

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 магістра  
(бакалавра, магістра)

студента Вереніча Олександра Павловича  
(ПІБ)

академічної групи 184М-19-1 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 спорудження інженерно-геологічних і технічних свердловин для умов будівельних об'єктів  
(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 Екологія	Савельєв Д.В.			
<b>Рецензент</b>				
<b>Нормоконтролер</b>	Расцветаєв В.О.			

Дніпро  
2020

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

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

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« 12 » жовтня 2020 року

**ЗАВДАННЯ****на кваліфікаційну роботу****ступеня** магістра

(бакалавра, магістра)

студенту Веренічу Олександр Павловичу академічної групи 184М-19-1 ГРФ  
(прізвище та ініціали) (шифр)**спеціальності** 184 Гірництво**спеціалізації** \_\_\_\_\_**за освітньо-професійною програмою** «Буріння розвідувальних та експлуатаційних свердловин»**на тему** Розробка технології спорудження інженерно-геологічних і технічних свердловин для умов будівельних об'єктів

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 16.11.2020 р. № 947-с.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічний	Сутність інженерних вишукувань і спорудження технічних свердловин та геолого-технічні умови проведення проектних робіт. Проектування конструкції інженерно-геологічних свердловин та технології їх спорудження. Обґрунтування заходів із інженерної підготовки територій під будівництво. Розрахунок параметрів процесу виконання робіт із свердловинного зниження рівня пластових вод	04.11.20 р.
Спеціальна частина роботи	Розробка системного підходу до технології підготовки і виконання операцій з облаштуванні бурових об'єктів	26.11.20 р.
Організація та економіка бурових робіт	Розробка організаційної структури виконання розроблених техніко-технологічних рішень	02.12.20 р.
Охорона праці та навколишнього середовища	Аналіз потенційних небезпек запроєктованого об'єкта і можливостей негативного впливу його на навколишнє природне середовище.	10.12.20 р.

Завдання видано Ігнатов А.О.  
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)Дата видачі 12.10.2020 р.Дата подання до екзаменаційної комісії 11.12.2020 р.Прийнято до виконання Вереніч О.П.  
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 89 с., 20 рис., 31 табл., 3 додатки, 53 джерела.

СВЕРДЛОВИНА, ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ВИШУКУВАННЯ, БУРИЛЬНА КОЛОНА, ПІДГОТОВКА ТЕРИТОРІЙ, РІВЕНЬ ҐРУНТОВИХ ВОД, СВЕРДЛОВИННЕ АРМУВАННЯ ҐРУНТОВОГО МАСИВУ.

Сфера застосування розробки – буріння інженерно-геологічних і технічних свердловин.

Об'єкт розроблення – техніка і технологія виконання бурових та супутніх робіт при проведенні геологічних вишукувань та інженерної підготовки території (на прикладі ділянки будівельних робіт в м. Миргороді Полтавської обл.) та розробка нових методів оснащення армувальних елементів.

Мета роботи – розробка комплексного проекту проведення геологічних вишукувань, інженерної підготовки території і спорудження технічних свердловин для реалізації будівництва багатофункціонального комплексу житлового і громадського призначення, в природних умовах, що характеризуються різноманітністю властивостей ґрунтів та складністю гідрологічного режиму.

Новизна одержаних результатів – обґрунтовано конкретні заходи із інженерної підготовки територій під будівництво; розраховано параметри процесу виконання робіт із свердловинного зниження рівня пластових вод; розроблено технології свердловинного армування ґрунтового масиву; запропоновано елементи системного підходу до технології підготовки і виконання операцій з облаштування буроін'єкційних паль.

Практичні результати – створено технічно і технологічно обґрунтовану методика виконання робіт при проведенні геологічних вишукувань та інженерної підготовки території, що базується на прогресивних рішеннях і високих економічних показниках; розроблено конкретні рекомендації щодо підвищення міцності і експлуатаційної придатності буроін'єкційних паль.

Практична значимість кваліфікаційної роботи – підвищення якості і надійності виконання бурових та супутніх робіт при проведенні геологічних вишукувань та інженерної підготовки територій.

## ЗМІСТ

	ВСТУП.....	5
Розділ 1	Сутність інженерних вишукувань і спорудження технічних свердловин та геолого-технічні умови проведення проектних робіт.....	7
1.1	Основні відомості про інженерно-геологічні вишукування і спорудження технічних свердловин.....	7
1.2	Геолого-технічне завдання проекту.....	11
1.3	Геолого-географічна характеристика району проектних робіт.....	13
1.4	Гірничо-геологічні умови буріння інженерних і технічних свердловин.....	16
Розділ 2	Техніко-технологічна частина.....	18
2.1	Проектування конструкції інженерно-геологічних свердловин та технології їх спорудження.....	18
2.2	Уточнюючі відомості про геологічну будову ділянки проектних робіт.....	26
2.3	Обґрунтування заходів із інженерної підготовки територій під будівництво.....	30
2.4	Розрахунок параметрів процесу виконання робіт із свердловинного зниження рівня пластових вод.....	35
2.5	Розробка технології свердловинного армування ґрунтового масиву.....	44
2.6	Попередження і усунення ускладнень при спорудженні інженерно-геологічних та технічних свердловин.....	53
Розділ 3	Нові методи і прийоми в практиці інженерної підготовки територій.....	60
Розділ 4	Охорона праці при спорудженні технічних свердловин.....	68
Розділ 5	Охорона навколишнього середовища.....	75
Розділ 6	Організація та економіка бурових робіт.....	77
	ВИСНОВКИ.....	81
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	82
	ДОДАТОК А Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи.....	87
	ДОДАТОК Б Розрахунок ерліфтного водопониження.....	88
	ДОДАТОК В Відзив на кваліфікаційну роботу.....	89

## ВСТУП

Проекти спорудження об'єктів цивільного та промислового призначення (що у більшості випадків мають також підземні поверхи, інші підземні та заглиблені споруди), проекти будівництва основ і фундаментів нових об'єктів, а також реконструкції та підсилення таких, що експлуатуються, неодмінно повинні ґрунтуватися на вичерпних даних щодо інженерно-геологічних, гірничо-геологічних і гідрогеологічних умов ділянок провадження означеної діяльності.

