

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»  
Природничих наук та технологій  
(факультет)  
Кафедра нафтогазової інженерії та буріння  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра  
(бакалавра, магістра)

студента Гирі Віталія Дмитровича

(ПІБ)

академічної групи 184-18ск-1 ГРФ

(шифр)

спеціальності 184 Гірництво

(код і назва спеціальності)

спеціалізації \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою «Буріння розвідувальних та експлуатаційних свердловин»

(офіційна назва)

на тему Розробка технології буріння свердловин для водопостачання Уманського району Черкаської області

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Ігнатов А.О.			
розділів:				
Технологічний	Ігнатов А.О.			
Охорона праці та навколишнього середовища	Савельєв Д.В.			
Рецензент	Терешкова О.А.			
Нормоконтролер	Расцветаєв В.О.			

Дніпро  
2021

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

нафтогазової інженерії та буріння  
(повна назва)Коровяка Є.А.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« 04 » травня 2021 року

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу

ступеня бакалавра

(бакалавра, магістра)

студенту Гирі Віталію Дмитровичу академічної групи 184-18ск-1 ГРФ

(прізвище та ініціали)

(шифр)

спеціальності 184 Гірництво

спеціалізації \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою «Буріння розвідувальних та експлуатаційних свердловин»на тему Розробка технології буріння свердловин для водопостачання Уманського району Черкаської області

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 19.05.2021 р. № 273-с.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічний	Коротка геолого-географічна та літологічна характеристика ділянки проведення робіт; геологічний і гідрогеологічний аналіз умов спорудження водозабірних свердловин. Проектування технології буріння розвідувально-експлуатаційної водозабірної свердловини в умовах осадових порід, схильних до обвалів і поглинань, розробка схеми і технічного супроводу обладнання свердловин, водоносні горизонти яких представлено тріщинуватими скельними породами.	02.06.21 р.
Охорона праці та навколишнього середовища	Аналіз потенційних небезпек запроєктованого об'єкта і можливостей негативного впливу його на навколишнє природне середовище.	04.06.21 р.

Завдання видано \_\_\_\_\_ Ігнатов А.О.

(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 04.05.2021 р.Дата подання до екзаменаційної комісії 08.06.2021 р.Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ Гиря В.Д.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 68 с., 10 рис., 15 табл., 2 додатки, 26 джерел.

БУРОВА СВЕРДЛОВИНА, ВОДОЗАБІР, ПРОДУКТИВНИЙ ГОРИЗОНТ, ФІЛЬТР, ЕРЛІФТ, ВІДЦЕНТРОВИЙ НАСОС, ГІРСЬКА ПОРОДА, ПРОМИВАННЯ, ШАРОШКОВЕ ДОЛОТО.

Сфера застосування розробки – буріння розвідувально-експлуатаційних водозабірних свердловин.

Об'єкт розроблення – прогресивні технології спорудження водозабірних свердловин, продуктивні горизонти яких представлені тріщинуватими скельними водоносними породами.

Мета роботи – розробка раціональної технології спорудження водозабірних свердловин, що ґрунтуються на ефективних методах руйнування гірських порід, кріплення стовбуру відповідної гірничої виробки, облаштування свердловин насосним устаткуванням та проведення відповідних монтажних робіт.

Новизна одержаних результатів – шляхом ґрунтового аналізу геологічних та гідрогеологічних умов, виконано вибір техніко-технологічного супроводження і режимного забезпечення процесу спорудження та облаштування водозабірної свердловини, а також розглянуто окремі заходи з попередження виникнення ускладнень при бурінні та визначено раціональну послідовність виконання всіх основних і допоміжних операцій бурового циклу.

Практичні результати – розроблено комплексу технологію спорудження водозабірних свердловин, що максимально враховує геолого-технічні особливості проектованої ділянки, а також запропоновано удосконалений регламент проведення свердловинних робіт у водозаборах, які представлені тріщинуватими гранітами; пропонована технологія може бути також впроваджені на інших ділянках з однойменними гідрогеологічними умовами.

Практична значимість кваліфікаційної роботи – підвищення техніко-економічних показників спорудження водозабірних свердловин; обґрунтування питань охорони праці при виконанні бурових робіт та рекомендацій із захисту надр, шляхом створення зон санітарної охорони водоносних горизонтів.

## ЗМІСТ

	ВСТУП.....	5
Розділ 1	Загальна характеристика геолого-технічних та гідрогеологічних умов проведення бурових робіт.....	7
1.1	Основні відомості про район проектних робіт.....	7
1.2	Геологічна та гідрогеологічна характеристики району виконання робіт.....	12
1.3	Гірничо-геологічні умови буріння проєктованих свердловин..	19
Розділ 2	Техніко-технологічна частина.....	22
2.1	Вибір і розрахунок водоприймальної частини гідрогеологічної свердло-вини.....	22
2.2	Вибір та розрахунок параметрів водопідіймальних установок.	24
2.3	Вибір способу буріння і конструкції свердловини.....	32
2.4	Вибір необхідного бурового устаткування і інструменту.....	35
2.5	Вибір очисного агента.....	38
2.6	Розрахунок параметрів технології буріння та цементування гідрогеологічної свердловини.....	40
2.7	Монтаж та експлуатація водопідіймальної установки.....	46
2.8	Попередження і усунення ускладнень при спорудженні водозабірних свердловин.....	47
Розділ 3	Охорона праці.....	51
Розділ 4	Охорона навколишнього середовища.....	59
	ВИСНОВКИ.....	64
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	65
	ДОДАТОК А Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи.....	67
	ДОДАТОК Б Відзив на кваліфікаційну роботу.....	68

## ВСТУП

Вирішення питань забезпечення потреб промисловості та населення різними корисними копалинами, в тому числі їх яскравим представником – водою, неможливе без застосування бурових робіт, покликаним яких є створення надійного каналу зв'язку між продуктивним підземним горизонтом та поверхневим видобувним агрегатом. Також дедалі все більш гостро постає проблематика невідповідності якісних показників використовуваної води відповідним стандартам і нормам, проте розв'язання означеної задачі можливе, і полягає воно в більш широкому використанні свердловинного видобутку вод.

При спорудженні експлуатаційних свердловин на воду виникають проблеми, найважливішими з яких є зниження собівартості видобутку, запобігання екологічному забрудненню і порушенню структури підземних горизонтів, а також якнайповніше і рівномірне освоєння конкретного родовища.

Зниження собівартості видобутку корисної копалини можливо. в основному, за рахунок спорудження високодебітних свердловин, що найбільш повно використовують потенціал продуктивного пласта.

Значний резерв зниження собівартості видобутку полягає в мінімізації експлуатаційних витрат, які залежать від наявності в корисній копалині, в даному випадку – води, фрагментів породи-колектора і інших чужорідних домішок, а також рівня енергоємності відкачувань. Зниження собівартості, в загальному балансі, досягається мінімізацією капітальних витрат на спорудження свердловини за рахунок спрощення конструкцій останніх в комбінації з наступним удосконаленням комплексом робіт, виконуваних на стадії закінчення з підвищення дебіту і запобіганню винесенню піску.

Проблема збереження структури продуктивного пласта, а отже стабільності дебіту в часі, залежить від успіху заходів щодо запобігання винесенню піску або інших уламкових фракцій. Окрім цього, винесення піску різко збільшує витрати на експлуатацію родовища.

Забруднення горизонтів спостерігається в процесі буріння при значному проникненні фільтрату і реагентів в глиб пласта при поглинанні, а також в про-

цесі експлуатації при з'єднанні горизонтів різного пластового тиску, виникненні заколонних перетікань, неякісному цементуванні і тампонуванні.

Нині у світовій практиці велике число свердловин експлуатують продуктивні горизонти, складені рихлими відкладеннями. Рихлі колектори зустрічаються не лише серед порівняно молодих відкладень, що залягають на невеликій глибині, за певних умов можливе формування і глибоко розташованих слабозцементованих піщаників.

Із метою попередження винесення твердої фази з продуктивного пласту в процесі його експлуатації, приймальну частину гідрогеологічної свердловини необхідно обладнати фільтрами різних типів. Окрім затримання часток колектора, фільтр повинен забезпечувати надійну експлуатацію свердловини з проектним дебітом в заданому проміжку часу, що визначається його гідравлічними характеристиками. Надзвичайно важливо, щоб гідравлічний опір за товщиною фільтру розподілявся рівномірно і не створювалися значні перепади тиску на його обмежених ділянках, наявність яких сприяє прискореному випаданню кольматантів. Підвищення терміну служби свердловини залежить також від вхідних швидкостей потоку у фільтр, які можуть бути понижені або збільшені за рахунок варіювання розмірами діаметру фільтру або зниженням дебіту свердловини. Експлуатація рихлих колекторів при обмежених дебітах є економічно невигідною і практично не здійснюється.

Спорудження гідрогеологічних свердловин ведуть наступними основними способами: обертальним (в переважній більшості – роторним), з прямою або зворотною циркуляцією промивальної рідини; ударно-канатним; шнековим; гідродинамічним. Проте найбільше поширення одержав обертальний спосіб з промиванням технічною водою або глинистим розчином. Ударно-канатний спосіб має звужену область застосування, але його неодмінно проектують при спорудженні свердловин у районах з недостатньо вивченою геологією, розкритті безнапірних водоносних горизонтів, здійсненні робіт в районах, де важко організувати водопостачання для промивання свердловин, при спорудженні свердловин великого діаметру.

## Розділ 1. Загальна характеристика геолого-технічних та гідрогеологічних умов проведення бурових робіт

### 1.1 Основні відомості про район проектних робіт

Відповідно до геоструктурного районування [1], проєктована ділянка бурових гідрогеологічних робіт, розташована в південно-західній частині Українського кристалічного масиву (Український кристалічний щит - УКЩ) (рис. 1.1), в області так званого Уманського плутону, в розвитку якого виділяються такі цикли: геосинклінальний і платформний. Геосинклінальний відноситься до кристалічних порід докембрію, представленого гнейсами, амфіболітами, гранітами і мігматитами. На кристалічних породах розвинута кора їх вивітрювання. Вище залягає незначна за потужністю товща осадочних відкладів платформного циклу, представлена неогеновою і четвертинною системами. В гідрогеологічному відношенні проєктована ділянка знаходиться в межах поширення вод сучасних і четвертинних відкладів, та таких неогену, а також тріщинуватих вод УКЩ, який має низьку забезпеченість відповідними експлуатаційними ресурсами.



Рисунок 1.1. Карти геоструктурного районування території України та Уманського району

Поверхня кристалічного фундаменту, в цілому, занурюється з південного заходу на північний схід з наявністю значних піднять та западин як тектонічного, так і ерозійного походження [2]. Середній уклін поверхні докембрія становить 17 м/км. Південніше м. Черкаси кристалічні породи зустрічаються на глибині з абсолютною позначкою +27,0 м. Породи фундаменту розбиті густою сіткою розривних порушень, серед яких є порушення північно-західного та субширотного простягання. Верхній структурний поверх складений осадовими породами тріасового, юрського, крейдяного, палеогенового, неогенового та четвертинного віків, які занурюються так само, як і кристалічний фундамент - на північний схід та схід.

Деякі розривні порушення проявляються в верхніх стратиграфічних комплексах осадового чохла та служать додатковими шляхами, по яких відбувається вертикальний рух підземних вод [3].

Відклади палеогену повністю вирівняли існуючий раніше уклін до північного сходу завдяки ерозійній діяльності. Всі коливання мали ритмічний характер і найбільш крупні рухи, що мали один і той же знак, проходили, приблизно на протязі двох-трьох геологічних віків, а дрібні - декілька разів на протязі одного віку [4].

В геоморфологічному відношенні район робіт розташований в центральній лісостеповій частині України, в середній течії річок Дніпра та Південного Бугу [5]. Черкащина межує на півночі з Київською (протяжність 340 км), на сході – з Полтавською (212 км), на півдні – з Кропивницькою (388 км) і на заході – з Вінницькою (124 км) областями [6]. В цілому територія області рівнинна і умовно поділяється на дві частини – правобережну і лівобережну. Переважна частина правобережжя розміщена в межах Придніпровської височини з найвищою точкою області, що має абсолютну відмітку 275 метрів над рівнем моря (поблизу с. Монастирище).

Поверхня території водозабору рівна, забудована, окультурена. Інженерно-геологічні умови для будівництва на території ділянки водозабору середньої



складності. Небезпечні фізико-геологічні процеси на території ділянки водозабору відсутні [7].

В орогідрографічному відношенні територія району представляє собою слабо горбкувате плато, густо порізане сучасною ерозійною сіткою. Сучасний рельєф формувався, головним чином, в четвертинний час, але його основні риси успадковані від більш давніх часів. З геоморфологічних елементів рельєфу виділяється плато, річкові долини, балки і яри [8]. Найбільш високі відмітки поверхні приурочені до вододільних просторів, де вони досягають 249 м, а в днищах балок і долині р. Уманки понижуються до 155 - 160 м.

На території району найбільш великою водною артерією є р. Уманка, яка протікає через м. Умань з заходу на схід біля сіл Піковець та Гережинівка, зліва приймає дві притоки – Безіменну (біля села Піковець) і Шпиль (біля села Гережинівка).

Повінь пов'язана з таненням снігу і проходить звичайно наприкінці березня і початку квітня. У літню пору рівень води знижується, але зливові дощі викликають невеликі паводки. До зими відзначається невелике підвищення рівня рік за рахунок осінніх дощів. Амплітуда коливання рівня води в ріках протягом року складає 0,50 - 0,80 м.

Замерзання річок відбувається наприкінці грудня. Льодостав продовжується в межах 2 - 3 місяців. Максимальна товщина льоду 20 - 30 см приходить на середину лютого місяця. Усі припливи р. Уманки зарегульовані утвореними водоймищами на всьому їхньому протязі, від джерела до устя, що сприяє розвитку рибальства і птахівництва. Запаси води цих водойм використовується для зрошення сільськогосподарських культур.

Рослинність району робіт славиться цінними лісами. Ліси ростуть здебільшого на узбережжях річок, степова рослинність поширена на вододілах. Черкаський бір (сосна, дуб, клен, береза) - найпівденніша межа природного поширення наддніпрянських хвойних лісів на Україні [9]. Крупними представниками тваринного світу області є лось, олень плямистий кабан, косуля.

В області широко розвинуте сільське господарство. Із промислових підприємств переважають машинобудівельні, кам'янообробні, видобувні, хімічні підприємства, а також підприємства легкої промисловості [10].

Автомобільний зв'язок між районними та обласним центром здійснюється мережею асфальтованих доріг. Зв'язок між сільськими населеними пунктами здійснюється густою сіткою профільованих, на окремих ділянках вкритих каменем, доріг. Енергозабезпечення району робіт – від державної електромережі.

Клімат району помірно континентальний [8]. Зима м'яка, з частими відлигами. Сніг, звичайно, випадає наприкінці листопаду - початку грудня і сходить в березні. Потужність снігового покриву, у середньому, 12 - 16 см. Середня глибина промерзання ґрунту від 44 до 54 см. Весна починається в першій половині березня і продовжується, у середньому, близько двох з половиною місяців. Середньодобова температура навесні складає  $+10,7^{\circ}\text{C}$ , але у квітні часто бувають нічні заморозки. Літо тривале та тепле, в окремі роки спекотне, настає в другій половині травня і продовжується до середини жовтня. Середня денна температура повітря змінюється в межах від  $+15$  до  $+20,6^{\circ}\text{C}$ . Осінь починається в другій половині жовтня збільшенням кількості похмурих днів та визначенням нічних заморозків. Середньомісячна температура повітря в листопаді коливається у межах від  $+6,2^{\circ}\text{C}$  до  $+10,5^{\circ}\text{C}$ .

Кліматичні умови району характеризуються за даними метеостанції м. Умань. Метеорологічний майданчик розташований на північній околиці м. Умань в Софіївському парку. Середня температура найхолоднішого місяця січня -  $4,4^{\circ}\text{C}$ , а мінімальна -  $8,5^{\circ}\text{C}$ . Середня температура влітку складає  $+21,5^{\circ}\text{C}$ , максимальна  $+24,4^{\circ}\text{C}$ . Середньорічна температура повітря становить  $+9,3^{\circ}\text{C}$ . Восени та узимку переважають східні та північно-східні вітри, а навесні та влітку - західні і північно-західні. Середня швидкість вітру 5 - 6 м/с. Середньорічна кількість опадів становить 638,03 мм.

В цілому клімат області сприятливий для поповнення запасів підземних вод, а також зростання цілого ряду деревних, чагарникових і високопродуктивних дубових і соснових насаджень.

## 1.2 Геологічна та гідрогеологічна характеристики району виконання робіт

Уманське родовище підземних вод розташоване в 2,0 - 6,0 км від околиці м. Умань, між селами Вербувата і Гереженівка, приурочене до середньої частини басейну р. Уманка, яка являється припливом р. Південний Буг.

В геологічній будові району робіт виділяються такі структурні поверхи: нижній - утворення нижнього протерозою, та верхній представлений осадовими утвореннями: палеозой-мезозойською корою вивітрювання кристалічних порід, відкладами мезозою та палеогенової, неогенової і четвертинної систем [5, 11].

