області живлення вниз по потоку є точка N (точка перетину нейтральної лінії току з віссю X) [35], відстань від водозабору до якої обчислюється за формулою

$$x_p = Q / (2\pi q), \quad (6.1)$$

$$x_p = 248,35 / (2 \cdot 3,14 \cdot 0,05) = 790,92\text{м} \approx 791\text{м}.$$

Гранична точка області захоплення на певний момент часу вниз за потоком розташовується між водозабором і точкою N. Її положення, а також роз-

міри області захоплення вгору за потоком і ширина потоку змінюються зі збільшенням строку експлуатації водозабору (II і III пояси зони санітарної охорони) і залежать від приведених параметрів: T , R , r , d [35]. Розмір приведенного часу T знаходиться за формулою

$$\underline{T} = (qT) / (m\mu x_p), \quad (6.2)$$

$$\underline{T} = (0,05 \cdot 200) / (12 \cdot 0,06 \cdot 791) \approx 0,018.$$

Згідно [31] авторами Орадовською А.Е. та Лапшиним М.М. для спрощення розрахунку розмірів ЗСО в залежності від приведенного часу $\underline{T}$ обчислені значення приведених величин $\underline{R}$, $\underline{r}$, $\underline{d}$ для переходу до розмірних значень R , r , d за допомогою залежностей

$$R = \underline{R} \cdot x_p, \quad (6.3)$$

$$r = \underline{r} \cdot x_p, \quad (6.4)$$

$$d = \underline{d} \cdot x_p. \quad (6.5)$$

При $T = 200$ діб і $T = 0,03$ для ЗСО II поясу маємо

$$R = \underline{R} \cdot x_p = 0,2002 \cdot 791 = 158,36 \text{ м} \approx 159 \text{ м},$$

$$r = \underline{r} \cdot x_p = 0,1766 \cdot 791 = 139,69 \text{ м} \approx 140 \text{ м},$$

$$d = \underline{d} \cdot x_p = 0,1884 \cdot 791 = 149,00 \text{ м}.$$

Розрахункові розміри зони санітарної охорони II поясу складають: униз по потоку – 140м; вгору по потоку – 159м; ширина зони – $149 \cdot 2 = 298 \text{ м}$.

За результатами обстеження можливих джерел забруднення у межах розрахункових розмірів другого поясу зони санітарної охорони (ЗСО II) підземного водозабору, джерел, які б становили загрозу для якості підземних вод, не

виявлено. Однак, з метою забезпечення санітарно-епідеміологічної безпеки джерела водопостачання, необхідно впровадити низку профілактичних та обмежувальних заходів.

На території ЗСО II слід передбачити виконання таких санітарних заходів [34. 35]:

1. Регулювання використання територій: необхідно здійснювати контроль за цільовим призначенням земельних ділянок, не допускаючи відведення земель під забудову житловими, промисловими та сільськогосподарськими об'єктами, які можуть спричинити забруднення підземних вод.
2. Загальний благоустрій території: слід забезпечити регулярне прибирання території, вивезення побутових і виробничих відходів, озеленення, а також недопущення утворення стихійних сміттєзвалищ.
3. Влаштування водонепроникних підвалин: усі склади, господарські будівлі та об'єкти, що мають контакт з хімічними речовинами, мають бути збудовані з водонепроникними підвалами чи основами для запобігання інфільтрації небезпечних речовин у ґрунт.
4. Організація відведення забруднених поверхневих стічних вод: необхідно влаштовувати системи збору та очищення зливових і виробничих стоків із наступним відведенням за межі ЗСО.
5. Обмеження господарської діяльності у лісових масивах: допускаються лише санітарні рубки та догляд за лісом, спрямовані на підтримання здоров'я лісового насадження, без порушення структури ґрунтів.

У межах другого поясу ЗСО суворо забороняється: забруднення територій нечистотами, сміттям, гноєм, промисловими відходами тощо; розміщення складів паливно-мастильних матеріалів, мінеральних добрив, отрутохімікатів, шламосховищ, а також інших об'єктів, здатних спричинити хімічне забруднення джерел водопостачання; Розміщення скотомогильників, кладовищ, полів асенізації, полів фільтрації, полів зрошення, гноєсховищ, силосних тран-

шей, тваринницьких комплексів та інших об'єктів, що створюють ризик мікробного забруднення водоносного горизонту; Застосування мінеральних добрив і пестицидів на території ЗСО II.