Проектування будівель та споруд, вибір типу та конструкції фундаментів, способу підготовки основ слід проводити з урахуванням результатів інженерних вишукувань для будівництва, практично єдиним шляхом отримання яких є проведення масштабних бурових робіт. Останні дозволяють: вирішувати питання прогнозування міцності і деформативності ґрунтів основи та фізико-механічних властивостей матеріалів фундаментів та підземних конструкцій; проектувати надійні заходи, спрямовані на запобігання руйнацій існуючої інфраструктури оточуючих об'єктів (в проектах в обов'язковому порядку повинні бути враховані: ґрунтові умови майданчика будівництва, розташування об'єкта на території (щільна забудова, складний рельєф), особливості об'єкта будівництва і сусідніх споруд, екологічні вимоги, можливості будівельної організації); проводити економічне обґрунтування варіантів технічних рішень фундаментно-підвальної та наземної частин проектного об'єкта.

Виходячи з таких, у вищому ступені суворих вимог до проектів будівництва та згідно із діючим законодавством, для районів із складними інженерно-геологічними умовами, на територіях щільної забудови, для унікальних споруд інженерні вишукування повинні виконуватись організаціями, яким у встановленому в Україні порядку надано право на проведення певного виду робіт відповідно до завдань вишукувань.

Результати інженерних вишукувань повинні містити дані щодо умов ділянки будівництва (з урахуванням прогнозу їх можливих змін протягом будівництва й експлуатації), необхідні для: вибору типу, конструкцій, глибини за-

кладання і розмірів фундаментів, визначення необхідності інженерної підготовки природних чи улаштування штучних основ, встановлення виду й обсягу інженерних заходів щодо облаштування ділянки чи захисту території від небезпечних процесів.

Проектування основ і фундаментів без відповідного інженерного обґрунтування або у разі його недостатності не допускається.

Проектні рішення основ і фундаментів та наземних частин споруд усіх типів повинні задовольняти вимоги: безпеки, експлуатаційної придатності, довговічності (крім спеціально обумовлених випадків для тимчасових споруд), а також додаткові вимоги, встановлені технічним завданням на проектування об'єктів.

Проектування будівельних об'єктів повинно виконуватись з урахуванням особливостей територій (ділянок) будівництва, які слід розрізняти за інженерно-геологічними умовами, наявністю небезпечних фізико-геологічних, техногенних процесів та категорії складності геотехнічного будівництва.

Інженерно-геологічні умови територій і ділянок будівництва повинні характеризуватись літологічним складом (геологічною будовою), фізико-механічними властивостями порід (ґрунтів), що можуть складати основи будівель або бути середовищем розміщення та існування інженерних об'єктів, та характером протікання геологічних процесів.

Показники, що характеризують інженерно-геологічні умови, повинні визначатись з урахуванням постійних, сезонних і вікових змін внаслідок зовнішніх впливів, господарської діяльності (техногенезу), зміни гідрогеологічного режиму. Прийнятий проектний варіант будівництва повинен забезпечувати найбільш повне використання геологічних та інших характеристик ділянки проведення робіт. Таким чином, метою даної роботи є розробка комплексного техніко-технологічного регламенту, який включає питання проведення геологічних вишукувань, інженерної підготовки території і спорудження технічних свердловин для умов будівельних об'єктів, що характеризуються різноманітністю властивостей ґрунтів та складністю гідрологічного режиму.

## **Розділ 1. Сутність інженерних вишукувань і спорудження технічних свердловин та геолого-технічні умови проведення проектних робіт**

### **1.1 Основні відомості про інженерно-геологічні вишукування і спорудження технічних свердловин**

Спрямованістю роботи є обґрунтування методів і прийомів свердловинних досліджень та технологій. Як відомо [1], спорудження свердловин – специфічної гірської виробки, здійснюється за допомогою буріння. Без перебільшення роль бурових робіт величезна. Всі рідкі і газоподібні корисні копалини розвідують і експлуатують за допомогою бурових свердловин. Тверді корисні копалини розвідують в основному буровими роботами. Поліметалічні руди, а також руди рідкісних і благородних металів розвідують буровими свердловинами в поєднанні з гірничорозвідувальними виробками [2]. При будівництві різних споруд широко застосовуються інженерно-геологічне буріння. Все це далеко не повний перелік сфер застосування буріння, і, власне, свердловин.

За призначенням свердловини підрозділяють на наступні типи [3]: розвідувальні, за допомогою яких здійснюються пошуки і розвідка родовищ корисних копалин; експлуатаційні - для видобутку рідких (вода, розсоли, нафта), і газоподібних (горючий газ, гелій і ін.) корисних копалин; геотехнологічні – для експлуатації родовищ твердих корисних копалин методом вилюговування, розплавлення і розчинення; інженерно-геологічні – для вивчення фізико-механічних властивостей гірських порід перед початком будівництва, досліджень з метою попереднього вивчення геологічного розрізу, моніторингу результатів промислової діяльності, вивчення режиму і якості підземних вод; технічні (заморожування пливунів, вентиляція підземних виробок, спорудження буронабійних паль, будівництво ліній електропередач, пониження рівня підземних вод, скидання підземних вод в поглинаючі породи і т. ін.).