### *Докембрій*

Кристалічні породи докембрію представлені уманськими гранітами і мігматитами, на загальному фоні розвитку яких зустрічаються невеликі лінзи і тіла різнорідних гнейсів і амфіболітів.

*Гнейси біотито-плагіоклазові* розкриті свердловинами в районі сіл Леґезине, Розсошки і м. Умані та в долині р. Паланка. Зовні гнейси представляють собою темно-сіру, дрібнозернисту породу із слабо помітною сланцевою структурою.

*Амфіболіти* розвинуті, в основному, в вигляді ксенолітів в районі сіл Городецьке, Гродзево, Сушківка та в районі м. Умань. Амфіболіти представляють собою темно-сірі, інколи майже чорні дрібнозернисті породи масивної, рідше сланцевої текстури.

*Граніти і мігматити* уманського типу на досліджуваній території розвинені повсюдно. Граніти зовнішньо сірі або світло-сірі, інколи приймають рожевий відтінок внаслідок зміни кольору польових шпатів при вивітрюванні. Мігматити представляють собою рожево-сірі грубосмугасті породи. Глибина залягання порід змінюється від 29,5 до 65,0 м в залежності від рельєфу території та потужності осадового чохла.

*Кора вивітрювання кристалічних порід докембрію* розвита повсюдно, за винятком місць виходу фундаменту на денну поверхню, а також місць розмиву останньої в неогеновий і четвертинний періоди. Потужність кори вивітрювання

змінюється від 5 до 25 м в долинах річок, до 40 - 60 м – на вододілах. Глибина залягання від 5 м до 32 м. Характерним для кори вивітрювання є наявність у верхній частині жорстк'яно-каолінітової зони, що донизу переходить у залежності від вихідних порід, у гідрослюдиисто-каолінітову, каолініт-монтморілонітову або монтморілонітову і далі в зону вилужених корінних порід.

### Мезозой

Мезозойські відклади представлені сеноманським ярусом крейдяної системи в вигляді смуги північно-східного поширення в районі сіл Легедзине, Аполянка довжиною до 15 км і шириною 800 м. Представлені ці відклади міцними кремнистими піщаниками і кремнями сірого забарвлення різної інтенсивності, інколи сірувато-білої, або жовтувато-сірої. Залягають описувані породи на корі вивітрювання кристалічних порід, покриваються відкладами нижнього і середнього міоцена або четвертинними відкладами. Потужність змінюється від 0,3 м до 3,0 м.

### Кайнозой

Кайнозойські відклади представлені київською світою, нижнім та середнім міоценом, балтською світою, нерозчленованою товщею пліоцену – нижнього відділу та четвертинної системи.

*Київська світа.* Відклади цієї світи розвинуті в районі сіл Легедзине і Свинарка та південно-східніше м. Умань. Залягають відклади виключно в депресіях і лише інколи піднімаються на схили водороздільних просторів. Представлені пісковиками жовтого забарвлення з обломками кварцу і польового шпату, зеленувато-сірими глауконіто-кварцовими тонко- і різнозернистими пісками з домішками дрібної гальки, гравію, кварцу, польового шпату потужністю до 3-х метрів. Загальна потужність київських відкладів від 0,5 до 17,0 м.

*Нижній-середній міоцен нерозчленований.* Залягають відклади на кристалічних породах докембрію або його корі вивітрювання, відкладах сеноманського ярусу, київських відкладах. Перекриваються відкладами балтської світи, або четвертинними відкладами. Ці відклади мають локальне розповсюдження і роз-

криті в районі сіл Родниківка, Собківка, Верхнячка і представлені дрібно- і тонкозернистими кварцовими пісками з незначними прошарками глин, піщаників і вторинних каолінів. Загальна потужність відкладів до 21 м.

*Балтська світа.* Товща піщано-глинистих відкладів користується широким розповсюдженням, відсутня тільки в долинах річок де розмита. Товща відкладів представлена пісками і глинами. Піски кварцові дрібнозернисті, глинисті, світло-сірі, жовтувато-сірі з наявністю в основі піщаників на глиняному цементі. Глини світло-сірі, жовтувато- і зеленувато-сірі, щільні, в'язкі. Потужність товщі піщано-глинистих відкладів від 0,5 до 21,3 м.

*Нерозчленована товща пліоцену* – нижнього відділу четвертинної системи: нерозчленована товща відома під назвою «горизонт червоно-бурих глин» має широке розповсюдження на ділянках плато і його схилах. В долинах річок і великих балках розмиті. Глини мають червоно-буре забарвлення, пісні, щільні з вапняковими включеннями та бобовинами марганцю. Залягають червоно-бурі глини на відкладах балтської світи, відкладах сеномана або безпосередньо на корі вивітрювання кристалічних порід. Загальна потужність глин не перевищує 4 - 7 м.

#### Четвертинна система

Відклади четвертинної системи користуються широким розповсюдженням. Нижньочетвертинні відклади представлені бурими і сірватобурими щільними і важкими суглинками, широко розповсюдженими на плато і його схилах в покрівлі червоно-бурих глин, з якими вони зв'язані плавними переходами. Потужність відкладів змінюється від 1,0 - 2,0 м до 10,0 - 13,0 м. Середньочетвертинні відклади представлені бурими, палево-жовтими льосовидними суглинками еолового і делювіального походження, залягають під чохлам верхньочетвертинних суглинків. Потужність відкладів від 4,0 м до 6,0 м. Верхньочетвертинні відклади представлені бурими-палево-жовтими суглинками еолового і делювіального походження. В районі с.с. Родніковки, Кочубіївки розповсюджені озерні суглинки, які представлені сірими, жовто-сірими. Потужність відкладів 5,0 - 8,0 м. Сучасні відклади представлені річним і балочним алювієм,

делювіальними утвореннями присхилових частин долин річок і балок. Алювіальні відклади річних долин представлені дрібно-різнозернистими пісками і сірими мулуватими суглинками. Балочний алювій представлений, в основному, отсортованим глинистим піском. Делювіальні відклади представлені жовто-бурими суглинками. Потужність відкладів від 3 - 4 до 6 - 10 м.

Район проектних бурових робіт відноситься до центральної частини Українського щита. Гідрогеологічні умови району дуже складні і обумовлені рядом природних факторів [2, 12], основним з яких є геоструктурне положення, особливість геологічної будови, тектоніки, геоморфології, клімату, гідрології та ін. У районі виділено ряд водоносних горизонтів, а саме: а) водоносний горизонт в сучасних алювіальних відкладах заплав рік і днищ балок; б) водоносний горизонт в верхньо-середньочетвертинних еолових, еолово-делювіальних і делювіальних відкладах; в) водоносний горизонт у відкладах неогену; г) водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію і їх кори вивітрювання.

*Водоносний горизонт в сучасних алювіальних відкладах заплав рік і днищ балок* приурочений до заплавних і терасових відкладень річок і балок і тому має обмежене поширення в вигляді вузьких смуг вздовж долини р. Уманка та її притоків. Водовміщуючі породи – піски мулові, кварцові, тонко - і дрібнозернисті, піщанисті глини і суглинки. Глибина залягання водоносного горизонту не перевищує 0,5 - 2,0 м, потужність міняється від 5 - 7 до 15 - 17 м. Добові забори води з колодязів не перевищують 0,5 - 1,5 м<sup>3</sup>. Дебіти джерел не перевищують 0,1 л/с. Дебіти свердловин пробурених в м. Умані склали 1,1 - 1,9 л/с. Коефіцієнт фільтрації різнозернистих пісків складає від 4,38 м/добу до 35,0 - 40,0 м/добу. Водоносний горизонт безнапірний.

За хімічним складу води відносяться до гідрокарбонатних кальцієво-магнієвих з мінералізацією не більше 0,8 г/дм<sup>3</sup>. Загальна жорсткість не перевищує 6,08 - 7,33 мг/екв. Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів та фільтрації поверхневих вод. Дренування проходить в долинах річок і днищах балок. Водоносний горизонт взає-

мозв'язаний з нижче лежачим горизонтом тріщинуватої зони кристалічних порід і кори їх вивітрювання.

У зв'язку з обмеженістю розповсюдження потужностей алювіальних відкладів, представлених пісками, водоносний горизонт має місцеве значення. Тільки на окремих ділянках, де розповсюдження піщаних різновидів наближено видержані, він має основну роль і використовується як джерело центрального водопостачання. Водоемкість горизонту незначна (1 - 5 м<sup>3</sup>/доб.), через це практичного значення він не має.

*Водоносний горизонт в верхньо-середньочетвертинних еолових, еолово-делювіальних і делювіальних відкладах* має широке розповсюдження, відсутнє лише в долинах річок і балках. Приурочений він до середньо-верхньочетвертинних відкладів, які майже скрізь розвинуті, за винятком заплавлених річок і днищ балок. Водовміщуючі породи представлені еоловими і делювіальними льосовидними суглинками, муловими суглинками і тонкозернистими глинистими пісками озерно-болотного походження. Залягають вони на бурих і червоно-бурих щільних суглинках і глинах, які діють як водонапір. Потужність водовміщуючих відкладів 5-7 м. Глибина залягання водоносного горизонту в межах від 2 - 3 м до 13 - 15 м. Коефіцієнт фільтрації коливається в межах 0,017 - 0,023 м/доб. Водоносний горизонт має вільну поверхню. Горизонт експлуатується великою кількістю колодязів, а також утворює джерела. Добові забори води із колодязів складають 0,5 - 2,0 м<sup>3</sup>, дебіти джерел 0,01 - 0,1 л/с.

За хімічним складом води відносяться до гідрокарбонатних кальцієво-магнієвих з сухим залишком 0,3-0,8 г/дм<sup>3</sup>. Загальна жорсткість складає 6,02 - 10,0 моль/м<sup>3</sup>. Реакція води слаболужна (рН 7,1 - 8,4). Живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, найбільш інтенсивне живлення горизонту відбувається в період осінніх дощів і весіннього сніготаяння. Рух підземних вод проходить в сторону балочної мережі, де проходить їх дренажування. Режим водоносного горизонту залежить від випадання кількості опадів і їх інфільтрації.

*Водоносний горизонт в відкладах неогену* має значне розповсюдження, відсутній тільки в долинах річок. Водовмісними породи являються відклади нерозчленованого нижньо-середнього міоцену і балтської світи. Відклади міоцену не мають повсюдного розповсюдження, а складають декілька ізольованих островків. Представлені дрібними і тонкозернистими глинистими пісками і піщано-глинистими породами. Глибина залягання покрівлі водовмісних порід коливається від 16,8 до 32 м, потужність складає 8 - 10 м. В зв'язку з тим, що в покрівлі неогену залягають червоно-бурі глини, а також наявність в верхній частині розрізу глин балтської світи надає горизонту напірний характер. Висота напору досягає 16 м, глибина залягання рівня води змінюється від 4,4 до 21,0 м. Водоемкість горизонту невисока. Дебіти свердловин складають від 0,64 л/с до 0,3 л/с при зниженні відповідно 16,5 м - 15,0 м. Коефіцієнти фільтрації пісків складають 0,11 - 0,37 м/доб. Води гідрокарбонатні кальцієво-магнієві з мінералізацією 0,3 - 0,7 г/дм<sup>3</sup>. Води жорсткі. Реакція води слаболужна (рН 7,1 - 7,6). Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Розвантаження проходить в водоносний горизонт тріщинуватої зони, який залягає нижче. Практичного значення водоносний горизонт не має, в зв'язку з малою водоемкістю.

*Водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію і їх кори вивітрювання* має широке розповсюдження, приурочений до верхньої тріщинуватої зони кристалічних порід і є єдиним джерелом для організації централізованого водозабезпечення, в зв'язку з низькою водоемкістю осадових порід.

Глибина залягання порід змінюється від декількох метрів в долинах річок і балок до 60 - 70 м на плато. По всій території кристалічні породи перекриваються корою вивітрювання, яка відсутня лише в долинах річок і великих балках, де вона розмита. Представлена кора вивітрювання жорсткою і первинним каоліном. Потужність кори вивітрювання складає в середньому 5,0 - 10,0 м. Жорстка залягає на вивітрених, тріщинуватих кристалічних породах, первинні каоліни займають верхню частину розрізу. Глибина водоносного горизонту змінюється



в широких межах від декількох метрів до 66,0 м. Тріщинуваті води змішуються між собою в результаті циркуляції в різних по петрографічному складі породах від області живлення до області розвантаження і створюють єдиний водоносний горизонт. Тріщинуватість і водозбагаченість кристалічних порід нерівномірна. Збільшена тріщинуватість і водозбагаченість приурочена до зон тектонічних порушень, в межах яких дебіт свердловин в середньому складають 2,0 - 3,0 л/с при зниженнях рівнів на 15,0 - 20,0 м.

Кристалічні породи складно дислоковані. Із них переважаючий розвиток мають уманські граніти та мігматити, серед яких рідко зустрічаються породи гнейсової серії: амфіболіти, гнейси амфіболо-біотито-плагіоклазові і біотито-плагіоклазові. За віком кристалічні породи відносяться до архейнижньопротерозойських утворень. В межах району в кристалічних породах просліджується на протязі до 15 км і завширшки до 1000 м Умансько-Кочубіївська зона розломів. За межами тектонічних зон дебіт свердловин не перевищують 1 - 1,3 л/с при пониженнях 20 - 30 м. Глибина розповсюдження ефективної тріщинуватості не перевищує 130 м. Необхідно відзначити, що навіть в межах тектонічних зон зустрічаються повністю безводні свердловини. Це обумовлюється тим, що поряд з інтенсивною тріщинуватістю зустрічаються блоки порід з слабкою тріщинуватістю або з повною її відсутністю. Глибина до води залежить від рельєфу поверхні і складає 10 - 25 м на плато і його схилах і 0,5 - 1,0 м в долинах річок. В деяких свердловинах, пробурених в долинах річок, рівень встановлюється вище поверхні землі, тобто вони самі виливаються. Тріщинуваті води напірні. Верхній водотрив, невитриманий за площею і потужністю, представлений товщею первинного каоліну та горизонтом червоно-бурих глин. Нижнім водотривом є монолітні породи. Величини напорів змінюються в межах від 6 - 8,0 м до 15,0 - 28,0 м. Тріщинуваті води прісні, величина сухого залишку коливається в межах 0,3 - 0,6 г/дм<sup>3</sup>, загальна жорсткість складає 5 - 7 моль/дм<sup>3</sup>.

За хімічним складом води відносяться до гідрокарбонатних кальцієво-магнієвих, або магнієво-кальцієвих. Водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід на ділянках відсутності верхнього водотриву, гідравлічно

пов'язаний з водами водоносних горизонтів, які залягають вище. Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і перетоку підземних вод з водоносних горизонтів, які залягають вище. Горизонт дронується сучасною ерозійною мережею.

### 1.3 Гірничо-геологічні умови буріння проєктованих свердловин

Геологічна і гідрогеологічна характеристика ділянки, відведеної під будівництво свердловини приводиться на підставі матеріалів буріння і випробування відкачуванням найближчих водозаборів (рис. 1.2).

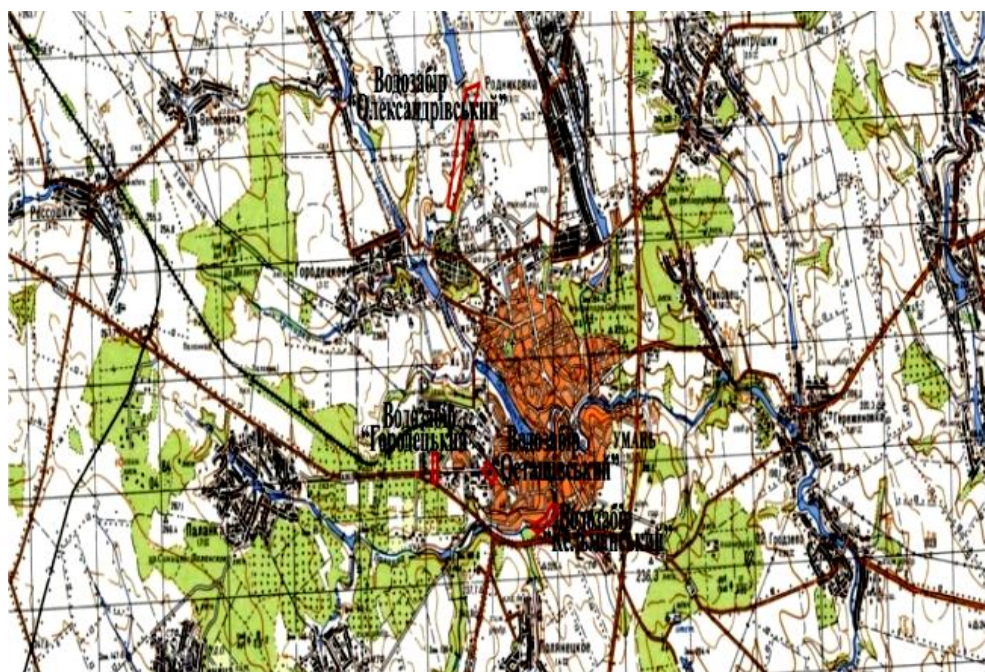


Рисунок 1.2. Оглядова карта діючих водозаборів (м. Умань)

До складу проєктованих заходів, на розглядуваній ділянці, входить такі основні: буріння розвідувально-експлуатаційної свердловини (№ 6060) глибиною 98 м, продуктивністю 13 м<sup>3</sup>/год (312 м<sup>3</sup>/добу); будівництво насосної станції над водозабірною свердловиною з облаштуванням водонапірної башти, укомплектованої необхідним технологічним обладнанням; електропостачання ділянки проєктованих робіт; благоустрій зони санітарної охорони суворого режиму.