Також обов'язковими є наступні санітарно-технічні заходи: виявлення, тампонаж або відновлення всіх старих, недіючих, дефектних чи неправильно експлуатованих свердловин і шахтних колодязів, які можуть створювати ризик забруднення водоносного горизонту; регулювання буріння нових свердловин, із обов'язковим дотриманням вимог до облаштування герметичних обсадних колон і ізоляції водоносних горизонтів; заборона закачування відпрацьованих або забруднених вод у підземні пласти; заборона підземного складування твердих відходів, а також будь-якої діяльності, пов'язаної з розробкою надр землі, яка може сприяти порушенню захисного шару ґрунту; ліквідація поглинаючих свердловин та шахтних колодязів, що можуть створювати шляхи проникнення забруднень до підземних вод.

Усі заходи мають відповідати вимогам чинного санітарного законодавства України та нормативно-технічної документації, зокрема [11, 26. 35].

6.3. Зона санітарної охорони третього поясу

Межа другого поясу водозабірної споруди визначається розрахунком, що передбачає захист від можливого надходження до водоносного горизонту хімічного забруднення. З міркувань надійності розрахунок ґрунтується на припущенні: хімічне забруднення, що вважається стабільним, не досягне водозабору, внаслідок переміщення з підземними водами поза областю живлення, або дійде до свердловини, але не раніше строку T_x , який дорівнює розрахунковому часу 25 років = 9132 діб. Схема притоку води до водозабору зображена на рис. 6.2 (листі 5).

З огляду на необхідну надійність, у розрахунку приймається припущення, що стабільне хімічне забруднення або не досягне водозабору (переміщуючись з підземними водами поза областю живлення), або потрапить до свердловини, але не раніше ніж через розрахунковий час T_x . Граничні розміри області захоплення нагору за потоком і ширина розрахункового потоку змінюються в зв'язку зі збільшенням терміну експлуатації водозабору і залежать від приведених розмірів $\underline{T}$, $\underline{R}$, $\underline{r}$, $\underline{d}$.