Широкою номенклатурою відрізняються і способи буріння свердловин [4]. В практиці спорудження свердловин провідне місце займає механічний

спосіб руйнування гірських порід та його різновид – обертальний, за якого руйнування гірської породи на забої свердловини відбувається шляхом різання, сколювання і стирання спеціальними буровими інструментами (долота обертального типу, алмазні і твердосплавні коронки і ін.). Цей вид буріння залежно від способу руйнування забою ділиться на буріння суцільним забоєм і буріння кільцевим забоєм – колонкове.

Обертальне буріння також класифікується на буріння з двигуном на поверхні, від якого обертання буровому інструменту передається бурильними трубами, і на буріння із забійним двигуном, коли останній опускається в свердловину на бурильних трубах безпосередньо за буровим інструментом. Забійними двигунами можуть бути турбобур, гвинтовий двигун, електробур, гідровібратор і ін.

Якщо обертання колоні бурильних труб передається від двигуна через особливий механізм – ротор, розташований над гирлом свердловини, то такий вид буріння називається роторним [5].

При обертальному бурінні зруйнована порода (шлам) виноситься із забою свердловини на поверхню промивальною рідиною (водою, глинистим або соляним розчином і т. д.) або видувається стислим повітрям [6]; при бурінні шнеком – по його витках; при бурінні ложкою або змійовиком – підіймається з свердловини разом з цим інструментом. При колонковому бурінні іноді значна частина зруйнованої породи підіймається на поверхню в шламових трубах.

Шнекове буріння є різновидом обертального буріння, коли порода руйнується спеціальним різцем, який під дією осевого тиску занурюється в породу, а під дією окружного зусилля, що виникає при безперервному обертанні його, ріже породу в забої свердловини [2]. Шлам, що утворюється при цьому, безперервно виходить з свердловини по витках шнека, що обертається.

Іншим різновидом механічного способу буріння є ударно-канатний, при ньому гірська порода руйнується за допомогою ударів по забою спеціальним буровим інструментом (долота ударного типу, бурові стакани). Буровий інструмент опускається в свердловину і приводиться в дію сталевим канатом.



Зруйнована порода (шлам) віддаляється з свердловини на поверхню желонками різної конструкції. При прохідці м'яких порід желонка застосовується і як породоруйнівний інструмент.

Поширення одержав також і такий механічний спосіб буріння, як ударно-обертальний, за нього руйнування гірської породи відбувається при комбінуванні одночасної ударної і обертальної дій породоруйнівних машин – гідро- або пневмоударників на забій свердловини. Гідро- або пневмоударник завдає частого удару по коронці, оснащених (армованої) різцями з твердих сплавів з одночасним обертанням її. Шлам виноситься з свердловини на поверхню водою або стислим повітрям.

Останнім часом набуває розповсюдження вібробуріння (перспективний механічний спосіб для інженерно-геологічних досліджень) – занурення вібратором (віброзанурювачем, вібромолотом) породоруйнівного інструменту – зонда (зонд — труба з подовжнім прорізом) в м'який ґрунт з великою швидкістю (0.1 ... 2 м/хв і більш). Під дією вібрації (1250 ... 2000 коливань в хвилину) виникаючі в ґрунті фізичні явища викликають зменшення сил тертя і зчеплення в ґрунті. Дослідження показали, що при вібрації ґрунт розріджується, завдяки чому між буровим інструментом і стінками свердловини різко зменшується тертя. Після підйому зонда на поверхню з нього можна вибирати породу з непорушеною структурою.

Конкурентоспроможною, у відповідних умовах, вважається група фізичних способів буріння (термічні, вибухові, гідравлічні, електрофізичні і комплексні) [4, 7].

Термічне буріння найбільш перспективне в дуже міцних, багатих кварцом породах. Найбільш працездатними є реактивні пальники, що забезпечують температуру факела 2250 ... 3000<sup>0</sup>К, а швидкість витікання розігрітих газів 1800 ... 22000 м/с.

Для здійснення процесу вибухобуріння заряд компонентів рідкої вибухової речовини, ув'язнений в пластмасову оболонку, автоматично вводиться в нагнітальну лінію бурових насосів. Пройшовши по нагнітальній лінії і колоні бу-

рильних труб, снаряд (ампула), рухаючись в потоці промивальної рідини, йде до забою. В процесі випуску ампул буровий інструмент залишається нерухомим і забій з кожним вибухом віддаляється на певну відстань.

Сучасні досягнення у області фізики привели до появи серії нових методів руйнування гірських порід: лазерного, електроімпульсного, плазмового і ін.

Найперспективнішим є електроімпульсний метод. При цьому методі свердловина заповнюється (промивається) - рідиною (трансформаторним маслом, дизельним паливом), електрична міцність якої перевищує електричну міцність твердого діелектрика, тобто породи. У свердловині до забою щільно притискують два електроди і подають імпульси напруги з крутим фронтом при дуже малому часі дії кожного імпульсу ( $1 \cdot 10^{-6}$  с і менше). Частота імпульсів – до 30 Гц. Електроімпульсний метод буріння характеризується малою енергоємністю і відсутністю обертання бурового снаряда.

За складом інженерно-геологічні вишукування є комплексними і включають роботи, які направлені на вивчення геологічної будови, стану та властивостей ґрунтів, гідрогеологічних умов, інженерно-геологічних процесів і явищ, а також на розроблення основних видів прогнозів.

Види та обсяги інженерно-геологічних робіт визначають залежно від: ступеня інженерно-геологічної вивченості території; цільового призначення вишукувань; складності геологічних умов; наявності ґрунтів із особливими властивостями; глибини залягання та режиму підземних вод; зони активної взаємодії з геологічним середовищем; рівня відповідальності будівель і споруд [8].