Послідовність виконання технологічних операцій під час спорудження

свердловини [12]: буріння свердловини (буде виконуватися роторним способом буровим станком УБВ-600 з прямим промиванням глинистим розчином; обсаджування колонами труб з подальшим їх цементуванням для ізоляції експлуатаційного водоносного горизонту від поверхневого забруднення та виключення проникнення вод вищезалягаючих водоносних горизонтів у затрубний та міжтрубний простір; затрубна цементация обсадних колон водозабірної експлуатаційної свердловини з виведенням на 0,5 м вище поверхні землі; герметизация гирла свердловини.

Подача води для буріння свердловини передбачена з існуючих внутрішньомайданчикових систем існуючого водозабору.

Після виконання бурових робіт передбачається виконати дослідну відкачку з метою встановлення параметрів та продуктивності водоносного горизонту. Дослідна відкачка необхідна для визначення дебіту свердловини і його залежності від зниження рівня. Відкачка буде проведена експлуатаційним насосом на два зниження, починаючи з меншого, тривалістю по 5 діб кожне. При більшому зниженні відкачка, згідно ДБН В.2.5-74:2013, буде проводитись з дебітом, що на 25 - 30% більше. При відкачці декілька разів зупиняють електронасос і після включення протягом 1-ї години відбирають на виході струменю воду в прозору скляну тару для перевірки наявності в воді піску та каламуті. Відкачка насосом може бути припинена тільки після повної відсутності у воді механічних домішок. Після кожного зниження за загальноприйнятою методикою проводяться заміри відновлення рівня води протягом 5 діб. Перед першим відновленням рівня буде відібрано пробу на скорочений хімічний аналіз, перед другим – на повний хімічний аналіз згідно з вимогами Державних санітарних норм та правил. Після закінчення дослідних робіт і відновлення рівня до усталеного, свердловина буде оснащена насосом для експлуатаційної відкачки з проектним дебітом.

В кінці експлуатаційної відкачки передбачено відбір проб на бактеріологічний аналіз.

Після завершення всіх робіт передбачається герметизация гирла свердловини, на якому передбачено встановлення триходового крану для відбору проб

води на хімбаканалізи.

Для забору води із свердловини над нею запроектована насосна станція першого підйому. Враховуючи гідрогеологічні умови площадки, вимоги щодо розміщення необхідних контрольно-вимірювальних приладів, запірно-регулюючої арматури та технологічного обладнання, а також можливість монтажу і демонтажу насосу із застосуванням засобів механізації насосна станція запроектована підземного типу, однокамерна.

Влаштування насосної станції підземного типу виключається можливість замерзання води в трубах взимку, так як глибина встановлення оголовку свердловини та водоводу буде нижче глибини промерзання ґрунту. Також створюються вільний доступ засобів механізації до гирла свердловини над яким будуть розташовуватися люки камери насосної станції.

В табл. 1.1 приведена геолого-гідрогеологічна характеристика розрізу зверху вниз.

Таблиця 1.1

Геолого-гідрогеологічна характеристика розрізу водозабірної свердловини (м. Умань)

Короткий опис порід	Глибина підшви шару, м	Категорія за буримістю	Зони можливих ускладнень
Суглинки	4	II	
Пісок дрібнозернистий	8	I	Поглинання промивальної рідини
Сірувато-бурі щільні суглинки	16	III	
Мергель	18	IV	
Пісок дрібнозернистий	22	I	Поглинання промивальної рідини, осипання стінок свердловини
Глини світло-сірі	26	III	Набрякання порід
Пісок дрібнозернистий	30	I	
Тонкозернисті кварцові піски з незначними прошарками глин	36	II	
Крейда	38	III	Обвалення стінок свердловини
Пісок дрібнозернистий глинистий	45	II	
Піски з домішками дрібної гальки	57	II	
Різнозернисті піски	78	II	
Щільні мергелі	80	IV	
Граніт тріщинуватий водоносний	98	IX	

Коротко проектний геологічний розріз можна охарактеризувати так: категорії порід за буримістю – від I до IV, водоносний горизонт - IX. При бурінні можливі наступні ускладнення: поглинання промивальної рідини; набрякання порід і, як слідство, звуження стовбуру; обвалення стінок свердловини. Водоносний горизонт потужний (18 м), складений гранітами тріщинуватими. Глибина залягання покрівлі водоносного пласта - 80 метрів. Водоносний горизонт не має достатньо потужного водонепроникного екрану, останній представлений щільними мергелями (потужність у вертикальній площині становить лише 2 м). Проектний дебіт водозабірної свердловини - 13 м<sup>3</sup>/год. Статичний і динамічний рівні відповідно дорівнюють 10 і 15 м.

Після проведення комплексу інженерно-геологічних досліджень, поблизу свердловини № 6060 буде споруджено водонапірну башту.

Для запобігання забруднення водозабору підземних вод довкола нього створюється зона санітарної охорони (ЗСО), що складається з трьох поясів, у яких здійснюються спеціальні заходи, що виключають можливість надходження забруднень у свердловину і у водоносний горизонт у районі свердловини [13].

Під природною захищеністю підземних вод розуміється сукупність геологічних, гідрогеологічних і гідродинамічних умов, що перешкоджають проникненню забруднюючих речовин з поверхні землі у водоносні горизонти. До них відноситься глибина залягання підземних вод, літологічний склад порід зони аерації, потужність та водопроникність водотривких або слабопроникних порід, співвідношення рівнів ґрунтових та міжпластових вод, напірні властивості горизонтів.

## Розділ 2. Техніко-технологічна частина

### 2.1 Вибір і розрахунок водоприймальної частини гідрогеологічної свердловини

Невід'ємною складовою конструкції гідрогеологічних свердловин є водоприймальна частина, що розташовується в продуктивному (водоносному) горизонті. Як правило, водоприймальна частина свердловини обладнується відповідної конструкції фільтром, причому основним призначенням останнього є оберігання стінок свердловини від обвалення та очищення води, що поступає з водоносного горизонту у свердловину, від часток породи.

Фільтр повинен мати максимальну пропускну спроможність, мінімальний прохідний опір, тривалий термінів служби, достатню механічну міцність, стійкість проти хімічної і електрохімічної корозії, окрім цього, фільтр має бути простий у виготовленні і мати невелику вартість.

Стандартна конструкція фільтру складається з надфільтрової частини [12], робочої частини і відстійника, закритого знизу пробкою. Довжина відстійника, що служить для осадження минулих через робочу частину фільтру часток породи, залежно від глибини свердловини і характеру водоносних порід, приймається від 1,5 до 10 м. Водопроникна здатність фільтру характеризується його свердловинністю, тобто відношенням площі прохідних отворів до усєї робочої поверхні фільтру.

Фільтри із засипкою складаються із звичайного каркасно-дротяного або сітчастого фільтру, робоча частина якого оточена шаром гравію або крупнозернистого піску. За способом виготовлення розрізняють фільтри із засипкою двох типів [13]: збирані на поверхні і в готовому виді транспортовані у свердловину (вони мають воронкоподібні кошики або перфорований кожух, якими гравій утримується в каркасі; створювані у свердловині шляхом засипки піску і гравію між каркасом і стінками свердловини (у міру засипки гравію через спеціальні труби поступово піднімають обсадну колону).

Фільтри встановлюються у водоприймальній частині свердловини при бурінні в рихлих і нестійких скельних і напівскельних породах. У скельних напівскельних стійких породах фільтри не встановлюються (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Рекомендації з вибору фільтрів для гідрогеологічних свердловин

Водоносні породи	Тип і конструкція фільтра
Скельні та напівскельні стійкі.	Фільтри не встановлюються
Напівскельні нестійкі, щєбенисті і галечникові з переважаючою крупністю часток щєбеню і гальки від 20 до 100 мм (більш 50% за масою).	Трубчаті фільтри з круглою і щілинною перфорацією. Стрижневі фільтри.
Гравій, гравелистий пісок з крупністю часток від 1 до 10 мм і з переважними розмірами часток від 2 до 5 мм (більш 50% за масою).	Трубчаті з круглою і щілинною перфорацією, а також стрижневі фільтри з водоприймальною поверхнею з дротової обмотки, штампованого і просіченого сталевого листа.
Піски крупнозернисті з переважаючими розмірами часток 1 - 2 мм (більш 50% за масою).	Трубчаті із щілинною перфорацією, стрижневі фільтри з водоприймальною поверхнею із дротової обмотки, штампованого просіченого сталевого листа або із сітки квадратного плетіння.
Піски середньозернисті з переважною крупністю часток від 0,25 до 0,5 мм (більш 50% за масою).	Трубчаті і стрижневі з водоприймальною поверхнею з дротової обмотки, штампованого і просіченого сталевого листа або з сітки квадратного плетіння з одношаровою гравійною обсіпкою. Трубчаті і стрижневі з водоприймальною поверхнею з сіток галунного плетіння.
Піски дрібнозернисті з переважною крупністю часток від 0,1 до 0,25 мм (більш 50% за масою).	Трубчаті і стрижневі з водоприймальною поверхнею з дротової обмотки, штампованого і просіченого листа, або сіток галунного плетіння з одношаровою, двохшаровою і трьохшаровою піщано-гравійною обсіпкою. Блочні і клеєві.
Піски різної зернистості за наявності стійкої кривлі.	Безфільтрові свердловини

Виходячи з даних геологічного розрізу та відповідних гідрогеологічних даних, приймаємо до розробки водоносний горизонт, що представлений тріщинуватими гранітами IX - ї категорії за буримістю. Для означених умов приймаємо безфільтрову водоприймальну частину (табл. 2.1) [12] із діаметром 150 мм, що відповідає можливості подальшого експлуатаційного обслуговування свердловини. Оскільки потужність пласта більше 10 метрів, то приймаємо діаметр водоприймальної частини, а розраховуємо довжину.

$$l = \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot V_{\phi} \cdot W}, \quad (2.1)$$

де  $Q$  - дебіт свердловини;  $d$  - діаметр водоприймальної частини;  $V_\phi$  - допустима швидкість фільтрації води;  $W$  - свердловинність фільтру.

$$V_\phi = 36\sqrt{K_\phi}, \text{ м/добу} \quad (2.2)$$

де  $K_\phi$  - коефіцієнт фільтрації, м/добу (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Орієнтовні значення коефіцієнтів фільтрації для водозабірних свердловин

Водоносна порода	Коефіцієнт фільтрації $K_\phi$ , м/добу	Водоносна порода	Коефіцієнт фільтрації $K_\phi$ , м/добу
Скельні тріщинуваті	20 - 60	Пісок крупнозернистий	16 - 30
Скельні слаботріщинуваті	5 - 20	Гравій	31 - 70
Пісок пилюватий	0,5 - 1	Галечник дрібний	71 - 300
Пісок дрібнозернистий	2 - 5	Галечник середній	300 - 500
Пісок середньозернистий	6 - 15	Галечник крупний	Більше 500

Коефіцієнт фільтрації приймаємо рівним  $K_\phi = 10$  м/добу [16].

$$V_\phi = 36\sqrt{10} = 114 \text{ м/добу}.$$

Необхідна довжина водоприймальної частини свердловини

$$l = \frac{24 \cdot 13}{3,14 \cdot 0,150 \cdot 114 \cdot 1} \approx 6 \text{ м},$$

приймаємо довжину водоприймальної частини свердловини  $l = 6$  м.

Перевірка водоприймальної частини свердловини на її водопрпускну здатність: повинна виконуватися умова  $f > Q$ , у свою чергу

$$f = \frac{V_\phi \cdot \pi \cdot d \cdot l}{24} = \frac{114 \cdot 3,14 \cdot 0,150 \cdot 6}{24} = 13,5 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (2.3)$$

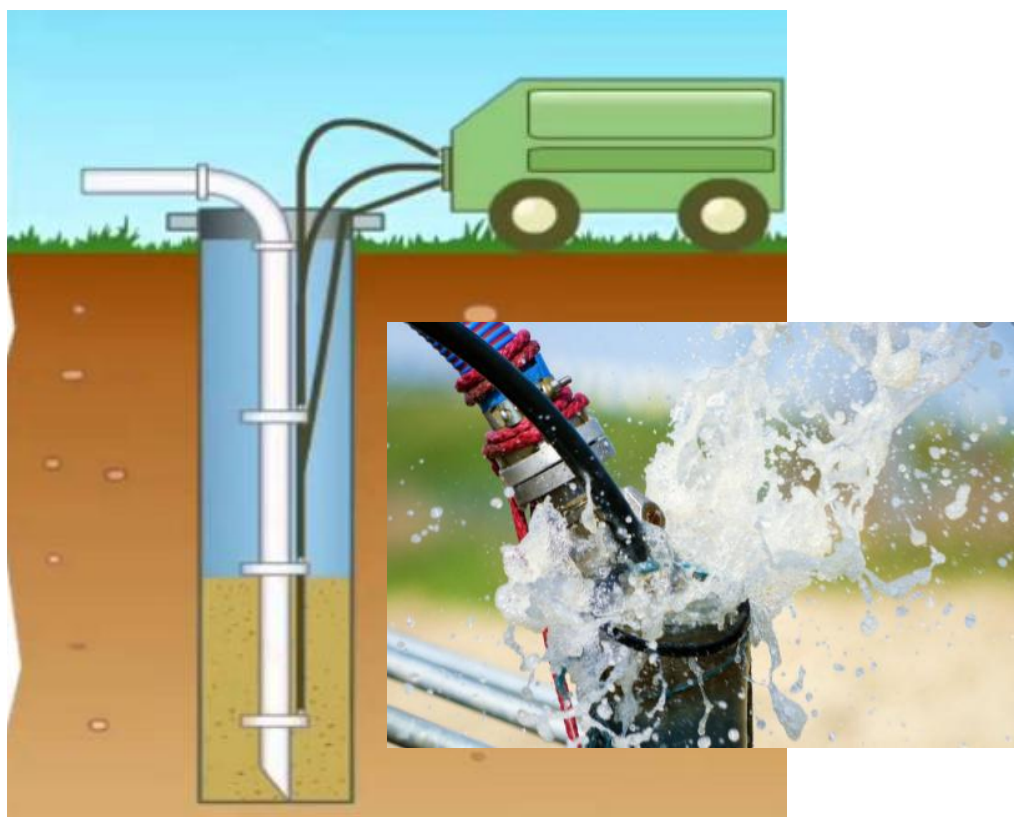
Запроектована конструкція водоприймальної частини свердловини задовольняє заданим умовам.

## 2.2 Вибір та розрахунок параметрів водопідіймальних установок

*Тимчасові відкачування.* Роботи з пробних відкачувань, при різних пониженнях рівня, та освоєння гідрогеологічних свердловин здійснюють за допомогою таких типів водопідіймальних установок: ерліфт, гідроелеватор [12].



Принцип дії ерліфта заснований на тому, що в двох сполучених посудинах положення рівнів рідин при різній питомій вазі неоднаково, причому, рідина з меншою питомою вагою має вищий рівень (рис. 2.1).



*Рисунок 2.1. Свердловинний ерліфт.*

Водоструминна установка (гідроелеватор) відноситься до струминних водопідійомників, в яких рідина зі свердловини подається на поверхню землі за рахунок енергії допоміжної робочої рідини, що підводиться у свердловину. Для цього гідроелеватор включає поверхневий відцентровий насос (або поршневий) з електродвигуном та занурений струминний і дві колони труб. Одна колона, а саме напірний трубопровід – сполучає поверхневий насос із зануреним струминним насосом і призначена для подачі у свердловину робочого потоку рідини, а інша є каналом транспортування відкачуваної рідини на поверхню.

Струминний апарат є пристроєм, який дозволяє підсмоктувати і піднімати на певну висоту рідину за рахунок кінетичної енергії потоку, що підводиться до неї. Принцип дії водоструминних апаратів (рис. 2.2), заснований на безпосеред-

ній передачі кінетичної енергії робочого потоку рідини, що має великий запас енергії, іншому потоку, що має менший запас енергії.