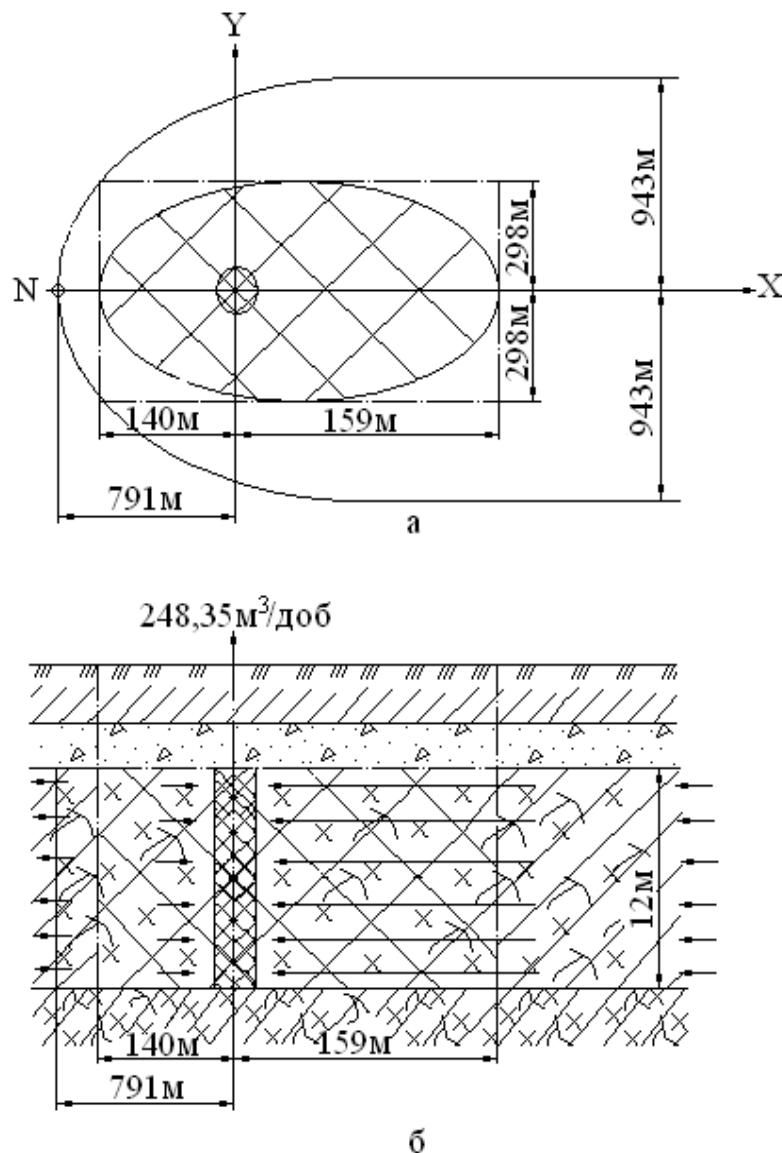


Рисунок 6.2 – Схема зони санітарної охорони с. Червоноіванівка

Розмір приведенного часу знаходиться за формулою (6.2) враховуючи терміні експлуатації водозабору $T=25$ років ≈ 9132 діб

$$\underline{T}=(0,05\cdot9132)/(12\cdot0,06\cdot791)\approx0,80.$$

При $T = 25$ років і $\underline{T}=0,80$ для ЗСО III поясу маємо

$$R=\underline{R}\cdot x_p=1,8314\cdot791=1448,64\text{м}\approx1449\text{м},$$

$$r=\underline{r}\cdot x_p=0,7848\cdot791=620,78\text{м}\approx621\text{м},$$

$$d=\underline{d}\cdot x_p=1,192\cdot791=942,87\text{м}\approx943\text{м}.$$

За вище наведеними розрахунками отримуємо наступні розрахункові розміри зони санітарної охорони III поясу: униз за потоком – 621м; вгору по потоку – 1449м; ширина зони – $943\cdot2=1886\text{м}$.

За даними обстеження джерел забруднення, в межах розрахункових розмірів ЗСО III поясу не виявлено. На території третього поясу зони підземного джерела водопостачання слід передбачати наступні санітарні заходи: здійснювати регулювання відведення територій для населеного пункту, промислових і сільськогосподарських об'єктів; розміщення складів паливно-мастильних матеріалів, отрутохімікатів, мінеральних добрив, гноєнакопичувачів, шламосховищ та інших об'єктів, які можуть викликати хімічне забруднення джерел водопостачання; виявлення, тампонаж або відновлення всіх старих, недіючих, дефектних або неправильно експлуатованих свердловин і шахтних колодязів, що створюють загрозу забруднення водоносного горизонту, який використовується; регулювання буріння нових свердловин; заборона закачування відпрацьованих вод у підземні пласти, підземного складування твердих відходів та розробки надр землі, а також ліквідація поглинаючих свердловин і шахтних колодязів, що можуть забруднювати водоносні шари.

При використанні захищених підземних вод та за узгодженням з органами санітарно-епідеміологічної служби дозволяється в межах третього поясу зони розміщення таких об'єктів, як склади паливно-мастильних матеріалів, отрутохімікатів, мінеральних добрив, накопичувачі, шламосховища та інші об'єкти, що можуть викликати хімічне забруднення джерел водопостачання [19, 35].

ВИСНОВОК

У дипломному проєкті наведено розрахунок підземного водозабору для водопостачання села Червоноіванівка Кам'янського району Дніпропетровської області. Реалізація комплексу запроектованих заходів створить сприятливіші умови для проживання сільського населення.

Розрахункове водоспоживання населеним пунктом становить 248,35 м³/добу, або 10,35 м³/год.

Забір води здійснюється з водоносного напірного горизонту, представленого стійкими гнейсами зі структурою тріщинного колектора, у зв'язку з чим свердловину запроектовано без фільтра. Вода придатна для водопостачання села Червоноіванівка без додаткового очищення. Розрахункове зниження рівня води становитиме 7,8 м при дебіті 10,35 м³/год. Підібрано насос 4SR 15/21 – N виробництва фірми Pedrollo (Італія). Дебіт водоносного горизонту задовольняє потребу у воді. Як регулюючу ємність передбачено водонапірну башту, розташовану на відстані 100 м від свердловини.