Відмітною ознакою процесів проектування технології, та, власне, спорудження технічних свердловин, є різноманітність цільових функцій останніх [1, 9]. Узагальнюючи особливості технічних свердловин, можна стверджувати наступне – їх відрізняє: масштабні коливання розмірів поперечного перетину, іншими словами – діаметру, значні відмінності в глибинах, індивідуальність вимог до конструкції стовбура та забійної частини, достатньо численний номенклатурний ряд бурового обладнання і технологічного та допоміжного інструменту. Для спорудження технічних свердловин можуть бути застосовані як тради-

ційні методики, так і спеціальні, зміст і наповненість яких визначається кінцевими цілями буріння. При цьому істотно диференційовану категорію складають технічні свердловини для інженерної підготовки територій під будівництво тих або інших об'єктів. Важливими вимогами до свердловин, що розглядаються є якнайповніше забезпечення виконання геолого-технічного завдання при бурінні і експлуатації та мінімальність капітальних витрат.

## **1.2 Геолого-технічне завдання проекту**

Сучасний етап існування суспільства характеризується все більшим набуттям значення – у міжнародній, національній і регіональній політиці – концепції збалансованого (сталого) розвитку, спрямованої на взаємну інтеграцію економічної, соціальної та екологічної складових розвитку

Містобудування – це насамперед діяльність із створення та підтримання гармонійного життєвого середовища. Така діяльність можлива лише завдяки прогнозуванню розвитку населених пунктів, врахуванню потреб цих територій у природних ресурсах, обрахунку необхідності економічного зростання, прогнозування розвитку транспортної та іншої інфраструктури, обрахунку можливих негативних наслідків для довкілля та здоров'я людей [10].

Метою даної роботи є розробка комплексного проекту проведення геологічних вишукувань, інженерної підготовки території і спорудження технічних свердловин для реалізації будівництва багатofункціонального комплексу житлового і громадського призначення (територія ділянки, обмеженої вулицями: Гоголя, Озерною, Лікарняною, Садовою в м. Миргороді Полтавської області), в природних умовах, що характеризуються різноманітністю властивостей ґрунтів та складністю гідрологічного режиму.

Серед іншого, детальний план забудови території повинен визначати: принципи планувально-просторової організації забудови; функціональне призначення, режим та параметри забудови; розподіл територій згідно з будівельними нормами, державними стандартами та правилами; містобудівні умови та

обмеження; черговість та обсяги геологічних вишукувань та інженерної підготовки території.

Будівельно-монтажні роботи на проектованій ділянці здійснюватимуться в наступній послідовності: підготовка території будівництва; проведення інженерно-геологічних вишукувань; спорудження і облаштування свердловин для пониження рівня ґрунтових вод та проведення інших заходів з інженерної підготовки території; улаштування пальної основи під об'єкт; різні операції зі зведення об'єкту; прокладання інженерних мереж.

Бурові роботи за інженерно-геологічних вишукувань виконують для отримання інформації про: склад ґрунтів і умови їх залягання, глибину залягання ґрунтових вод та інших водоносних горизонтів, наявність напору та особливості рівневого режиму, відбору зразків ґрунтів і проб води для лабораторних випробувань, виконання польових досліджень властивостей ґрунтів, обладнання системи спостережень за компонентами геологічного середовища, встановлення меж прояву інженерно-геологічних процесів [11].

Розміщення, кількість і глибину свердловин визначають виходячи з необхідності повного та достовірного відображення інженерно-геологічних умов ділянки будівництва залежно від складності інженерно-геологічних умов і конструктивних особливостей проектованих будівель.

**Таблиця 1.1**

**Залежність діаметрів свердловин від їх призначення**

Тип свердловин	Початковий діаметр свердловини, мм, за глибини свердловини, м		Кінцевий діаметр свердловини, мм
	до 10	10 - 30	
Розвідувальні	до 127	до 168	до 89
Технічні	до 168	до 219	127

**Примітка 1.** Початковий діаметр розвідувальних та технічних свердловин глибиною більше 30 м, а також початковий та кінцевий діаметри спеціальних свердловин встановлюють у програмі виконання робіт.

**Примітка 2.** Під час буріння свердловин у великоуламкових, піщаних, пилюватих і глинистих ґрунтах із включеннями валунів і крупної гальки, а також для обґрунтування відповідно до завдання замовника проведення земляних робіт способом гідромеханізації допускається збільшувати їх початковий діаметр.

Діаметр буріння розвідувальних свердловин повинен забезпечувати можливість опису ґрунтів, відбору проб порушеної структури, а також відбір проб води і обладнання свердловин для спостереження за рівнем підземних вод (табл. 1.1). Діаметр буріння технічних свердловин повинен забезпечувати можливість відбору проб ґрунтів непорушеної структури та обладнання свердловин для гідрогеологічних, геофізичних і польових дослідних робіт [12].