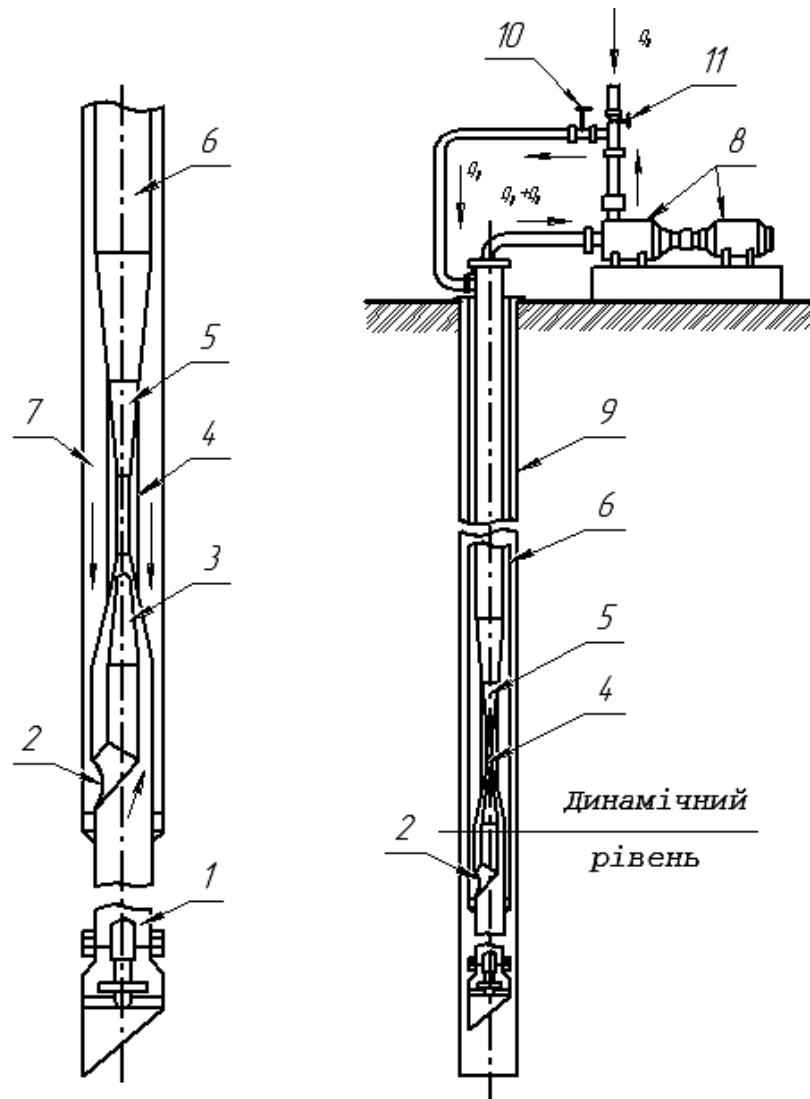


Рисунок 2.2. Свєрдловинний гідроелеватор: 1 - всмоктуюча труба з клапаном; 2 - отвір для подачі води до сопла з кільцевого проміжку; 3 - сопло; 4 - камера змішення; 5 - дифузор; 6 - напірна труба; 7 - зовнішня труба; 8 - насос; 9 - свєрдловина; 10 - засувка для регулювання подачі води у свєрдловину; 11 - засувка для регулювання подачі води в мережу.

Наземна частина водопідйомника складається з відцентрового насоса з електродвигуном, напірного і перепускного трубопроводів і водозбірника (резервуару). Усередині свєрдловини встановлюється подвійна концентрична колона труб. Верхня частина зовнішньої труби сполучена з перепускним трубопроводом, а внутрішня колона верхнім кінцем приєднується до всмоктуючого фланця насоса.

У нижній частині зовнішньої колони встановлена камера 4 з соплом 3 і дифуззором 5 (канал, що розширюється доверху), нижче за камеру приєднується всмоктуюча труба, вище за дифуззор – напірна труба 6.

Потік води, що подається насосом, витікаючи з сопла з великою швидкістю, створює підсос рідини зі свердловини через всмоктуючу трубу 1; в дифуззорі 5 відбувається перетворення частини швидкісного натиску в манометричний, завдяки чому насос через внутрішню трубу піднімає воду на висоту, у декілька разів більше звичайної (7 - 8 м) висоти всмоктування. Частина води  $q_n$  після виходу з насоса прямує у водозбірник, а частина води  $q_p$  через обхідний трубопровід поступає в кільцевий канал трубної колони і свердловину для роботи в змішувальній камері. Таким чином, об'єм води  $q_p$ , що направляється у свердловину насосом, є «робочим».

Для проведення пробних відкачувань, при різних зниженнях рівня рідини, приймаємо ерліфт та розраховуємо його за наступною схемою (рис. 2.3) [13].

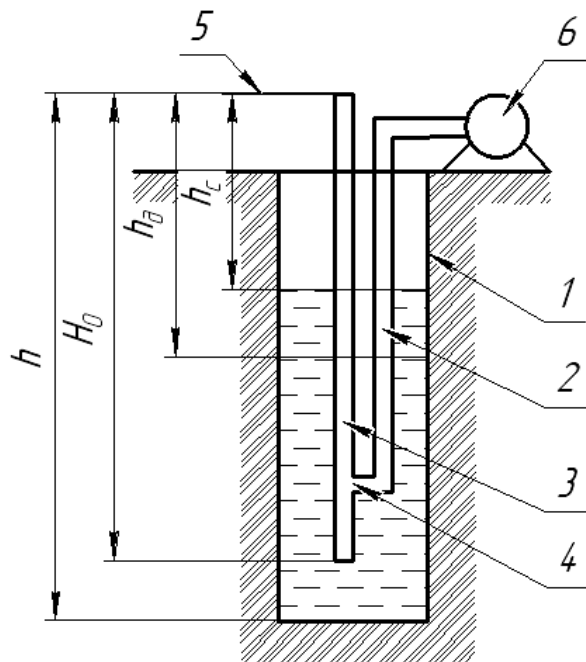


Рисунок 2.3. Схема свердловинного облаштування ерліфта (труби розташовані за схемою «поруч»): 1 - обсадна труба; 2 - повітропровідна труба; 3 - водопідіймальна труба; 4 - змішувач; 5 - рівень виліву; 6 – компресор.

1. Визначення глибини занурення  $H$  змішувача:

$$H = h \cdot k, \quad (2.4)$$

де  $h$  - глибина динамічного рівня води від рівня виливу;  $k$  - коефіцієнт занурення, приймаємо  $k = 3$  (з такою умовою, щоб ерліфт не занурювався всередину водоприймальної частини).

$$H = 15 \cdot 3 = 45 \text{ м.}$$

2. Визначення питомої витрати повітря:

$$v_0 = \frac{h}{c \cdot \lg \frac{h \cdot (k - 1) + 10}{10}}, \quad (2.5)$$

де  $c$  - дослідний коефіцієнт (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Орієнтовні значення дослідного коефіцієнта  $c$  для розрахунку ерліфту

Коефіцієнт занурення $k$	4	3,35	2,85	2,5	2,2	2,0	1,8	1,7	1,55
Дослідний коефіцієнт $c$	14,3	13,9	13,6	13,1	12,4	11,5	10	9	8

Приймаємо  $c = 13,8$ .

$$v_0 = \frac{15}{13,8 \cdot \lg \frac{15 \cdot (3 - 1) + 10}{10}} = 1,8 \text{ м}^3 \text{ на один м}^3 \text{ піднятої води.}$$

3. Повна витрата повітря:

$$W = \frac{Q \cdot v_0}{60}, \quad (2.6)$$

де  $Q$  – проектний дебіт водозабірної свердловини.

$$W = \frac{13 \cdot 1,8}{60} \approx 0,4 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

4. Пусковий тиск повітря:

$$p_0 = 0,1 \cdot (k \cdot h - h_0 + 2), \quad (2.7)$$

де  $h_0$  - глибина статичного рівня води.

$$p_0 = 0,1 \cdot (3 \cdot 15 - 5 + 2) = 4,2 \text{ кгс/см}^2.$$

5. Робочий тиск повітря:

$$p = 0,1 \cdot [h \cdot (k - 1) + 5] = 0,1 \cdot [15 \cdot (3 - 1) + 5] = 3,5 \text{ кгс/см}^2. \quad (2.8)$$

6. Витрата емульсії безпосередньо вище за форсунку:

$$q_1 = Q + \frac{W}{(p-1) \cdot 60} = \frac{13}{3600} + \frac{0,4}{(3,5-1) \cdot 60} = 0,006 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.9)$$

7. Витрата емульсії при виливі:

$$q_2 = Q + \frac{W}{60} = \frac{13}{3600} + \frac{0,4}{60} = 0,01 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.10)$$

8. Площа перерізу водопідіймальної труби біля форсунки:

$$\omega_1 = \frac{q_1}{v_1}, \quad (2.11)$$

де  $v_1$  - швидкість руху емульсії біля форсунки (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Визначення швидкостей водоповітряної суміші при роботі ерліфту

Глибина динамічного рівня води від рівня виливу, м	20	40	60
Швидкість руху суміші біля форсунки $v_1$ , м/с	1,8	2,7	3,6
Швидкість руху суміші при виливі $v_2$ , м/с	6	7 - 8	9 - 10

Приймаємо  $v_1$  рівною 1,8 м/с.

$$\omega_1 = \frac{q_1}{v_1} = \frac{0,006}{1,8} = 0,003 \text{ м}^2.$$

9. Площа перерізу водопідіймальної труби біля рівня виливу:

$$\omega_2 = \frac{q_2}{v_2}, \quad (2.12)$$

де  $v_2$  - швидкість руху емульсії при виливі (табл. 2.4), приймаємо рівною 6,5 м/с.

$$\omega_2 = \frac{q_2}{v_2} = \frac{0,01}{6} = 0,0017 \text{ м}^2.$$

10. Внутрішній діаметр водопідіймальної труби:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \omega_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0017}{3,14}} = 0,05 \text{ м}. \quad (2.13)$$

Згідно ДСТ на колонкові труби [18], приймаємо зовнішній діаметр водопідіймальних труб рівним 73 мм.

11. Згідно рекомендацій, діаметр повітропровідних труб приймаємо рівним 15,75 мм (внутрішній) та 21,25 мм (зовнішній) [13].

12. Продуктивність компресора:

$$W_k = 1,2 \cdot W = 1,2 \cdot 0,4 \approx 0,5 \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (2.14)$$

13. Робочий тиск компресора:

$$p_k = p + 0,5 = 3,5 + 0,5 = 4 \text{ кгс/см}^2. \quad (2.15)$$

14. Розрахункова потужність на валу компресора:

$$N_k = N_0 \cdot p_k \cdot W_k, \quad (2.16)$$

де  $N_0$  - питома потужність, що дорівнює 1,18 кВт.

$$N_k = 1,18 \cdot 4 \cdot 0,5 = 2,36 \text{ кВт.}$$

15. Дійсна потужність на валу компресора:

$$N_{\partial} = 1,1 \cdot N_k = 1,1 \cdot 2,36 \approx 3 \text{ кВт.} \quad (2.17)$$

16. Коефіцієнт корисної дії установки:

$$\eta = 1000 \frac{Q \cdot h}{1,36 \cdot N_d \cdot 75} = 1000 \frac{\frac{13}{3600} \cdot 15}{1,36 \cdot 3 \cdot 75} = 0,2. \quad (2.18)$$

За отриманих значень робочого тиску і продуктивності, приймаємо компресор КТ-7 [13], подача компресора – 5,3 м<sup>3</sup>/хв; робочий тиск - 8 кгс/см<sup>2</sup>.

*Постійні відкачування.* Умова роботи водопідйомників в період відкачувань і постійної експлуатації не однакові. У першому випадку вода, як правило, містить багато механічних домішок, в другому - вона повинна бути вільна від них. Тривалість відкачувань в порівнянні з терміном експлуатації свердловини незрівнянно мала. Крім того, в процесі відкачувань кількості відбираної води і динамічний рівень сильно міняються. Під час експлуатації вони близькі до постійного. Тому для дослідного відкачування слід використовувати в першу чергу ерліфти, а для постійної експлуатації насоси з вищим ККД. Відповідно до рекомендацій з вибору типу водопідйомної установки [18], для постійної експлуатації приймаємо занурений відцентровий насос.

Вибір марки водопідйомника здійснюється за дебітом свердловини і перепадом тиску, який повинен розвивати насос. Розрахунок перепаду тиску, що повинен розвивати відцентровий насос типу ЕВВ, здійснюють за наступною методикою (рис. 2.5) [16]:

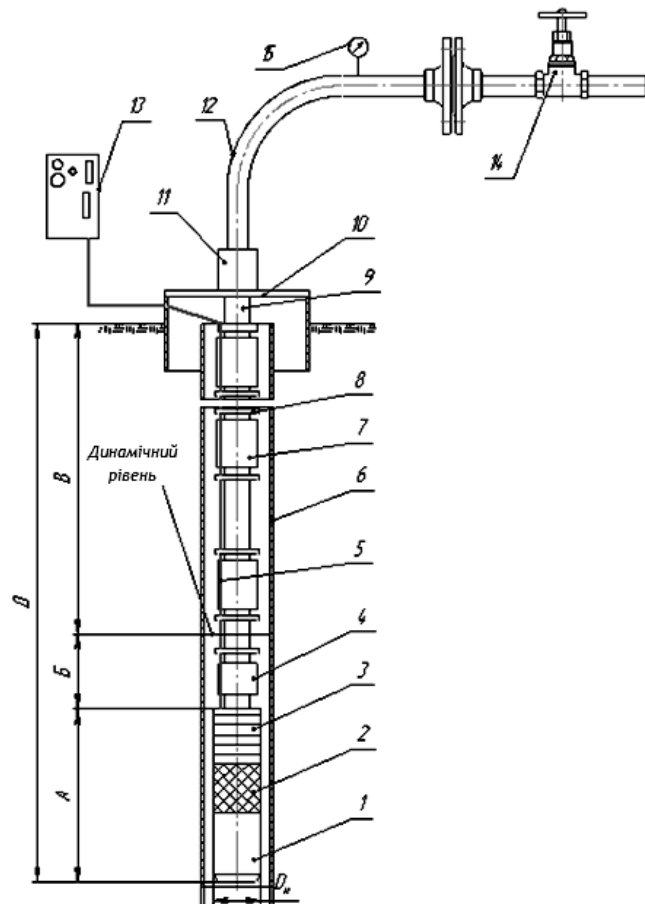


Рисунок 2.5. Схема облаштування водозабірної свердловини насосом типу ЕВВ : 1 - електро-двигун; 2 - сітка; 3 - насос; 4 - муфта глуха; 5 - електричний кабель; 6 - експлуатаційна колона; 7 - муфта; 8 - хомут; 9 - труба; 10 - плита опорна; 11 - спеціальна муфта; 12 - коліно з фланцем; 13 - система управління; 14 - засувка; 15 - манометр.

### 1. Манометричний напір, м

$$H_m = H_{zd} + H_{шк}, \quad (2.19)$$

де  $H_{zd}$  – геодезична висота подавання;  $H_{шк}$  – втрати напору.

$$H_{zd} = h_d + h_u, \quad (2.20)$$

де  $h_d$  – динамічний рівень;  $h_u$  – висота виливу, приймаємо 15 м.

$$H_{zd} = 15 + 15 = 30 \text{ м.}$$

$$H_{шк} = 0,1 \cdot H, \quad (2.21)$$

де  $H$  – довжина напірного трубопроводу, що дорівнює

$$H = H_{zd} + h_3, \quad (2.22)$$

де  $h_3$  – занурення насоса під динамічний рівень, приймаємо 5 м.

$$H = 30 + 5 = 35 \text{ м.}$$

$$H_{шк} = 0,1 \cdot 35 = 3,5 \text{ м.}$$

$$H_{м} = 30 + 3,5 = 33,5 \text{ м.}$$

## 2. Експлуатаційні втрати

$$H_{м} = 0,05H_{м} = 0,05 \cdot 33,5 \approx 1,5 \text{ м.} \quad (2.23)$$

## 3. Загальний напір

$$H_{м}^{заг} = H_{м} + H_{е} = 33,5 + 1,5 = 35 \text{ м.} \quad (2.24)$$

Вибір марки насоса здійснюється за робочими характеристиками  $Q = f(H)$  насосу, з використанням даних щодо необхідних напору і дебіту. Виходячи зі сказаного, приймаємо для постійних відкачувань відцентровий насос марки ЗЕВВ 6-16-50.

## 4. Модернізація насосу:

Надлишок напору:

$$\Delta H = H_{м}^н - H_{м}^{заг} = 50 - 35 = 15 \text{ м.}$$

Напір, що створюється однією гідравлічною сходинкою насосу:

$$H_1 = H_{м}^н / N_{сз} = 50 / 6 = 8,3 \text{ м.}$$

Кількість гідравлічних сходенок, що потребують вилучення:

$$\Delta N_{сз} = \frac{\Delta H}{H_1} = \frac{15}{8,3} = 1,81.$$

Приймаємо  $\Delta N = 1$ , іншими словами - в даному випадку насос потребує зняття однієї гідравлічної сходинки.

## 2.3 Вибір способу буріння і конструкції свердловини

Буріння водозабірних свердловин здійснюється такими основними способами: обертальним (з прямим або зворотним промиванням), ударно-канатним, шнековим, зрідка гідродинамічним [13]. Вибір способу буріння здійснюється на підставі попереднього вивчення геолого-технічних умов проектного розрізу свердловини, а також за матеріалами попередніх бурових робіт, що проводилися на даній території, і, відповідно до рекомендацій з вибору способу буріння



[14], приймаємо роторний спосіб буріння з прямим промиванням. При роторному бурінні обертання долота передається через колону бурильних труб (порожнистий вал) від ротора, що встановлений на гирло свердловини. Ротор використовується і для утримання на вазі колони бурильних і обсадних труб при їх спуску, підвісці, відгвинчуванні. Привід ротора здійснюється від індивідуального приводу, що дозволяє в широких межах регулювати частоту обертання.