Буріння свердловини на воду передбачається роторним способом із прямою промивкою технічною водою. Проектна глибина свердловини становить 72 м від денної поверхні. Довжина водоприймальної частини безфільтрової свердловини складає 11 м, діаметр – 151 мм. Експлуатаційна колона має телескопічну будову зі сталевих труб діаметрами 219 та 324 мм.

При проходженні глинистих пластичних порід (суглинків) застосовується трьохшарошечне долото типу С та такий технологічний режим: питома навантаження на долото – 1,5 кН, повне осьове навантаження – 58,5 кН, частота обертання бурового снаряда – 4 с⁻¹, витрата промивної рідини – 7 л/с.

При проходженні порід кори вивітрювання (каолінів) використовують таке саме долото і режим буріння.

Для проходження кристалічних порід (гнейсів) застосовують трьохшарошечне долото типу ТКЗ з таким режимом: питома навантаження на долото

– 4,0 кН, повне осьове навантаження – 60 кН, частота обертання – $1,6 \text{ с}^{-1}$, витрата промивної рідини – 5 л/с.

Для випробування свердловини передбачено відкачку ерліфтом, який запроектовано за паралельною схемою розташування труб із наступними діаметрами: водопідйомна – 32 мм, повітряна – 15 мм.

Проектом передбачено встановлення зон санітарної охорони свердловини: пояс суворого режиму, другого та третього поясів.

Загальна кошторисна вартість будівництва водозабірної свердловини за даними об'єктів аналогів становить 880 тис. грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні (2021): Міндовкілля України. – <https://surli.cc/nveyvz/> (дата звернення: **11.05.2025**).
2. Водний кодекс України: Закон України від 06.06.1995 №213/95-ВР: станом на 19 квітн.2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр> (дата звернення: **11.05.2025**).
3. Звіт щодо виконання Цілі Сталого Розвитку ЦСР 6 (“Чиста вода та санітарія”) в Україні: URL: <https://surl.lu/imjeuw> (дата звернення: **11.05.2025**).
4. Стратегія розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року: Постанова Каб. Міністрів України від 15.11.2024 №1164-р): URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1163-2024-%D1%80#Text> (дата звернення: **11.05.2025**).
5. Червоноіванівка. Режим доступу: <https://surli.cc/ilxfkq>, вільний. Заголовок з екрану.
6. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1: 5000, 1: 2000, 1: 1000, 1: 500 [Текст] : обов'язкові для всіх установ, організацій, підприємств незалежно від їх відомчої належності / Міністерство екології та природних ресурсів України ; упоряд. С. А. Гайдай. - К. : [б.в.], 2001. - 255 с.
7. Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області (1986 - 2005 рр.) / За редакцією О.Т. Прохоренко, Т.І. Адаменко. – Дніпропетровськ: Поліграфічний центр ППВКФ „Поліграф-Медіа”, 2011. – 231 с.
8. Геологічна будова України: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://surl.li/nluknp>.
9. Рубан С.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України / С.А. Рубан, М.А. Шинкаревський // Монографія. – К.: УкрДГРІ, 2005. – 572 с.

10. ДСТУ Б А.3.1-22:2013 Визначення тривалості будівництва об'єктів. Національний стандарт України. На заміну СНиП 1.04.03-85*; чинний від 2014-01-01. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 34 с.
11. ВБН 46/33-2.5-96 Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування. – К.: Держводгосп України, 1996. – 153 с.
12. Державні будівельні норми України. Водопостачання зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5-74:2013. – [На заміну СНиП 2.04.02-84; чинні від 2014-01-01]. – Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 105 с. – (Державні будівельні норми).
13. Орлов В.О. Сільськогосподарське водопостачання: Курсове і дипломне проектування: Навч.посібник//В.О.Орлов, В.С. Кравченко. – К.: Вища шк., 1992. – 191
14. ДСТУ 4808:2007. Питна вода. Вимоги та методи контролювання якості – Київ: Держспоживстандарт України, 2007.
15. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1984. – 117 с.
16. Бурові роботи при водопостачанні з підземних джерел [Текст] : навч. посіб. для студ. спец. "Водопостачання та водовідведення" / А. М. Колотило [та ін.] ; Харківський держ. технічний ун-т будівництва та архітектури. - Х. : Видавнича група "РА-Каравела", 2002. - 108 с
17. Свердловини у водогосподарському будівництві [Текст]: навч. посіб. / М. П. Босак, О. Г. Гвоздецкий ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2016. – 159 с.
18. Войтенко В. С. Технологія і техніка буріння: узагальнювальна довідкова книга / В. С. Войтенко , В. Г. Вітрик , Р. С. Яремійчук. – Львів: Центр Європи, 2012. – 708 с.
19. Пособие по проектированию сооружений для забора подземных вод (к СНиП 2.04.02-84)/ ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1998. –

272 с.