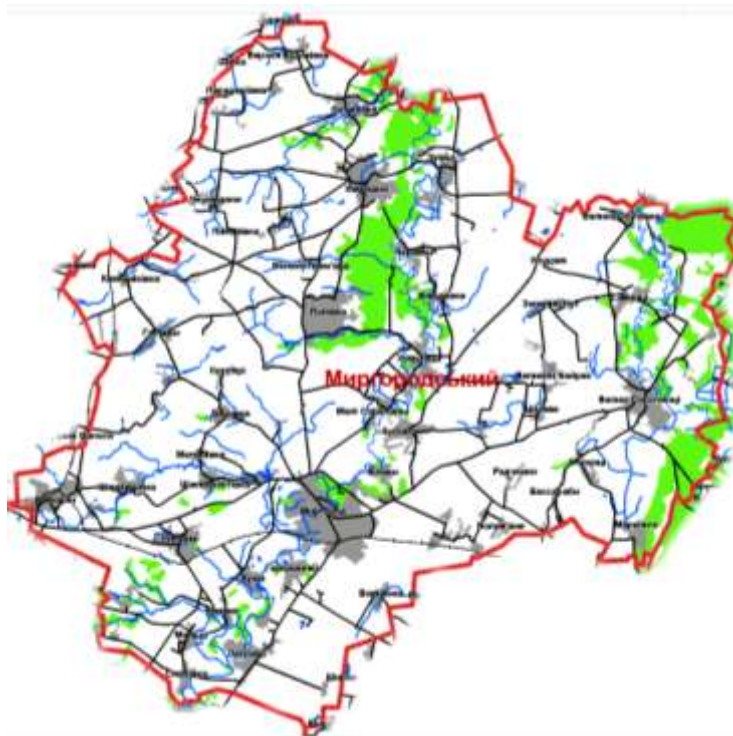
При недостатній несучій здатності природних ґрунтових основ застосовують їх інженерну підготовку шляхом покращення властивостей основи до необхідного рівня на місці їх залягання або підсилення основ за рахунок влаштування в них несучих конструктивних елементів [13]. Для ліквідації природних і техногенних порожнин, ущільнення, закріплення та гідроізоляції ґрунтів і порід основ необхідно застосовувати тампонаж гірських порід (ін'єкційні екрани) із застосуванням цементації, глинизації, смолізації, силікатизації, електрохімії та методи комплексного тампонажу (ін'єкційне нагнітання тампонажних розчинів виготовлених із цементу, глини, суглинків, золи-уноса, шламів збагачення).

За рахунок зниження рівня підземних вод відбувається самоущільнення ґрунтів, яке додатково може бути підсилено впливом фізичних полів при накладанні на ґрунтовий масив електричного поля, що викликає електроосмос; накладанням теплового поля, яке викликає термозакріплення [14]. В цілому водопониження – штучне пониження рівня ґрунтових вод – досягається відкачкою або відведенням їх до понижених місць.

### **1.3 Геолого-географічна характеристика району проектних робіт**

Майданчик проектних робіт свердловин є територіальним елементом міста Миргород, яке знаходиться у північно-центральної частині Полтавської області на берегах річки Хорол, поблизу місця впадіння у неї річки Лихобабівка та є адміністративним центром Миргородського району [15]. Місто знаходиться на важливих транспортних шляхах. Через місто проходять важливі автомобіль-

ні та залізничні шляхи за лінію (Київ – Харків) (рис. 1.1).



**Рисунок 1.1. Оглядова карта району проектних робіт (Миргородський район)**

Миргородський район знаходиться в межах Українського лівобережного лісостепу. Рельєф району рівнинний. Територією району протікає 6 річок, найбільші з них: Псел, що протягся на 39 км, та Хорол, що тягнеться впродовж 91 км. Площа лісів і лісосмуг складає 2600 га [10].

У цілому клімат Миргорода помірно континентальний з м'якою зимою і теплим літом. Температура повітря: середньорічна  $+ 7,7^{\circ}\text{C}$ , абсолютний мінімум  $- 32,9^{\circ}\text{C}$ , абсолютний максимум  $+ 39,4^{\circ}\text{C}$ . Глибина промерзання ґрунту: середня 68 см, максимальна 121 см. Середньорічна відносна вологість повітря – 76 %. Атмосферні опади: середньорічна кількість – 640 мм. Висота снігового покриву: середньодекадна 19 см, максимальна 56 см. Найбільший вплив на формування погодних умов і клімату Полтавської області мають величина і характер сонячного випромінювання, віддаленість регіону від великих водних мас, належність області до зони дії переважно атлантичних помірних та арктичних холодних повітряних мас, рівнинність.

Найбільш поширеною ґрунто-утворюючою породою в Миргородському

районі є льоси. Вони сприяють закріпленню органічних мас в ґрунтах, через що на льосах утворилися найбільш збагачені поживними речовинами, найбільш родючі чорноземні ґрунти. В цілому, в районі зустрічається майже 50 різновидностей ґрунтів, які в залежності від походження та властивостей діляться на групи: чорноземи, дерново-підзолисті, опідзолені, дернові, лучно-чорноземні, лучні, лучно-болотні, болотні, торфо-болотні, торфовища. Найбільш поширеними в Миргородському районі є ґрунти чорноземи, що мають середньо-суглинковий механічний склад та в основному належать до малогумусних та середньогумусних. В цілому ґрунти району належать до родючих і забезпечують вирощення всіх і сільськогосподарських культур.

Територія Полтавської області належить до класу рівнинних східноєвропейських ландшафтів. Більшість ландшафтів відносяться до лісостепового типу, і лише на південному сході – до степового та північно-степового типу. У зв'язку з високим рівнем сільськогосподарської діяльності, природні ландшафти не збереглися і тому переважають антропогени. В їх структурі переважають сільськогосподарський тип ландшафтів. Місцевість області являє собою рівнину, розділену річковими долинами і ярами.

На території області розвідано та експлуатується багато нафтових, нафтогазоконденсатних, газових і газоконденсатних родовищ. В районі Кременчуцької аномалії зосереджені запаси залізних руд. Серед інших корисних копалин – торф, будівельні матеріали, мінеральні води [16].

Провідними галузями промисловості Полтавської області є машинобудівна, паливна, гірничорудна, будівнича. Розвинуті видобування і переробка залізної руди, нафти, природного газу і газового конденсату, виробництво сталі, будівельних матеріалів та інших видів промислової продукції.

В гідрогеологічному відношенні територія проектування розташована в межах Дніпрово-Донецького артезіанського басейну, який характеризується широким розвитком напірних підземних вод в різновікових відкладах палеозою, мезозою і кайнозою. Водоносні горизонти території представлені середньо- і верхньочетвертинними алювіальними відкладами першої надзаплавної

тераси. Піски різнозернисті, супіски, льосовидні суглинки [17].