Проектування конструкцій свердловини на воду при роторному способі буріння ведеться в такій послідовності [15]. Діаметр водоприймальної частини свердловини становить:  $d_{BЧ} = 150$  мм. Уточнюємо діаметр долота для буріння водоприймальної частини за ДСТ на долота [16]:  $d_{BЧ} = 151$  мм.

Внутрішній діаметр експлуатаційної колони:

$$d_{ЕК} = d_{BЧ}^B + 6 = 151 + 6 = 157 \text{ мм.} \quad (2.25)$$

Внутрішній та зовнішній діаметри експлуатаційної колони уточнюють за ДСТ на обсадні труби [17]:

$$d_{ЕК}^{вн} = 158 \text{ мм.}$$

$$d_{ЕК}^{зн} = 178 \text{ мм.}$$

Внутрішній діаметр експлуатаційної колони відповідає габаритам насосного агрегату ЗЕВВ 6-16-50, зовнішній діаметр якого складає 142 мм.

Діаметр долота для буріння під експлуатаційну колону:

$$d_{ЕК}^{\partial} = d_{ЕК}^M + 2\delta, \quad (2.26)$$

де  $d_{ЕК}^M$  - діаметр муфти експлуатаційної колони; ( $\delta$  - проміжок між стінками свердловини і зовнішньою поверхнею муфти).

$$d_{ЕК}^{\partial} = 196 + 2 \cdot 25 = 246 \text{ мм}$$

Діаметр долота для буріння під експлуатаційну колону уточнюють за ДСТ:

$$d_{ЕК}^{\partial} = 250,8 \text{ мм.}$$

Внутрішній діаметр направляючої колони:

$$d_H^{\delta} = d_{ек}^{\delta} + 50 = 250,8 + 50 = 300,8 \text{ мм.} \quad (2.27)$$

Уточнюють внутрішній і зовнішній діаметри направляючої колони за ДСТ на сталеві обсадні труби:

$$d_H^{6H} = 304 \text{ мм,}$$

$$d_H^{3H} = 324 \text{ мм.}$$

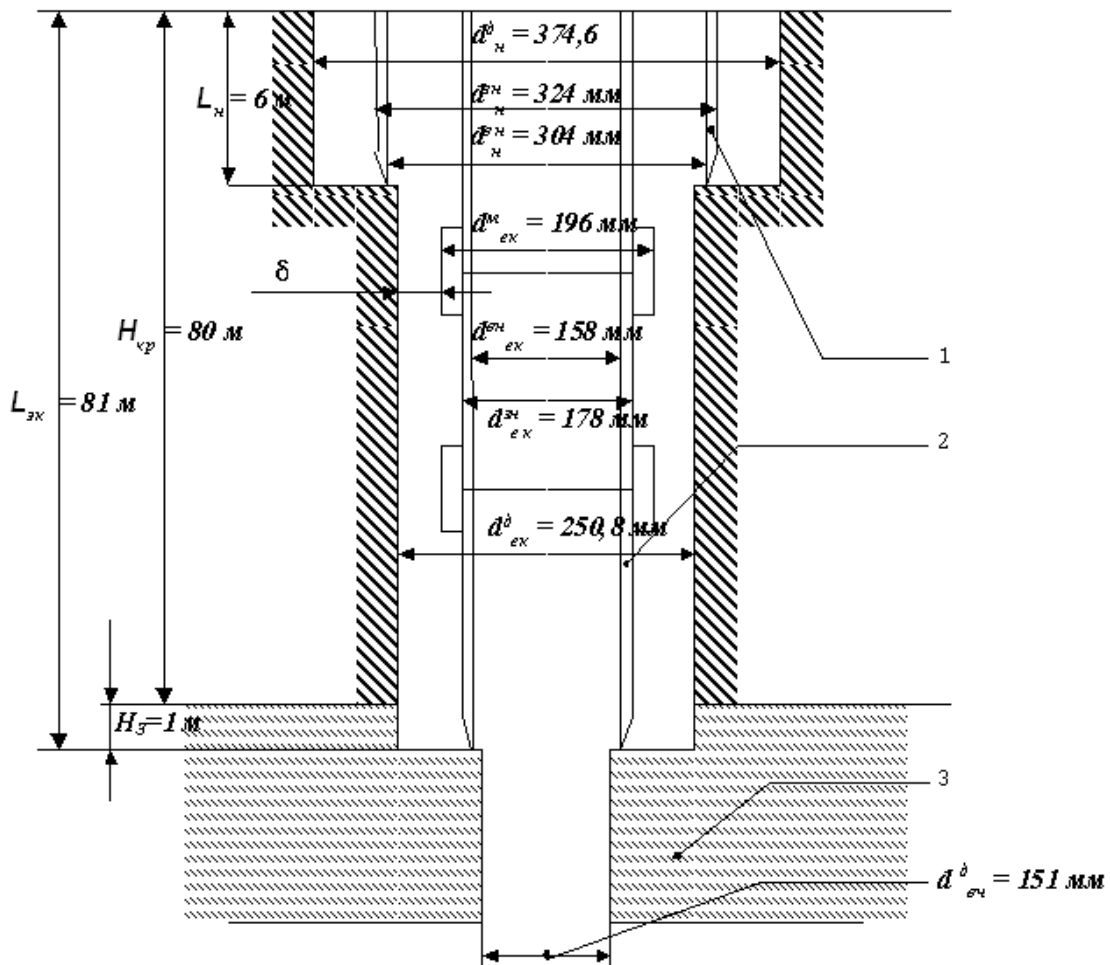


Рисунок 2.6. Розрахункова конструкція свердловини: 1 – направляюча колона; 2 – експлуатаційна колона; 3 – водоносний горизонт.

Вибирають діаметр долота для буріння під напрям:

$$d_H^{\delta} = d_H^{3H} + 50 = 324 + 50 = 374 \text{ мм.} \quad (2.28)$$

Діаметр долота для буріння під направляючу колону уточнюють за ДСТ на долота:

$$d_H^{\partial} = 374,6 \text{ мм.}$$

Глибина буріння під направляючу колону приймається рівною:

$$L_H = 6 \text{ м}$$

Довжина експлуатаційної колони

$$L_{ек} = H_{КР} + h_3 = 80 + 1 = 81 \text{ м.} \quad (2.29)$$

Схема запроектованої конструкції свердловини представлена на рис. 2.6. В результаті проведеного розрахунку отримано дані щодо особливостей конструкції водозабірної свердловини.

## 2.4 Вибір необхідного бурового устаткування і інструменту

Обґрунтований вибір типу бурової установки здійснюється з таким розрахунком, щоб значення параметрів її технічної характеристики, а саме: глибина буріння, початковий і кінцевий діаметри буріння відповідали (були більше або рівні) значенням аналогічних параметрів конструкції свердловини. Враховуючи сказане, приймаємо бурову установку УБВ-600 (рис. 2.7).



Рисунок 2.7. Загальний вигляд бурової установки УБВ-600.

Бурова установка УБВ-600 складається з наступних блоків: бурового (лебідково-щоглового); насосного; роторного (робочого майданчика); містків з висувними стелажми для труб.

Особливості бурової установки (табл. 2.5) – велика приводна і гідравлічна потужність, можливість роздільного і одночасного знімання потужності з двох двигунів, механізація трудомістких процесів при допоміжних операціях, самостійність основних блоків і їх компактність, що дозволяє монтувати устаткування на невеликих майданчиках.

Таблиця 2.5

Основні технічні характеристики бурової установки УБВ-600.

Параметри	Значення
Вантажопідйомність, т:	
Номінальна -	32
Максимальна -	50
Глибина буріння, м -	600
Рекомендовані діаметри свердловин, мм:	
Початковий -	490
Кінцевий -	214
Транспортна база -	КрАЗ - 257
Довжина бурильної труби/свічки, м -	12/12
Прохідний отвір столу, мм -	410
Частота обертання, об/хв -	105, 183
Буровий насос	9МГр - 61 (2 насоси)
Подача максимальна, л/с	32
Тиск максимальний, МПа	15
Компресор	КТ-7
Подача, м <sup>3</sup> /хв	5,3
Тиск, МПа	0,8

Бурова установка перевіряється розрахунком на відповідність вантажопідйомності масі самої важкої обсадної колони, що буде спущена в свердловину, тобто повинна виконуватися умова [14]:

$$Q_G < [Q],$$

де

$$Q_G = q_1 \cdot L \cdot \left(1 - \frac{\rho_p}{\rho_m}\right) = 41,4 \cdot 80 \cdot \left(1 - \frac{1200}{7850}\right) \approx 2820 \text{ кг}; \quad (2.30)$$

$[Q] = 32000$  кг - номінальна вантажопідйомність;  $2820 < 32000$  кг - умова вантажопідйомності витримується.

Діаметр бурильних труб підбирається з умови [18]:  $d_{\bar{om}} = 0,45 \cdot d_{\partial}$ .

На інтервалі 0 - 81 м:  $d_{\bar{om}} = 0,45 \cdot 0,2508 = 0,113$  м; приймаємо 114 мм.

На інтервалі 81 - 98 м:  $d_{\bar{om}} = 0,45 \cdot 0,151 = 0,068$  м; приймаємо 73 мм.

Характеристика прийнятих бурильних труб наведена в табл. 2.6.

Таблиця 2.6

*Розміри труб з висадженими в середину кінцями і муфт до них*

Умовний діаметр труби, мм	Розміри труби, мм			Розміри муфт, мм		Маса, кг		
	зовнішній діаметр	товщина стінки	внутрішній діаметр	зовнішній діаметр	довжина	1 м гладкої труби	двох висадок	муфти
73	73,0	7	59,0	95	166	11,4	1,6	4,2
		9	55,0			14,2	2,4	
		11	51,0			16,8	2,2	
114	114,3	7	100,3	140	204	18,5	4,6	9,0
		8	98,3			20,9	5,8	
		9	96,3			23,3	6,0	
		10	94,3			25,7	6,6	
		11	92,3			28,0	6,4	

Діаметр обважених бурильних труб (ОБТ), які застосовують для підвищення маси і жорсткості нижньої частини бурильної колони. ОБТ дозволяє колоні працювати більш ритмічно, зменшити обриви труб та викривлення свердловини [19].

На інтервалі 0 - 81 м:  $d_{\text{обт}} = 0,75 \cdot d_{\partial} = 0,75 \cdot 0,2508 = 0,188$  м; приймаємо ОБТ з діаметром - 203 мм (ОБТ С2 - 203, з вагою 1 м – 214,6 даН).

На інтервалі 81 - 98 м:  $d_{\text{обт}} = 0,75 \cdot d_{\partial} = 0,75 \cdot 0,151 = 0,113$  м; приймаємо ОБТ з діаметром - 0,120 м (ОБТ С2 - 120, з вагою 1 м – 63,5 даН).

Вибір конкретних типорозмірів породоруйнівного інструменту здійснюється залежно від властивостей гірських порід і діаметрів буріння по проектній конструкції свердловини з урахуванням існуючої номенклатури інструменту по діючих ДСТ і галузевих нормалях (табл. 2.7) [20].

Таблиця 2.7

## Характеристика прийнятих бурових доліт

Інтервал застосування долота	Тип долота	Діаметр долота, мм	Гірські породи, що розбурюються	Приєднувальна різьба	Маса, кг
Буріння під направляючу трубу	374,6 МСЗ- ГВУ-R324	374,6	Для м'яких порід	3-177	175,0
Буріння під експлуатаційну колону	250,8 МСЗ- ГАУ- R131	250,8	Для м'яких з прошарками середніх абразивних порід	3-152	60,5
	250,8 К- ГАУ- R150		Для особливо міцних порід типу гранітів	3-152	60,5
Буріння водоприймальної частини	151К-ЦВ- R741	151	Для особливо міцних порід типу гранітів	3-88	11,8

Вибір бурового устаткування і породоруйнівного інструменту завершено.

## 2.5 Вибір очисного агента

Промивання свердловин – одна з найвідповідальніших операцій, що виконуються при бурінні [21]. Раніше призначення процесу промивання обмежувалося очищенням забою від частинок вибуреної породи і їх винесенням зі свердловини, а також охолодженням долота. Проте, у міру розвитку бурової справи, функції бурового розчину розширилися. Тепер, окрім вже зазначеного, сюди входять: передача енергії турбобуру або гвинтовому двигуну; попередження потрапляння у свердловину нафти, газу і води; утримання частинок розбуреної породи в зваженому стані при припиненні циркуляції; змазування деталей долота, що труться; зменшення тертя бурильних труб об стінки свердловини; запобігання обвалам порід із стінок свердловини, зменшення проникності стінок свердловини, завдяки кіркоутворенню.

При бурінні свердловин промивальна рідина циркулює по замкнутому гідролічному контуру. При прямій промивці, промивальна рідина нагнітається буровим насосом по колоні бурильних труб, омиває забій, захоплює при цьому

шлам, охолоджує породоруйнівний інструмент і по кільцевому простору між бурильними трубами і стінками свердловини виходить на поверхню.

Промивальні рідини є полідисперсними системами (частинки дисперсної фази мають неоднаковий розмір). По вигляду дисперсної фази промивальні рідини діляться на рідини з твердою фазою (суспензії), рідкою (емульсії) і газоподібною (аеровані розчини), а також на комбіновані, коли дисперсна фаза представлена різними по вигляду компонентами. По складу дисперсної фази промивальні рідини діляться на глинисті розчини, силікатно-гумінові, крейдянні, розчини з дисперсною фазою з розбурюваних порід (природні розчини), розчини з дисперсною фазою з нафтопродуктів.

Залежно від геологічного розрізу промивальні рідини не обробляються або обробляються хімічними реагентами. Перші застосовуються за нормальних геологічних умов (вода і нормальний глинистий розчин), другі – за ускладнених умов буріння (спецрозчини).

В табл. 2.8 наведені конкретні рекомендації щодо вибору ефективних промивних систем для спорудження свердловин в товщах м'яких осадових порід [22].

Таблиця 2.8

*Рекомендації щодо вибору очисних агентів для складних умов буріння*

Ускладнення	Типові породи	Рекомендовані очисні агенти
Обвали, розмив	Піски	Глинясті і крейдянні розчини з підвищеною кількістю твердої фази, обважнені розчини
Обвали, набухання, пластична течія, розмив	Суглинки, глини, піщано-глинясті ґрунти	Інгібовані глинясті розчини, крейдянні, сапропелеві розчини
Обвали, осипи, слабе набухання, пластична течія, розмив	Сланці глинясті	Інгібовані глинясті і крейдянні розчини, із зниженою водовіддачею. В окремих випадках глинясті розчини
Обвали, осипи, слабкий розмив, вивали	Сланці піщано-глинясті	Глинясті і крейдянні розчини. Розчини на основі вибурених порід, силікатно-гумінові, полімерні, комбіновані

Промивальна рідина вибирається залежно від властивостей перетинаємих порід і інших умов (збереження водопроникності пласта і ін.). Наприклад, при бурінні свердловин в стійких породах застосовується промивка водою.

Геологічний розріз в інтервалі буріння під направляючу та експлуатаційну колони складений м'якими породами I - III категорій за буримістю з прошарками середніх порід. У цих породах можливі наступні ускладнення: поглинання промивальної рідини, обвалення і набрякання глинистих порід. Саме тому, в інтервалі залягання цих порід рекомендується у якості очисного агента застосовувати нормальний глинистий розчин з наступними властивостями: густина 1,2 г/см<sup>3</sup>; умовна в'язкість 22 с; вміст піску не більше 4%; водовіддача 8 см<sup>3</sup> за 30 хв.; товщина глинистої кірки 1 мм. Для отримання розчину з такими властивостями в нього слід додати наступні реагенти: ПВЛР - 20%, ССБ - 2%.

Для розкриття продуктивного горизонту, з метою попередження його кольмотації, приймаємо технічну воду.

## **2.6 Розрахунок параметрів технології буріння та цементування гідрогеологічної свердловини**

*Розрахунок параметрів технології буріння.* Поглиблення (або власне механічне буріння) – це результат руйнування гірських порід долотом, що обертається з певною швидкістю, знаходиться під деяким навантаженням при постійному очищенні вибою свердловини від вибуреної породи буровим розчином певної якості і рухомим з деякою заданою швидкістю. Під режимом буріння розуміють певне поєднання чинників, що впливають на показники буріння. Ці чинники називають параметрами режиму буріння.

До найважливіших параметрів відносять: осьове навантаження на долото; частоту обертання долота (або ротора); кількість (витрату) циркулюючого бурового розчину.

*Загальний порядок спорудження проекрованої свердловини.* Забурювання свердловини здійснюється долотом діаметром 374,6 мм до глибини 6 м. Після чого, отриманий інтервал обсаджується трубами діаметром 324 мм з повною цементациєю затрубного простору. Буріння по непродуктивних товщах в інтервалі 6 - 80 м ведеться долотом діаметром 250,8 мм з наступною установкою екс-



плуатаційної колони діаметром 178 мм і з повною цементациєю затрубного простору. Подальше буріння ведеться по водоносній породі долотом діаметром 151 мм до проектної глибини - 98 м.