20. ДСТУ 8932:2019: Труби обсадні та муфти до них. Технічні умови [Текст]. - Чинний від 2021-01-01. - Київ : УкрНДНЦ, 2020. - III, 51 с.
21. Дудля М.А., Садовенко І. О. Техніка та технологія буріння гідрогеологічних свердловин: Підручник. - Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет». 2007. – 399 с
22. Гідравлічні та аеродинамічні машини [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом підготов. "Гідротехніка (Водні ресурси)" / М. В. Холоменюк, А. В. Ткачук, Д. М. Онопрієнко ; Дніпропетр. держ. аграр. ун-т. - Херсон : ОЛДІ-плюс, 2013. - 355 с.
23. Ткачук О. А., Косінов В. П., Новицька О. С. Системи подачі та розподілення води населених пунктів : навч. посіб. – Рівне : НУВГП, 2011. 273 с.
24. Насоси «Pedrollo» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pedrollo-ua.com.ua/>, вільний.
25. Буріння свердловин: навч. посіб. [Електронний ресурс] / Є.А. Коровяка, В.Л. Хоменко, Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.О. Расцветаєв ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Електрон. текст. дані. – Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 294 с. – Режим доступу : <http://nmu.org.ua> (дата звернення: 03.05.2025). – Назва з екрану.
26. Державні санітарні норми і правила. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10. - [На заміну ГОСТ 2874-82; чинні від 2010-07-01] - Міністерство охорони здоров'я України, 2010 – 49 с. – (Державні санітарні норми і правила).
27. Бурова установка 1БА-15В: для промислового буріння. – Режим доступу: <https://bur-ua.com/uk/burinnya-sverdlovyn-po-ukrayini/burova-ustanovka-1ba-15v/> (дата звернення: 13.05.2025). – Назва з екрану.
28. Коцкулич Я. С. Бурові промивні рідини: підручник / Я.С. Коцкулич, М. І. Оринчак, М. М. Оринчак. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2008. –500с.
29. Буріння свердловин: навч.посіб./ Є.А. Коровяка, В.М. Хоменко, Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.О. Расцветаєв; М-во освіти і науки України,

- Нац.техн.ун-т «Дніпровська політехніка» - Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 292 с.
30. Горський В. Ф. Тампонажні матеріали і бурові розчини/ Горський В. Ф. – Чернівці: 2016. – 524 с.
 31. Тугай А.М. Бурова справа в водопостачанні/ Тугай А.М., Орлов В.О., Шадура В.О. Підручник – Рівне: НУВГП, 2004 – 268 с.
 32. Гошовський СВ., Янь Тайнін, Цзянь Гошен та ін. Техніка буріння свердловин на воду: Монограф. - Д.: ПП «Ліра». 2008. – 300 с.
 33. Орлов В. О., Назаров С. М., Орлова А. М. Водозабірні споруди: Навчальний посібник.- Рівне: НУВГП, 2010.- 167 с
 34. Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів: ПОСТАНОВА каб. міністрів України від 18.12.1998 №2024: станом на 9 верес. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2024-98-п#Text> (дата звернення: 03.06.2025).
 35. Рекомендации по гидрогеологическим расчетам для определения границ 2 и 3 поясов зон сантарной охраны подземных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения / ВНИИ ВОДЕО Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1988. – 102с.
 36. Звіт про результати пошуків і розвідки підземних джерел водопостачання лівобережної частини міста Дніпропетровська. Підрахунок запасів зроблений станом на 01.10.1963р. Дніпропетровською комплексною геологорозвідувальною експедицією, м.Дніпропетровськ, 1963р., ПГО “Южукргеология”
 37. Буровий інструмент для гірничорудної промисловості. – Режим доступу: https://unidrilltech.com.ua/catalogs/girndobuv_ru.pdf/ (дата звернення: 13.05.2025). – Назва з екрану.