В межах території планування будівельних робіт розміщені: садибні за- будови, об'єкти громадського призначення (стадіон, спортивні майданчики), об'єкт спеціального призначення.

Територія проектування частково потрапляє до зони впливу річки Хорол.

#### 1.4 Гірничо-геологічні умови буріння інженерних і технічних свердловин

Ділянка проектних робіт за укрупненою оцінкою тектонічно і геологічно приурочена до Прип'ятсько-Дніпровсько-Донецького авлакогену Східноєвропейської платформи [18]. Буріння глибоких свердловин в даному районі ведеться в складних геологічних умовах, зв'язаних з літологічною будовою (наявність поперечних і поздовжніх порушень, зон насувів, обвалів порід, присутність проникних горизонтів). Стратиграфічну і літологічну характеристику району робіт наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Геологічні умови ділянки проектних робіт

Стратиграфічний підрозділ (система)	Літологічний склад гірських порід
Четвертинна Неогенова Палеогенова	Глини, суглинки, піски, пісковики, мергелі, буре вугілля, алевроліти слабозцементовані
Крейдова Юрська Тріасова	Крейда, мергелі, глини, пісковики, буре вугілля, алевроліти
Пермська	Ангідрити, доломіти, вапняки, засолені глини, пісковики, алевроліти, чергування пачок кам'яної солі з пластами ангідритів, доломітів і глинистих карбонатів
Кам'яновугільна	Аргіліти, алевроліти, вапняки, вугілля кам'яне, пісковики
Девонська	Пісковики, алевроліти, глинисті доломіти та темно-сірі аргіліти

Спорудження свердловин буде вестися у відкладеннях четвертинної системи, які характеризуються широким розповсюдженням в межах проектованої ділянки.



Нижньочетвертинні відклади представлені бурими і сірораво-бурими щільними і важкими суглинками, широко розповсюдженими 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. Потужність відкладів 5,0 - 8,0 м. Сучасні відклади представлені річним алювієм та делювіальними утвореннями. Алювіальні відклади представлені дрібно-різнозернистими пісками, сірими мулуватими суглинками та отсортованим глинистим піском. Делювіальні відклади представлені жовто-бурими суглинками. Потужність відкладів від 3 - 4 до 6 - 10 м.

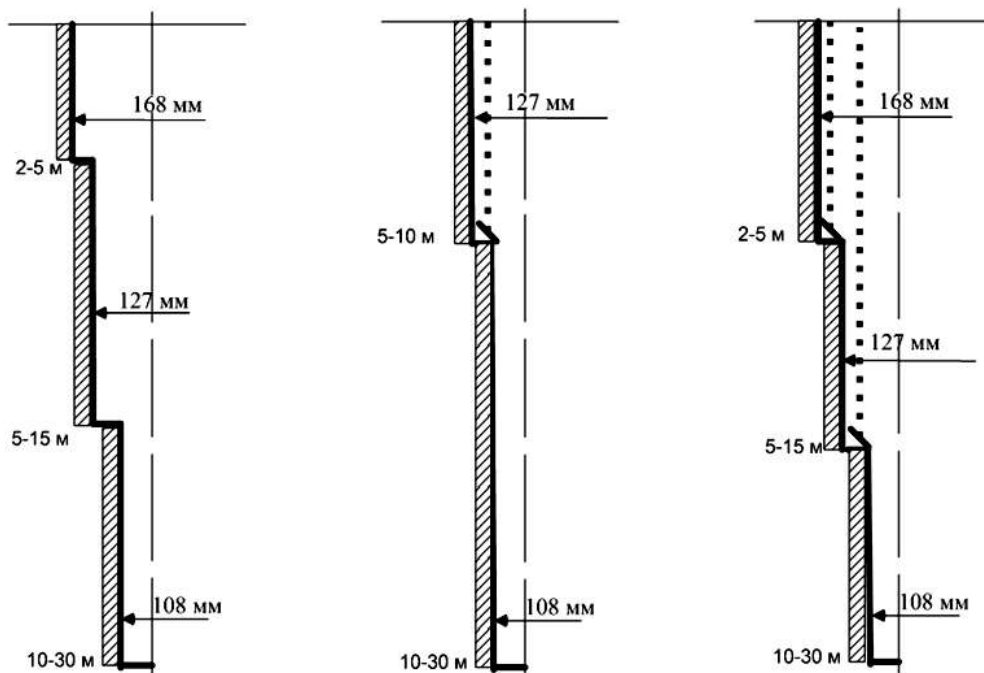
Відповідно до схеми інженерно-геологічного районування України, м. Миргород відноситься до територій зі складною характеристикою будівельних умов [12]. Підземні води по відношенню до бетону мають сульфатну агресивність. Практично усі зафіксовані геодинамічні процеси – підтоплення, явища просідання, порушення території, викликані техногенним навантаженням. Рівні залягання ґрунтових вод < 3 м від поверхні.

Враховуючи достатню літологічну вивченість району проектних робіт, для проведення спорудження інженерно-геологічних свердловин та отримання зразків порід, можуть бути прийняті такі способи: колонковий обертальний (із застосуванням подвійних колонкових труб та технологій, що використовують транспортування продуктів руйнування потоком очисного агенту), колонковий ударно-обертальний (із застосуванням спеціальних пробовідбірників). Для буріння свердловин з інженерної підготовки, можливе застосування високопродуктивного роторного буріння із відповідним підбором породоруйнівного інструменту, конструкції свердловини та режимних параметрів технології [11, 19].