*Забурювання свердловини.* Осьове навантаження створюватиметься власною вагою бурового снаряда. Частота обертання приймається мінімальна:  $n = 105$  об/хв. Подача промивальної рідини при забурюванні, для попередження інтенсивного руйнування пригирлової частини свердловини, приймається мінімальною:  $Q = 220$  л/хв.

*Буріння по непродуктивних товщах.* Осьове навантаження створюватиметься ОБТ С2 - 203 діаметром 203 мм з вагою одного метра труби  $q_1 = 214,6$  даН, тоді довжина необхідного комплексу ОБТ,  $L_{ОБТ}$  (м) складатиме:

$$L_{ОБТ} = \frac{P \cdot k}{q_1 \cdot \left(1 - \frac{\rho_p}{\rho_m}\right)}, \quad (2.31)$$

де:  $P$  - осьове навантаження;  $k$  - коефіцієнт, що враховує необхідність наявності деформованого стиснутого відрізка колони ОБТ.

Визначення осьового навантаження в інтервалі залягання порід I - IV категорій за буримістю

$$P = p \cdot D = 200 \cdot 25,08 = 5016 \text{ даН}, \quad (2.32)$$

де  $p$  - питоме осьове навантаження, даН (табл. 2.9) [18],  $D$  - діаметр долота, см.

Таблиця 2.9

Рекомендовані значення осьового навантаження на бурові долота

Найменування гірських порід	Питоме осьове навантаження в даН на 1 см діаметра долота	
	шарошкові	лопатеві
Пухкі породи (піски, гравій, галечник)	-	50 - 100
М'які пластичні породи (глини, суглинки, мергелі, крейда, солі)	150 - 200	100 - 150
Породи середньої твердості (щільні глини, піщаники, вапняки, глинисті сланці)	200 - 250	-
Тверді породи (доломіти, щільні вапняки, міцні сланці, піщаники)	250 - 300	-
Тверді й міцні породи (кременисті вапняки й піщаники, доломіти, кварцити, граніти)	до 500	-

При глибині буріння менше 100 м осьове навантаження слід зменшити в 2 рази; приймаємо  $P = 2500$  даН.

$$L_{\text{ОБТ}} = \frac{2500 \cdot 1,25}{214,6 \cdot \left(1 - \frac{1,2}{7,85}\right)} = 17,12 \text{ м,}$$

з урахуванням довжини свічки (довжина свічки 12 м) приймаємо довжину ОБТ - 18 м (1,5 свічки).

*Буріння по продуктивних товщах.* Визначення осьового навантаження в інтервалі залягання порід IX категорії за буримістю (ОБТ С2 - 120):

$$P = p \cdot D = 450 \cdot 15,1 = 6800 \text{ даН.}$$

При глибині буріння менше 100 м осьове навантаження слід зменшити в 2 рази; приймаємо  $P = 3400$  даН.

Загальна довжина ОБТ

$$L_{\text{ОБТ}} = \frac{3400 \cdot 1,25}{63,5 \cdot \left(1 - \frac{1,2}{7,85}\right)} \approx 78 \text{ м,}$$

приймаємо з урахуванням довжини свічки - 78 м (6,5 свічок).

Частота обертання: вибір числа оборотів долота можна здійснювати згідно рекомендацій, приведених в табл. 2.10 [13].

Таблиця 2.10

Рекомендовані значення осьового навантаження на бурові долота

Найменування гірських порід	Частота обертання долота, об/хв.	
	шарошкові	лопатеві
Пухкі породи (піски, гравій, галечник)	-	100 - 150
Галечник	150 - 200	-
М'які пластичні породи (глини, суглинки)	200 - 250	150 - 200
Породи середньої твердості (щільні глини, піщаники, вапняки, глинисті сланці)	200 - 250	-
Тверді породи (доломіти, щільні вапняки, міцні сланці, піщаники)	200 - 350	-
Тверді породи (кременисті вапняки, піщаники)	200 - 300	-
Міцні породи (кварцити, граніти)	60 - 200	-

Відповідно до технічної характеристики установки приймаємо  $n = 105$ ; 183 об/хв.

Таблиця 2.11

Рекомендовані швидкості висхідного потоку

Породоруйнівний інструмент	Швидкість висхідного потоку при промиванні, м/с	
	водою або розчинами ПАР	глинистим розчином
Долота різального типу	0,6 - 1,0	0,6 - 0,8
Шарошкові долота	0,6 - 0,8	0,4 - 0,6

Подача промивальної рідини, м<sup>3</sup>/с:

$$Q = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot v_n, \quad (2.33)$$

$D$  - найбільший діаметр свердловини або обсадних труб (зазвичай на гирлі), м;  $d$  - зовнішній діаметр бурильних труб, м;  $v_n$  - швидкість висхідного потоку, м/с (приймаємо  $v_n = 0,4$  м/с) [15].

$$Q = 0,785 \cdot (\sqrt{0,2508^2 - 0,120^2}) \cdot 0,4 = 0,015 \text{ м}^3/\text{с},$$

відповідно до технічної характеристики насоса 9МГр - 61, приймаємо  $Q$  рівним 12,25 л/с.

Дані щодо розрахунку режимних параметрів проектованої бурової свердловини наведені в табл. 2.12.

Таблиця 2.12

Породоруйнівний інструмент та режимні параметри для спорудження проектованої водо-забірної свердловини

Перебурюваний інтервал, м	Породоруйнівний інструмент	Параметри режиму буріння		
		С, даН	n, об/хв	Q, л/хв
0 - 6	374,6 МСЗ-ГВУ-R324	-	105	220
6 - 80	250,8 МСЗ-ГАУ-R131	2500	183	735
81 - 98	151К-ЦВ-R741	3400	105	735

Вибір режимних параметрів процесу буріння свердловини завершено.

*Розрахунок цементування гідрогеологічної свердловини.* Основним призначення цементування обсадних колон при гідрогеологічному бурінні є наступне: створюється надійна ізоляція непродуктивних водоносних горизонтів від експлуатованих; оберігається затрубний простір від обвалу рихлих порід і проникнення їх у водоприймальну частину; оберігаються обсадні колони від корозії

мінералізованими водами, тобто підвищується ресурс роботи обсадної колони і свердловини; ізолюється поглинаючі горизонти при бурінні свердловин [23].

Для цементування обсадної колони необхідно визначити оптимальні параметри цієї операції: тип і властивості тампонажного розчину, об'єми використуваних розчинів і кількість матеріалів необхідних для їх приготування.

*Розрахунок цементування.*

Послідовність та зміст розрахунку цементування визначається схемою, що представлена на рис. 2.8.

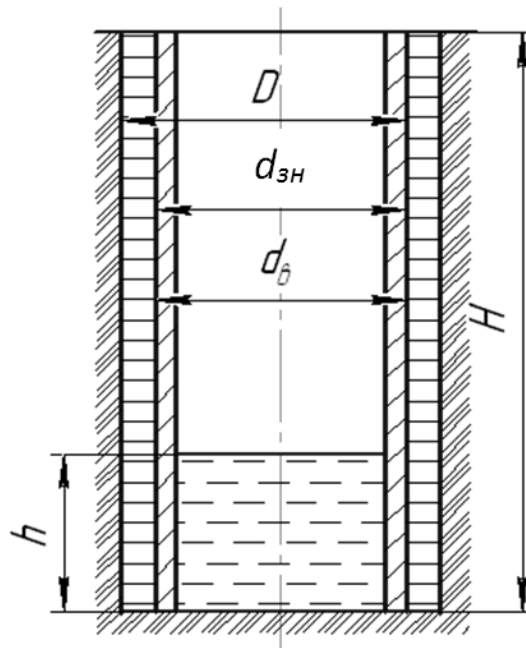


Рисунок 2.8. Розрахункова схема цементування свердловини.

1. Густина цементного розчину,  $\text{кг/м}^3$ :

$$\rho_{\text{цр}} = \rho_{\text{ц}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot (1+m) / (\rho_{\text{в}} + m \cdot \rho_{\text{ц}}), \quad (2.34)$$

де  $\rho_{\text{в}}$  - густина води;  $\rho_{\text{ц}}$  - щільність цементу;  $m$  - водоцементне відношення;

$$\rho_{\text{цр}} = 3100 \cdot 1000 \cdot (1+0,5) / (1000 + 0,5 \cdot 3100) = 1830, \text{ кг/м}^3.$$

2. Питома витрата сухого цементу,  $\text{кг/м}^3$ :

$$q_{\text{ц}} = \frac{\rho_{\text{цр}}}{(1+m)} = \frac{1830}{1+0,5} = 1220. \quad (2.35)$$

3. Об'єм цементного розчину,  $\text{м}^3$ :

$$V_{up} = 0,785 \cdot [(K_1 \cdot D_c^2 - D^2) \cdot h_u + d^2 \cdot h], \quad (2.36)$$

де  $K_1$  - коефіцієнт, що враховує можливе збільшення діаметру свердловини;  $D_c$  - діаметр свердловини, м;  $D$  - зовнішній діаметр обсадних труб, м;  $d$  - внутрішній діаметр обсадних труб, м,  $h_u$  - висота підйому цементного розчину в затрубному просторі,  $h$  - висота цементного стакану.

$$V_{up} = 0,785 \cdot [(1,2 \cdot 0,2508^2 - 0,178^2) \cdot 81 + 0,158^2 \cdot 5] \approx 2,9 \text{ м}^3.$$

4. Необхідна кількість сухого цементу, т:

$$Q_u = K_u \cdot q_u \cdot V_{up}, \quad (2.37)$$

де  $K_u$  - коефіцієнт, що враховує втрати цементу.

$$Q_u = 1,1 \cdot 1,22 \cdot 2,9 \approx 3,9 \text{ т.}$$

5. Необхідний об'єм води, м<sup>3</sup>:

$$V_B = \frac{m \cdot Q_u}{K_u \cdot \rho_B} = \frac{0,5 \cdot 3,9}{1,1 \cdot 1} = 1,8. \quad (2.38)$$

6. Об'єм протискувальної рідини, м<sup>3</sup>:

$$V_{IP} = 0,785 \cdot K_2 \cdot d^2 \cdot (L - h), \quad (2.39)$$

де  $K_2$  - коефіцієнт, що враховує стисливість рідини.

$$V_{IP} = 0,785 \cdot 1,05 \cdot 0,158^2 \cdot (81 - 5) \approx 1,56 \text{ м}^3.$$

Для закачування цементного розчину будуть застосовані насоси, що входять до складу бурової установки УБВ-600: 9МГр - 61 (2 насоси), подача насосів - 32 л/с, тиск - 15 МПа.

Таблиця 2.13

Параметри цементування проекрованої водозабірної свердловини

Густина цементного розчину, кг/м <sup>3</sup>	Об'єм цементного розчину, м <sup>3</sup>	Необхідна кількість сухого цементу, т	Необхідна кількість води, т
1830	2,9	3,9	1,8

Дані щодо розрахунку параметрів цементування проекрованої бурової свердловини наведені в табл. 2.13.

В результаті проведених розрахунків отримано параметри процесу цементування та необхідні кількості компонентів цементного розчину.

## 2.7 Монтаж та експлуатація водопідіймальної установки

Завершальні роботи у водозабірних свердловинах складаються з наступних операцій: монтаж фільтру, обладнання свердловини зануреним електричним насосом ЕВВ [21]. Забороняється: включати електронасос безпосередньо від мережі; здійснювати багатократні повторні запуски електронасоса; здійснювати запуск електронасоса, електродвигун якого не залитий водою; включати в роботу не заповнений і не занурений у воду електронасос, що призводить до неминучої аварії.

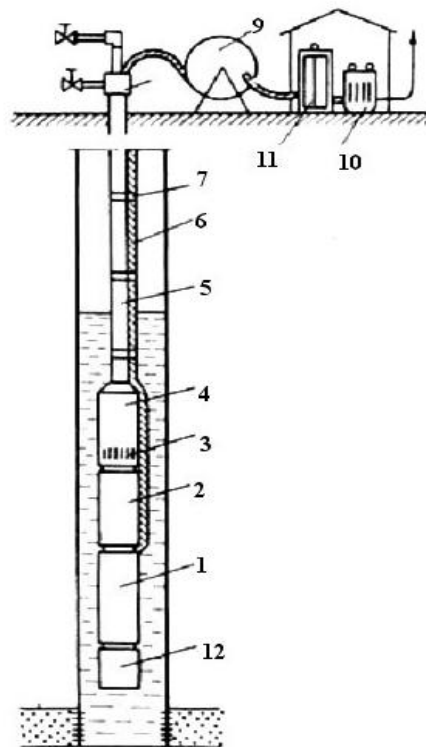


Рисунок 2.9. Загальна схема установки зануреного відцентрового насоса: 1 – маслозаповнений електродвигун; 2 – ланка гідрозахисту або протектор; 3 – приймальня сітка насоса для забору рідини; 4 – багатоступінчастий відцентровий насос; 5 – насосно-компресорні труби (НКТ); 6 – броньований електрокабель; 7 – пояски для кріплення кабелю до НКТ; 8 – гирлова арматура; 9 – барабан для намотування кабелю при спуско-підйомних роботах і зберігання певного запасу кабелю; 10 – трансформатор або автотрансформатор; 11 – станція управління з автоматикою; 12 – компенсатор.

Перед встановленням насоса ЕВВ, свердловину необхідно прокачати ерліфтом, оскільки наявність в ній піску і стороннього сміття неминуче приведе до аварії.

До спуску насоса в свердловину слід перевірити, чи немає в ньому заїдань і перекосів, які могли виникнути в результаті необережного транспортування.

Монтують агрегат таким чином: живлячий кабель сполучають з вивідними кінцями електродвигуна пайкою в сполучній гільзі, місця пайки ретельно ізолюють; трубу з муфтою вкручують у верхній патрубок насоса повністю і застопорюють двома гвинтами; монтажний хомут закріплюють на трубі у торця муфти і під'єднують металевими стропами до крюка талі або блоку. Після цього агрегат піднімають у вертикальне положення і опускають у свердловину. У різьблення муфти вкручують трубу і у такій послідовності продовжують спускати насос.

При експлуатації електронасоса необхідно: систематично стежити за показами амперметра (величина струму електродвигуна не повинна перевищувати номінальних значень); у разі появи у відкачуваній воді піску, необхідно зменшити подачу електронасоса, прикриваючи засувку до повного освітлення води; встановити причину піскування (робота в режимі піскування забороняється); систематично перевіряти динамічний рівень води у свердловині; стежити за напором і продуктивністю насосу; систематично перевіряти справність електроприладів системи автоматичного управління; фіксувати несправності.

Зупиняти електронасос для огляду слід при: припиненні подачі води; підвищенні струму, споживаного електродвигуном, над номінальним значенням; зменшенні продуктивності насоса більш, ніж на 25% від номінальної величини.

## **2.8 Попередження і усунення ускладнень при спорудженні водозабірних свердловин**

Особливо істотний вплив на процес спорудження свердловин чинять геологічні фактори, а саме генезис гірських порід. Відомо, що магматичні та мета-

морфічні гірські породи під дією різноманітних факторів вивітрюються (руйнуються) [2]. Частково продукти руйнування залишаються на місці утворення, однак, здебільшого підхоплені водою, вітром, льодом вони транспортуються і перевідкладаються найперше по берегах річок, частково в морях, озерах або в інших місцях на поверхні суші у вигляді так званих осадових порід. Саме вони у формах суміші піску, глини, вапняків тощо повсюдно утворюють верхній шар земної кори, формують сучасний рельєф рівнин.

Серед осадових різниць глинисті породи найпоширеніші, де їх частка за об'ємом становить не менше 50%. Мінеральний склад глинистих порід досить складний. Здебільшого вони виповнені вторинними мінералами: гідрослюдами, монтморилонітом, каолінітом до яких домішується опал, сидерит, кальцит, доломіт, гіпс, фосфорит, оксиди і гідроксиди Fe, Mn, Al органічні речовини тощо.

Глина – це щільна, але незцементована багатомінеральна гірська порода [4]. За мінералогічним складом виділяють каолінові, монтморилонітові (бентонітові), гідрослюдисті, глауконітові глини.

У сухому стані глини переважно дуже щільні, хоча твердості їх низька. Зволожені – стають високопластичними; розбухають, збільшуючись в об'ємі іноді на 25 - 40%, а сила набухання сягає 10 кг/см<sup>2</sup>. Набухаючи вони стають водотривними й утворюють водонепроникний шар.

Зароджуються глинисті мінерали на суші, однак більшість з них остаточно нагромаджується на дні великих водойм – в океанах, морях та озерах. Щодо каоліну, то вважають, що утворилися вони внаслідок гіпергенезу польовошпатово-слюдистих порід (гранітів, сієнітів) з подальшою акумуляцією в корі вивітрювання. У первинних каолінах ще містяться зерна кварцу, у вторинних (перевідкладених) їх немає. Каолін – малопластичний.

Аргіліт – тверда, кам'яноподібна глиниста порода, що утворилась внаслідок ущільнення, цементації та дегідратації глини. За зовнішніми ознаками аргіліт схожий на глину, однак на відміну від неї у воді не розмокає. За подальшого ущільнення аргіліт поступово переходить у глинисті сланці – метаморфічну гірську породу.



Переважно піски і глини в природі у тій чи іншій пропорції перемішуються, утворюючи супіски чи суглинки. Супісок – це глинисто-піщана суміш в якій частка глини і пилу складає 10 - 20% від загальної маси, решта – пісок. Супісок добре пропускає воду, він не пластичний, часто шаруватий. Суглинок – піщано-глиниста суміш в якій частка глини сягає 20 - 55%, а решта дрібнозернистий пісок. На відміну від супіску добре утримує воду, але порівняно з глиною менш пластичний.

Буріння свердловин в осадових породах супроводжується виникненням різного роду ускладнень, найпоширенішим з них є прихоплення - непередбачувані аварії у свердловині, що характеризуються частковим або повним припиненням руху бурильного інструмента, металевих обсадних труб або геофізичних (гідрогеологічних) приладів і пристроїв [22]. Прихоплення є найскладнішими і найтрудомісткими аваріями в бурінні. Виділяють три основних типи прихоплення: 1) бурильних колон; 2) обсадних труб; 3) породоруйнівних інструментів і колонкових наборів.

При наявності в розрізі свердловини глинистих порід, насамперед їх здатність до набрякання визначає ступінь складності процесу спорудження стовбура свердловини [23]. Глини, що містять монтморилоніт, називають бентонітовими. При набряканні вони можуть збільшуватися в об'ємі до 14 разів. Існуюча практика буріння доводить, що застосування саме глинистих бурових розчинів дозволяє в більшості випадків попередити можливі ускладнення в стовбурі свердловини, пов'язані із проявом різноманітних фізико-хімічних властивостей осадових порід і в даному випадку глин. Разом з тим, ефективність застосування глинистих розчинів може бути максимальною лише за умов піддавання глинистих бурових розчинів спеціальній обробці, яка передбачає фізичну та хімічну обробку дисперсійного середовища [21].

З бентонітових глин навіть без усякої хімічної обробки виходять кращі по стабільності й інших показниках розчини. Каолінітові глини погано розпускаються у воді. Стабільність каолінових розчинів дуже незначна. Іллітові мінерали дають розчин, який по якості займає проміжне положення.

При приготуванні глинистих розчинів необхідно контролювати наступні їх основні технологічні параметри (табл. 2.14).

Таблиця 2.14

*Типи і параметри деяких видів промивальних рідин на основі глин*

Тип промивальної рідини, розчина	Основні технічні параметри				
	Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Умовна в'язкість $T$ , с	Водовіддача $V$ , см <sup>3</sup> /30 хв.	Напруга зсуву, Па	
				динамічна	статична
Нормальний глинистий	1070 - 1130	20 - 24	20 - 30	17 - 20	7,4 - 13
Нормальний глинистий з підвищеною кількістю глини	1150 - 1200	25 - 30	25 - 35	18 - 20	8 - 14
Покращений глинистий	1060 - 1100	19 - 23	12 - 15	19 - 21	8,2 - 15
Малоглинистий полімер-бентонітовий	1040 - 1060	16 - 33	3 - 12	2 - 4	1 - 3
Обважений баритом глинистий	1600 - 1900	25 - 60	5 - 6	17 - 25	17 - 24
Розчин на основі вибурених глинистих порід необроблений	1020 - 1050	16 - 20	25 - 30	8 - 12	2,5 - 6

При приготуванні глинистого розчину здійснюють додаткове диспергування глин. Ступінь дисперсності глинистих часток залежить від інтенсивності здрібнювання, фізико-хімічного і мінералогічного складу глини [24]. Найбільшу дисперсність мають монтморилоніти, найменшу – каолінові глини. Фракція більш 1 мкм у відсотках по вазі для бентоніту складає біля 15%, а для каолініту - 60%; менш 50 мкм для бентонітів – близько 40%, каолініт такої фракції не дає.

Буровий розчин і хімічні реагенти, що застосовують для його оброблення, мають забезпечити утворення тонких міцних фільтраційних кірок. Водночас в'язкість і статичне напруження зсуву розчину повинні мати мінімальні значення.

### Розділ 3. Охорона праці

Підприємства, що виконують бурові, суміжні та ремонтно-відновні роботи, зобов'язані, не пізніше ніж за один місяць до початку робіт, зареєструватися у територіальних управліннях Державної служби України з питань праці. Заново створені підприємства повинні отримати у територіальних управліннях Державної служби України з питань праці дозвіл на початок робіт [25].

У відповідності з вимогами вищевказаних нормативних документів, при виконанні робіт дозволяється застосовувати лише те обладнання, інструменти та апаратуру, що відповідають технічним умовам (ТУ), експлуатувати їх згідно з експлуатаційною та ремонтною документацією і підтримувати у справності і чистоті.

Під час організації будівельного майданчика необхідно визначити небезпечні для людей зони, у межах яких діє або потенційно може діяти небезпечний виробничий фактор. Небезпечні зони постійних факторів повинні бути огорожені, а потенційних факторів позначатися знаками відповідно до вимог ДСТ 12.4.059-78 та ДСТ 12.1.013-78 (електробезпека).

Пуск в роботу нових об'єктів, а також таких після капітального ремонту та реконструкції дозволяється лише після приймання їх комісією, яку призначає наказом керівник підприємства, з обов'язковою участю представників відомчої профспілки і органів Державної служби України з питань праці.

Кожен працівник, помітивши небезпеку, яка загрожує людям, будовам і майну, повинен вжити залежних від нього заходів для її усунення і негайно повідомити своєму безпосередньому керівнику або особі технічного нагляду. Керівник робіт або особа технічного нагляду зобов'язані вжити заходів щодо усунення небезпеки; у разі неможливості попередити небезпеку – припинити роботи, вивести працюючих у безпечне місце і повідомити старшу посадову особу.

Дозволяється застосовувати лише те обладнання (геофізичне, бурове, гірничопрохідницьке, гідрогеологічне, випробувальне і лабораторне), яке відповідає вимогам правил безпеки та інших нормативних документів з охорони праці.

Виробництво і введення в експлуатацію нової чи модернізованої геолого-розвідувальної та бурової техніки (обладнання, апаратура, механізми та інструмент) дозволяється здійснювати лише після її випробування, проходження експертизи на відповідність вимогам безпеки і затвердження у встановленому порядку.

Для роботи в умовах низьких і високих температур, підвищеної радіації, вологості, пилу, у вибухонебезпечному або іншому небезпечному середовищі дозволяється застосовувати обладнання, в паспорті і технічному описі (інструкції з експлуатації) якого відображена можливість роботи відповідних умовах або середовищі (з зазначенням параметрів і категорій). На самохідному і пересувному обладнанні (бурові установки, геофізичні станції, шурфопрохідні агрегати тощо) завод-виробник повинен передбачати спеціальні місця для розміщення касет з аптечкою, термосу з питною водою та засобів пожежогасіння. Касети і вогнегасник повинні знаходитись в легкодоступному місці із швидкозйомним кріпленням.

Під час вибору конструкції бурового обладнання необхідно передбачити забезпечення правильного укладання талевих і підйомних канатів (кабелів тощо) на барабан лебідки.

Підприємства, які експлуатують бурове обладнання, у разі виявлення його невідповідності вимогам правил безпеки, іншим нормативним документам або технічним умовам, повинні припинити експлуатацію і направити заводу-виробнику акт щодо виявлених недоліків, копію якого слід направити органам Державної служби України з питань праці, що контролюють завод. Завод-виробник повинен повідомити організаціям, які експлуатують його вироби з недоліками, про методи їх усунення, а також вислати технічну документацію, матеріали, деталі і вузли, які необхідно замінити.

Застосування іноземного обладнання повинно здійснюватись за інструкціями виробника та з врахуванням місцевих особливостей і з отриманням дозволу на їх застосування у встановленому порядку.

До управління буровими станками, підйомними механізмами, гірничопрохідницьким обладнанням, геофізичною і лабораторною апаратурою, а також обслуговування двигунів, компресорів, електроустановок, зварювального та іншого обладнання та ведення робіт допускаються лише ті особи, які мають посвідчення на право ведення цих робіт.

Обслуговуючий персонал електротехнічних установок (пересувні електростанції, бурові установки з електроприводом, геофізична апаратура тощо) повинен мати відповідну групу з електробезпеки.

Обслуговування пересувних електростанцій потужністю до 125 кВт і компресорних установок продуктивністю до 10 м<sup>3</sup>/хв, призначених для забезпечення енергією одиничних виробничих об'єктів (бурових установок, місць ведення бурових робіт на поверхні, сейсмічних і насосних станцій та ін.), розташованих від них на відстані до 25 м, дозволяється особам з числа основного виробничого персоналу, атестованим у встановленому порядку.

Обладнання, що відпрацювало свій моторесурс (амортизаційний термін), допускається до подальшої експлуатації лише після проведення відповідних обстежень та технічної експертизи на відповідність вимогам нормативних документів з охорони праці комісією, призначеною керівництвом підприємства. Терміни періодичних оглядів і відбракування несправного інструменту затверджує керівник підприємства. Відбракований інструмент необхідно вилучати з використання.

Особа, яка здійснює пуск механізмів і вмикання апаратури та приладів, повинна попередньо переконатись у їх справності та у відсутності людей в небезпечній зоні і подати попереджувальний сигнал. Значення встановлених сигналів необхідно довести до відома всіх працюючих.

У разі огляду і поточного ремонту механізмів їх приводи необхідно вимкнути і вжити заходи, які б виключали помилкове або самовільне вмикання, а на пускових пристроях встановити або вивісити попереджувальні знаки «НЕ ВКЛЮЧАТИ - ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ».

Під час роботи необхідно: експлуатувати обладнання, механізми, апаратуру та інструмент з допустимими навантаженнями (тиск, сила струму, напруга тощо) згідно з паспортом; застосовувати за призначенням та використовувати справні обладнання, механізми, апаратуру, інструмент, пристосування та засоби захисту; не залишати без нагляду працююче обладнання, апаратуру, які потребують під час експлуатації постійної присутності обслуговуючого персоналу; проводити роботи за наявності та справності захисних загорож; обслуговувати обладнання і апаратуру в спецодезії.

Під час обслуговування працюючих механізмів забороняється: підніматись на них або виконувати будь-які роботи, знаходячись на них; змащувати їх рухомі частини непризначеними для цього пристосуваннями; знімати загорожі або їх елементи до повної зупинки рухомих частин; входити поза загорожі, переходити через рухомі неогорожені канати і торкатися їх; гальмувати рухомі частини механізмів, вдягати, скидати, натягувати або послаблювати пасові, клинопасові та ланцюгові передачі працюючих механізмів, направляти канат або кабель на барабані працюючої лебідки.

Монтувати і демонтувати бурове обладнання із застосуванням вантажопідійомних кранів слід згідно з вимогами «Правил будови і безпечної експлуатації вантажопідійомних кранів».

Підтримувати і направляти обладнання, що переміщується з допомогою механізмів, необхідно лише з застосуванням відтяжок.

Устатковувати талеву систему і ремонтувати кронблок щогли, яка не має кронблочного майданчика, необхідно за умов опущеної щогли з використанням драбини або спеціальних майданчиків. З метою уникнення зміщення установки в процесі бурових робіт щогли самохідних і пересувних бурових установок, а також їх колеса, гусениці, полози в робочому положенні треба надійно закріпити.

Апаратуру свердловин, а також устаткування, що застосовується у разі проведення відкачування ерліфтом і нагнітань, необхідно опресовувати на 1,5 робочих тиски. Результати опресувань оформляються актами.

Необхідно слідкувати за відсутністю зазубнів та ріжучих пружків на верхньому краю колони обсадних труб, якими закріплена свердловина.

Воду із свердловини необхідно відводити за межі робочого майданчика по трубопроводу або шлангу. Трубопровід або шланг відведення води необхідно укладати з ухилом не менше  $1^\circ$  і надійно закріплювати.

Під час досліджень забороняється знаходитися під трубою, по якій відводиться вода від свердловини, стояти напроти водовідвідної труби.

Під час заміру дебіту з допомогою вимірювальних баків необхідно встановлювати баки на спеціальний майданчик, що забезпечує їх стійкість, а у разі місткості баку понад 200 л - обладнати його спеціальними зливними пристроями.

Під час проведення відкачування для персоналу в літній час необхідно влаштовувати укриття від дощу і вітру, а взимку - приміщення, яке опалюється. Під час відкачування води із свердловини желонками її необхідно відводити за допомогою відвідного жолобу.

В свердловину можна опускати секції фільтрів, бурильні та обсадні труби довжиною не більше 0,8 висоти вишки або межевої висоти підйому крана. Встановлювати, спускати і піднімати фільтри у разі глибини свердловини понад 5 м, а також діаметра фільтру понад 75 мм необхідно за допомогою вантажопідйомних механізмів.

У разі відкачування занурюваним насосом з електроприводом забороняється:

- монтувати водопіднімальну колону насосу із застосування відповідних пристроїв і хомутів для труб;
- проводити спуск і підйом насосу при кабелі після зняття напруги;
- прокладати кабель до електродвигуна насосу в бік бригади, що працює, чи лебідки;
- кабель живлення закріплювати на водопідйомній колоні скобами, розташованими на відстані не більше 1,5 м одна від одної; пускові механізми елек-

тронавантажувальних насосів встановлювати у будках чи в приміщеннях, які зачиняються на замок.

На вводі мережі живлення до насосних агрегатів (поряд з робочою площадкою дослідної установки) необхідно встановлювати загальний вимикач, за допомогою якого, в разі необхідності, може бути повністю знята напруга електрообладнання.

Насосна установка для нагнітання повинна бути обладнаною двома манометрами: на насосі і на заливальній голівці тампонуєчого обладнання.

Трубопроводи для подачі води в свердловину у разі напору понад 5 ат (0,5 МПа) та відсутності інших природних опор необхідно прокладати на козелках. При утворенні у трубопроводах "пробки" дослід необхідно припинити і відновити його лише після її усунення.

При виконанні ремонтних робіт бурова установка або підйомник повинні бути ретельно відцентровані відносно осі свердловини.

У разі ремонтних робіт на свердловині, що розташована в надкаптажному будинку, необхідно забезпечити надійний зв'язок машиніста з особами, які працюють всередині будинку.

У разі чистки піщаних пробок желонкою забороняється: випорожнювати желонку безпосередньо на підлогу робочого майданчика; спускати желонку у разі утворення слабини канату; останній повинен бути негайно вибраний на барабан лебідки; стояти біля гирла свердловини під час спуску і підйому желонки; проводити роботи в фонтануючих свердловинах.

У випадку зіскакування тартального канату з відтяжного ролика або кронблочного шків необхідно припинити спуско-підйомні операції, канат, до заведення його в ролик (шків), надійно закріпити на гирлі свердловини.

Під час промивки піщаної пробки водою промивну рідину необхідно відводити, щоб запобігти її потрапляння в свердловину.

Склади для зберігання і видачі хімічних реактивів повинні розташовуватись тільки в окремо стоячих будинках (корпусах), які не є лабораторними чи виробничими. Стіни, підлогу і стелі приміщень складів необхідно опоряджувати



матеріалом, стійким до хімічних впливів і зручним для миття. У кожному приміщенні повинні бути поливальний кран та прямки для нейтралізації стічних рідин.

У складських приміщеннях необхідно обладнувати вентиляцію і водяне опалення, гардероб, душ та умивальник, а також приміщення для зберігання робочого одягу.

Бутлі місткістю 10 л і більше з сильнодіючими кислотами та зі спиртом повинні утримуватись в корзинах. Простір між бутлем і корзиною слід заповнювати стружкою або іншим м'яким матеріалом.

Склади кислот і хімічних реактивів необхідно забезпечувати відповідними засобами захисту, протипожежними засобами та всім необхідним для першої допомоги у разі опіків і отруєння.

Обслуговуючий персонал повинен знати пожежну безпеку, правила безпечного зберігання і особливості гасіння хімічних речовин та реактивів.

На складах має бути розроблений план розміщення хімічних речовин із зазначенням їх найбільш характерних властивостей: «Вогненебезпечні», «Отруйні», «Хімічно активні» тощо.

Зберігання хімічних речовин може здійснюватися в закритих сухих приміщеннях або під навісами у тарі в залежності від фізико-хімічних та пожежо-небезпечних властивостей продукції та кліматичних умов.

Експлуатувати електроустановки слід згідно вимогам чинних стандартів, «Правил улаштування електроустановок» (ПУЕ), «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів»(ПТЕЕС) і «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»(ПБЕЕС). Самохідні стрілові установки ( бурові установки, автокрани тощо) необхідно обладнати сигналізаторами небезпечної напруги.

Геофізичне обладнання підключають до електричної мережі згідно з технічною документацією по експлуатації.