## Розділ 2. Техніко-технологічна частина

### 2.1 Проектування конструкції інженерно-геологічних свердловин та технології їх спорудження

Не дивлячись на те, що глибини інженерно-геологічних свердловин незрівнянно малі у зіставленні з багатьма іншими різновидами останніх, вони мають свою, досить складну, номенклатуру типових конструкцій. Свердловини групи інженерно-геологічних, можуть мати як відкритий стовбур на всьому інтервалі буріння, так і потребувати кріплення обсадними трубами окремих ділянок, в деяких випадках названі свердловини отримують доволі громіздку систему обсадних колон (рис. 2.1) [12].



**Рисунок 2.1. Рекомендовані типові конструкції інженерно-геологічних свердловин (поперечні розміри – діаметри (колонкових труб) – є мінімально припустимими)**

Насамперед, конструкція інженерно-геологічних свердловин повинна відповідати сучасному рівню методик вишукувань, враховувати технічну оснащеність відповідних виробничих структур, допускати застосування прогресивних способів буріння та сприяти мінімізації витрат на своє спорудження – при одночасному забезпеченні повного виконання геологічного завдання.

Виходячи з умов отримання максимально достовірної геологічної інформації про літологічну будову ділянки проєктованих робіт, приймаємо кінцеву глибину свердловин 30 м; з метою скорочення витрат на бурові та супутні роботи, в якості характерної конструкції свердловини можливе застосування її двохступеневого оформлення (виправдане геолого-технічними умовами розрізу порід) (рис. 2.1), що включає верхній обсаджений інтервал (з посадкою башмаку колони на глибині 6 м) і відкритий стовбур.

В табл. 2.1 наведено інтерпольовану до умов проєктної ділянки робіт характеристику гірських порід (що складають геологічний розріз проєктованих свердловин), відносно складності отримання зразків – кернів [11].

Таблиця 2.1

**Характеристика гірських порід за складністю отримання представницького керну**

Коротка геолого-технічна характеристика порід	Категорія порід за буримістю	Приблизний вихід керна при бурінні одинарною колонковою трубою з промивкою	Рекомендовані технічні засоби і методи відбору керна
Слабозв'язні, такі, що легко руйнуються під впливом потоку рідини, вібрацій і ударів	III - V	0 - 40%	Снаряди, що виконані за принципом подвійних колонкових труб і у разі застосування промивних рідин – направлене регулювання властивостей
Незв'язні, сипкі, схильні до активної взаємодії із водою або фільтратом промивної рідини і такі, що легко руйнуються під впливом потоку рідини	I - III	0 - 20%	Безнасосне буріння, затирання порід "всуху", спеціальні ґрунтоноси або подвійні колонкові труби

Спираючись на наведені дані (табл. 2.1), які свідчать про те, що гірські породи ділянки проєктованих робіт, за умов використання стандартних прийомів (насамперед наявність промивання), практично не допускають отримання представницького керну, приймаємо способом буріння свердловин – колонковий, із затиранням порід "всуху". Успішність використання зазначеної технології, полягає в необхідності ведення процесу буріння скороченими рейсами, при цьому довжину колонкової труби приймаємо у межах 1500 мм (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

**Основні конструктивні параметри, прийнятих до застосування, колонкових і обсадних труби ніпельного з'єднання (за ДСТ 6238-77)**

Зовнішній діаметр труби і ніпеля, мм	Товщина стінки, мм	Внутрішній діаметр ніпеля, мм	Номинальний діаметр різьби, мм	Довжина різьби без збігу і проточки, мм	Теоретична маса, кг	
					1 м труби	ніпеля
108,0	5,0	95,5	103,0	50	12,70	2,4
127,0	5,0	114,5	122,0	50	15,04	2,6

**Примітка.** Труби випускають таких довжин: 1500, 3000, 4500, 6000 мм.

Для оцінки репрезентативності бурових робіт приймаємо такий підхід до методики відбору проб: щоб kern був представницьким, тобто достатнім для проведення інженерно-геологічної експертизи порід, нарівні з якістю керна потрібне ще й одержання його у визначеній кількості [8, 13].

У практиці інженерно-геологічного буріння використовують наступні показники виходу керна  $V_k$ , %:

лінійний вихід керна

$$V_{к.л.} = \frac{l_k}{l_p} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де  $l_k$  – довжина витягнутого керну, м;  $l_p$  – проходка за рейс, м;

ваговий вихід керна

$$V_{к.в.} = \frac{1,27 \cdot m}{\gamma \cdot d_k^2 \cdot l_p}, \quad (2.2)$$

де  $m$  – маса керна, г;  $\gamma$  – щільність гірської породи, г/см<sup>3</sup>;  $d_k$  – діаметр керна, см;

об'ємний вихід керна

$$V_{к.об.} = \frac{1,27 \cdot Q - q}{d_k^2 \cdot l_p}, \quad (2.3)$$

де  $Q$  – об'єм мірної судини, дм<sup>3</sup>;  $q$  – об'єм води залитої в мірну посудину з керовою масою, дм<sup>3</sup>.

Значення щільності гірських порід – типових представників маркувальних різниць проектного геологічного розрізу наведено в табл. 2.3 – вони є необхідними для підрахунку показників виходу керну [9].

Таблиця 2.3

## Орієнтовні показники щільності деяких гірських порід

Назва гірської породи	Орієнтовні показники щільності, кг/м <sup>3</sup>
Глина	1300 - 2500
Мергель глинястий	1700 - 1800
Пісок сухий	1400 - 1600
Сланці глинясті	2400 - 2600

Особливістю проектування режимів буріння за умов застосування методу затирання порід "всуху" є необхідність визначення такого значення осьового навантаження на породоруйнівний інструмент, при якому будуть подолані опори породи на стискування та нівельовано вплив прояву коефіцієнта сухого тертя (унаслідок відсутності промивальної рідини).