Освітлювальні електричні мережі і установки треба облаштовувати згідно з чинним ПУЕ, ПТЕЕС, ПБЕЕС. Застосовувати автотрансформатори для жив-

лення переносних та стаціонарних світильників забороняється. Аварійне освітлення необхідно виконувати переносними електричними ліхтарями з акумуляторами або сухими елементами. Для освітлювальних мереж необхідно використовувати напругу не вище 220 В, а для живлення ручних переносних ламп не вище 42 В.

Влаштовувати і експлуатувати захисне і робоче заземлення, а також занулення потрібно відповідно до вимог ПУЕ, ПТЕЕС, ПБЕЕС. Заземлювати (занулювати) необхідно: металеві частини електротехнічних пристроїв, які можуть виявитися під напругою у випадку пошкодження ізоляції; вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів; струни (троси), на яких закріплені кабелі з незаземленою (незануленою) металевією оболонкою.

#### Розділ 4. Охорона навколишнього середовища

Запобігання негативного впливу на геологічне середовище під час буріння свердловини передбачається за рахунок послідовного перекриття пробурених інтервалів до проектних глибин обсадними колонами та цементування обсадних колон до гирла [26].

Аналіз виробничої діяльності бурових підприємств свідчить, що найуразливішим компонентом довкілля, який найбільше зазнає негативного впливу з боку реалізації технологічних процесів спорудження свердловин, є поверхневі та підземні води – це є наслідком їхньої розповсюдженості, динамічності, ресурсної цінності та виняткової важливості екосистемних функцій.

Для запобігання подібним явищам при здійсненні робіт необхідно максимально понизити можливість забруднення геологічного середовища продуктами паливно-мастильних матеріалів (ПММ), різними (наприклад, особливо шкідливими полімерними) добавками до промивальних рідин.

З метою попередження забруднення родючого шару ґрунту передбачено його зняття і складування у тимчасові відвали з наступним використанням для рекультивації порушених земель.

Доставка хімреагентів на буровий майданчик передбачається в герметичній тарі, що дозволяє виключити негативний вплив на атмосферне повітря та працівників від випаровування, розпорошування хімреагентів при вантажорозвантажувальних роботах. Для зберігання запчастин, хімічних реагентів та глиномішалки передбачено спорудження тимчасових навісів.

Роботи з ведення моніторингу підземних вод України здійснюються відповідно до Положення про державну систему моніторингу довкілля в частині моніторингу вод та Водного кодексу України. Основною метою моніторингу підземних вод – є спостереження за станом підземних вод, як одного з найважливіших компонентів оточуючого середовища, з підготовкою необхідної інформації та прогнозів різного призначення, а також розробки науково - обґрунтова-

них рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам режиму підземних вод та дотримання вимог екологічної безпеки.

Вода, що подається споживачам проходить багатостадійний контроль якості: в місці відбору з джерела водопостачання; перед та після водоочистки та знезараження; перед подачею в розподільчу мережу; безпосередньо в розподільчій мережі.

Забруднення підземних вод проявляється у підвищенні їх мінералізації, загальній жорсткості, збільшенні вмісту хлору, сульфат-іона, заліза, появою нітратів, нафтових вуглеводів, важких металів (мідь, цинк, свинець, ртуть та ін.), в зміні температури, кольору, в появі неприємного запаху та інших показників погіршення якості води.

На водозабірній ділянці питних підземних вод м. Умань, експлуатаційним є водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію та їх кори вивітрювання. Ділянка, де розташовані свердловина у санітарному відношенні, підземні води не мають потужного водотривкого покриття, тому горизонт слід віднести до категорії незахищених.

Для збереження питної якості води, а також попередження забруднення родовища підземних вод, у відповідності до діючого положення про порядок проектування та експлуатації зон санітарної охорони, джерел водопостачання та водогонів господарсько-питного призначення (ДБН В.2.5.-74:2013), встановлюються зони санітарної охорони, в яких запроваджуються спеціальні заходи, що виключають можливість забруднення водозаборів та водоносних горизонтів у районах водозаборів.

Робочим проектом будівництва даної свердловини визначені межі ЗСО проектного водозабору [13]:

- I пояс ЗСО (суворого режиму) – зберігається в існуючих межах (територія існуючого водозабору – наявне існуюче огородження);
- II пояс - RII - вгору по потоку 80,0 м, вниз за потоком – 80,0 м, поперек потоку – 160 м; (з метою захисту від бактеріологічного забруднення);

- III пояс - RIII – вгору по потоку – 563,0 м, вниз за потоком - 563,0 м, поперек потоку – 1126,0 м; (з метою захисту від хімічного забруднення).

Для забезпечення дотримання санітарного режиму, в межах зон санітарної охорони, обов'язковим є виконання наступних заходів: щоденний огляд насосних станцій і I-го поясу зони санітарної охорони, один раз на місяць - II-го поясу ЗСО і один раз на рік - III-го поясу ЗСО; контроль санітарного стану прилеглої до водозабору території з метою своєчасного виявлення джерел потенційного забруднення; спостереження за якістю води шляхом проведення санітарно-мікробіологічного, хімічного, радіологічного контролю і визначення отрутохімікатів, відповідно до санітарних норм і правил; недопускання розливу шкідливих речовин на ділянці робіт; дотримання основних вимог та рекомендацій санітарної служби та органів геоекологічного та гірничотехнічного контролю [15].

Враховуючи умови залягання наміченого до експлуатації водоносного горизонту, його надійну захищеність природними водоупорами (витримані за площею і потужністю шари мергелю) від поверхневого забруднення, представляється можливим встановити зону строгого режиму на проектуваній експлуатаційній свердловині з радіусом 30 м.

Другий пояс ЗСО призначений для захисту підземних вод від мікробних забруднень і визначається гідродинамічними розрахунками на період 200 діб (час просування мікробного забруднення до водозабору достатній для ефективного самоочищення води).

Третій пояс ЗСО призначений для захисту підземних вод від хімічних забруднень і також визначається розрахунками на період 10 000 діб, відповідний розрахунковому періоду експлуатації водозабору.

Межа другого поясу ЗСО визначається розрахунком виходячи з умов, що якщо за її межами через товщу перекриваючих порід або безпосередньо у водоносний горизонт поступають мікробні забруднення, то вони не досягнуть водозабору.

В межах виділених ЗСО першого і другого поясів джерела забруднення підземних вод відсутні, тим більше що ЗСО другого поясу має невеликий радіус

і укладається в межі огороженої території першого поясу, що охороняється. Проте в межах поясів ЗСО необхідно передбачити комплекс заходів, що перешкоджають можливості забруднення джерела водопостачання.

На території I поясу ЗСО водозабору:

- забороняються усі види будівництва, що не мають безпосереднього відношення до експлуатації, реконструкції і розширення водопровідних споруд, у тому числі прокладення трубопроводів різного призначення, розміщення житлових і господарчо-побутових будівель, проживання людей, а також застосування отрутохімікатів і добрив, посадка високостовбурних дерев;

- територія має бути спланована для відведення поверхневого стоку за її межі та забезпечена охороною;

- водопровідні споруди, розташовані в цьому поясі, мають бути обладнані з урахуванням запобігання можливості забруднення питної води через оголовки і гирла свердловин, люки і труби переливань резервуарів і пристрою заливки насосів;

- водозабір має бути обладнаний апаратурою для систематичного контролю відповідності фактичного дебіту проектній продуктивності.

На території II поясу ЗСО водозабору:

- забороняється розміщення кладовищ, скотомогильників, ділянок асепізації і фільтрації, гноєсховищ, силосних траншей, тваринницьких і птахівницьких ферм і інших об'єктів, що обумовлюють небезпеку мікробного забруднення підземних вод;

- забороняється застосування усіх видів отрутохімікатів і добрив;

- відбувається виявлення та тампонування усіх старих, бездіяльних, дефектних свердловин, що представляють небезпеку в частині можливості забруднення водоносних горизонтів;

- буріння нових свердловин і нове будівництво пов'язане з порушенням ґрунтового покриву, здійснюється при обов'язковому узгодженні з центрами гігієни і епідеміології, органами екологічного і геологічного контролю;

- забороняється закачування відпрацьованих вод в підземні горизонти, створення горизонтів підземного складування твердих відходів і розробки надр землі;

- забороняється розміщення складів паливно-мастильних матеріалів, отрутохімікатів і мінеральних добрив, накопичувачів виробничих стоків, шламосховищ і інших об'єктів, що обумовлюють небезпеку хімічного забруднення підземних вод;

- проводиться своєчасне виконання необхідних заходів щодо санітарної охорони поверхневих вод, що мають гідравлічний зв'язок з використовуваним водоносним горизонтом;

- здійснюється виконання заходів щодо санітарного облаштування території населеного пункту (обладнання каналізацією, створення водонепроникних вигребів, відведення поверхневого стоку та ін.).

На території третього поясу ЗСО виконуються ті ж заходи, що і для другого поясу; крім того допускається розміщення об'єктів (складів паливно-мастильних матеріалів, отрутохімікатів і мінеральних добрив, накопичувачів виробничих стоків, шламосховищ) тільки за умови виконання спеціальних заходів щодо захисту водоносного горизонту від забруднення за узгодженням з центрами гігієни і епідеміології, органами екологічного і геологічного контролю.

## ВИСНОВКИ

1. В роботі наведено основні відомості щодо геологічної та гідрогеологічної характеристики Українського кристалічного щита, в області Уманського плутону, в розрізі умов експлуатації водоносних горизонтів.

2. При виконанні роботи здійснено обґрунтований вибір конструкції раціональної безфільтрової водоприймальної частини і, в цілому, водозабірної свердловини та визначено параметри водопідіймального обладнання для тимчасових і постійних відкачувань.

3. Проведено вибір основного і допоміжного бурового обладнання та породоруйнівного інструменту з обчисленням режимних параметрів застосування і перевірочними розрахунками на відповідність конкретним геолого-технічним умовам буріння.

4. Зазначено основні параметри технології монтажу та експлуатації водопідіймального обладнання для тимчасових і постійних відкачувань (відповідно ерліфту та відцентрового насосу).

5. Розроблені в проекті техніко-технологічні рішення щодо проведення всього комплексу бурових робіт, базуються на вичерпних даних відносно літологічного складу (геологічної будови), фізико-механічних властивостей порід, інших гірничо-геологічних і гідрогеологічних особливостей ділянки провадження означеної діяльності; для запобігання ускладнень при бурінні свердловин, проектом передбачено низку заходів технологічного характеру, що повністю унеможливають виникнення порушень цілісності стовбура свердловини.

6. Визначено вимоги до порядку облаштування, конкретні розміри зон санітарної охорони водоносного горизонту та послідовність і наповненість процесів їх обслуговування.

7. Надано змістовні рекомендації щодо організації робіт зі спорудження та експлуатації водозабірної свердловини.

8. Розглянуто питання охорони праці при виконанні бурових та суміжних робіт з облаштування комплексів експлуатації водоносних горизонтів.



**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Геологія з основами мінералогії / Д.Г. Тихоненко, В.В. Дегтярьов, М.А. Щуковський та ін.; за ред. д-ра с.-г. наук, проф. Д.Г. Тихоненка. К.: Вища освіта, 2003. – 287 с.
2. Свинко Й.М. Геологія / Й.М. Свинко, М.Я. Сивий. – К.: Либідь, 2003. – 480 с.
3. Климентов П.П., Кононов В.М. Динамика подземных вод. М.: Недра, 1985. – 384 с.
4. Суярко В.Г. Інженерна геологія (з основами геотехніки) / В.Г. Суярко, В.М. Величко, О.В. Гаврилюк та ін. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2019. – 278 с.
5. Геологія з основами геоморфології / О.М. Адаменко, Г.І. Рудько, О.В. Чепіжко та ін. – Чернівці: Букрек, 2010. – 398 с.
6. Маринич О.М., Шищенко П.Г. Фізична географія України. – К.: Знання, 2006. – 511 с.
7. Зоценко М.Л. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти / М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлев та ін. – Полтава: ПНТУ, 2003. – 446 с.
8. Гудзевич А.В. Регіональна фізична географія / А.В. Гудзевич. – Вінниця: Віндрук, 2005. – 464 с.
9. Мезенцева Н.І., Мезенцев К.В. Економічна та соціальна географія України. – К.: ВПЦ «Київський ун-т», 2010. – 240 с.
10. Немець Л.М. Економічна і соціальна географія України / Л.М. Немець, П.А. Вірченко, Ю.Ю. Сільченко. – Харків: ФОП Грицак С.Ю., 2014. – 276 с.
11. Суярко В.Г. Основи геології / В.Г. Суярко, О.О. Сердюкова. – Полтава: ПолНТУ, 2012. – 151 с.
12. Плотников Н.И. Поиски и разведка пресных подземных вод. М.: Недра, 1985. – 368 с.

13. Дудля М.А., Садовенко І.О. Техніка та технологія буріння гідрогеологічних свердловин. - Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2007. – 399 с.
14. Башкатов Д.Н. Справочник по бурению скважин на воду. – М.: Недра, 1979. – 565 с.
15. Бурение и оборудование гидрогеологических и водозаборных скважин / Г.А. Колпашников. – Минск: БНТУ, 2016. – 62 с.
16. Масленников И.К. Буровой инструмент. Справочник. – М.: Недра, 1989. – 430 с.
17. Иогансен К.В. Спутник буровика. – М.: Недра, 1990. – 380 с.
18. Белицкий А.С., Дубровский В.В. Проектирование разведочно-эксплуатационных скважин для водоснабжения. – М.: Недра, 1974. – 256 с.
19. Технологія і техніка буріння / В. Войтенко, В. Вітрик. – К.: Центр Європи, 2012. – 708 с.
20. <https://www.vbm.ru>
21. Грей Дж., Дарли Г.С.Г. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей): пер. с англ. М.: Недра, 1985. – 509 с.
22. Кудряшов Б.Б., Яковлев А.М. Бурение скважин в осложненных условиях. – М.: Недра, 1987. – 269 с.
23. Ивачев Л.М. Промывка и тампонирувание геологоразведочных скважин: Справочное пособие. - М.: Недра, 1989. – 246 с.
24. Разведочное бурение / А.Г. Калинин, О.В. Ошкордин, В.М. Питерский и др. – М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2000. – 748 с.
25. Голінько В.І. Охорона праці при геологорозвідувальних роботах: навч. посіб. / В.І. Голінько, О.В. Безщасний; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2014. – 218 с.
26. Специальные работы при бурении и оборудовании скважин на воду / Башкатов Д.Н., Драхлис С.Л., Сафонов В.В., Квашнин Г.П. Справочник. – М.: Недра, 1988. – 268 с.

**ДОДАТОК А**  
**Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи**

<b>№</b>	<b>Формат</b>	<b>Позначення</b>	<b>Найменування</b>	<b>Кількість аркушів</b>	<b>Примітка</b>
1					
2			Документація		
3					
4	A4	НГІБ.КР.21.03.ПЗ	Пояснювальна записка	68	
5					
6		НГІБ.КР.21.03.ДМ	Демонстраційний матеріали	14	
7					
8					
9			Геологічний розріз ділянки (родовища)	1	
10			Геолого-технічний проект	1	
12			Пропозиції з удосконалення технології буріння	1	

## ДОДАТОК Б

**ВІДЗИВ**

на кваліфікаційну роботу бакалавра на тему: «Розробка технології буріння свердловин для водопостачання Уманського району Черкаської області» студента групи 184-18ск-1 ГРФ, Гирі Віталія Дмитровича

1. Метою виконаної кваліфікаційної роботи є оволодіння методами самостійного вирішення прикладних інженерних задач, обробка й узагальнення результатів дослідження шляхом комплексного використання отриманих у процесі навчання знань та умінь.

2. Розробка проекту буріння водозабірних свердловин з тріщинуватими скельними породами-колекторами та послідовності виконання основних свердловинних робіт, є складовою частиною плану соціально-економічного розвитку міста Умань Черкаської області. Його впровадження забезпечить умови постачання населення питною водою відповідної якості.

3. Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності бакалавра за спеціальністю 184 «Гірництво», освітньо-професійної програми «Буріння розвідувальних та експлуатаційних свердловин».

4. Тема та зміст роботи відповідає освітньо-професійній програмі підготовки магістра за спеціальністю 184 «Гірництво», зокрема в розділі проектування технології та супроводження процесів, пов'язаних з бурінням свердловин на воду.

5. Практичне значення та оригінальність технічних рішень полягає в наступному: розроблено комплексу технологію спорудження водозабірних свердловин, що максимально враховує геолого-технічні особливості проектованої ділянки, а також запропоновано удосконалений регламент проведення свердловинних робіт у водозаборах, які представлені тріщинуватими гранітами; пропонується технологія може бути також впроваджені на інших ділянках з однойменними гідрогеологічними умовами.

6. Роботу виконано із застосуванням, зокрема, пакетів прикладних програм Excel, Mathcad, Компас 3D.

7. Робота відповідає вимогам стандартів щодо оформлення.

8. Ступінь самостійності виконання кваліфікаційної роботи високий.

9. За умов відповідного захисту, кваліфікаційна робота заслуговує оцінки «відмінно» (90 балів).

10. Впливових недоліків, що були б підставою для зниження зазначеної оцінки, кваліфікаційна робота не містить.

Керівник кваліфікаційної роботи,  
доц. кафедри НГІБ

\_\_\_\_\_

А.О. Ігнатов