Дані табл. 2.4 дають уяву про орієнтовні значення межі міцності порід на одноосьове стискання [9, 11].

Таблиця 2.4

## Приблизні межі міцності порід на одноосьове стискання

Гірська порода	Межа міцності, МПа
Глинясті і піщанисті сланці, мергелі	40 - 100
Глини	1 - 2,5

В табл. 2.5 наведено значення коефіцієнтів тертя, за умов контакту із поверхнею металевих труб гірських порід різного мінералогічного складу та фізичного стану [9].

Таблиця 2.5

## Приблизні значення коефіцієнтів тертя метала об породи

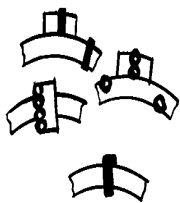
Гірська порода	Стан поверхні гірської породи		
	Суха	Змочена водою	Покрита глинястим розчином
Глина піщана	0,25 - 0,28	0,20 - 0,26	0,18 - 0,22
Глинястий сланець	0,20 - 0,25	0,15 - 0,20	0,11 - 0,13
Мергель	0,20 - 0,27	0,18 - 0,25	0,20 - 0,24
Пісок	0,32 - 0,42	0,27 - 0,40	0,25 - 0,35

При бурінні будуть використовуватися стандартизовані типи бурових твердосплавних коронок типу М (ребристі коронки для буріння м'яких порід І-

IV категорій за буримістю: М1, М2, М5; М6), особливістю конструкції останніх є наявність ребер на короночному кільці, що збільшують діаметр коронки на один розмір. Наявність ребер забезпечує збільшення проміжку між колонковою трубою і стінками свердловини - це сприяє попередженню прихоплень снаряда при бурінні в м'яких, липких, таких, що набрякають породах [2]. Технічна характеристика означених коронок приведена в а табл. 2.6.

Таблиця 2.6

## Характеристика твердосплавних ребристих коронок

Тип	Вид з торця на основні різці	Передній кут різця (від вертикалі), град.	Розворот різців відносно радіуса	Тип основних різців, розмір, тип твердого сплаву	Вихід різців по торцю, мм	Діаметри коронок, мм	Особливі ознаки
М1		0	-	0203А; 3x8x10; ВК8	3; уступ ребер 8	151 - 93	бокові ребра
М2		0	-	Г53; 5x10; ВК8	2,5; уступ ребер 8	151 - 93	бокові ребра
М5		0	-	241/3 з отвором 5x10; ВК8	2,5	151 - 93	вварені в корпус ребра
М6		0	-	пластина 5x19,5 із спеціальним виступом	5	151 - 93	вварені в корпус ребра

## Методика розрахунку параметрів колонкового буріння

Осьове навантаження на твердосплавну коронку визначається на такою формулою

$$C = tq, \text{ Н} \quad (2.4)$$

де  $t$  – кількість основних (об'ємних) різців чи вставок, шт.;  $q$  – рекомендоване осьове навантаження на 1 різець, Н.

Для твердосплавної коронки частоту обертання визначають з наступного співвідношення

$$n = \frac{60V_0}{\pi D_c}, \text{ об/хв} \quad (2.5)$$

де  $V_0$  – рекомендована окружна швидкість коронки, м/с;  $D_c$  – середній діаметр коронки, м.

$$D_c = \frac{D_3 + D_B}{2}, \text{ м} \quad (2.6)$$

де  $D_3$  і  $D_B$  – відповідно зовнішній та внутрішній діаметри коронки, м.

Дані щодо прийнятих типів коронок та їх конструктивні особливості, наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7

**Породоруйнівний інструмент для буріння проєктованих свердловин**

Інтервал застосування інструменту, м	Тип ребристої коронки	Число різців, шт. / внутрішній діаметр, мм для коронок з зовнішнім діаметром, мм	
		151	132
0 - 6	M2	16/113	16/93
6 - 30	M5	24/112	24/91

При розрахунку частоти обертання коронок, необхідно дотримуватися вимог щодо обмеження граничних показників останньої (табл. 2.8) за колонкового інженерно-геологічного буріння.

Таблиця 2.8

**Граничнодопустимі частоти обертання для твердосплавних коронок**

Зовнішній діаметр коронки, мм	Частота обертання, об/хв. для коронок типу М
151	300
132	350

Рекомендовані до застосування, при обчисленнях режимних параметрів процесу поглиблення інженерно-геологічних свердловин, значення питомого осьового навантаження на основний різець та окружної швидкості обертання коронки, наведені в табл. 2.9.

Таблиця 2.9

**Рекомендовані параметри режиму буріння твердосплавними коронками типу М**

Тип коронки	Категорія порід за буримістю		
	I - II	III	IV
Ребристі M2 M5	Осьове навантаження на основний різець, Н		
	300 - 400 1200 - 1600	400 - 500 1600 - 2000	500 - 700 2000 - 2800
Окружна швидкість 0,6 - 2,5 м/с			

Отримані розрахункові значення уточнюються у відповідності до наявного бурового обладнання, в нашому випадку, для спорудження проєктованих

свердловин, приймаємо самохідну бурову установку, із рухомим обертачем, типу УРБ-2А2 [3, 11], яка призначена головним чином для буріння геофізичних і структурно-пошукових свердловин на нафту і газ, розвідки родовищ твердих корисних копалини, будівельних матеріалів і підземних вод, інженерно-геологічних досліджень, буріння водозабірних і вибухових свердловин.

Бурові установки УРБ-2А2 (рис. 2.2) прості і зручні в експлуатації. Буріння свердловини здійснюється обертальним способом, при цьому вона може промиватися спеціальним розчином або продуватися стисненим повітрям. Гідравлічне управління значно полегшує роботу обслуговуючому персоналу. Оператор спостерігає за роботою бурової установки за показниками контрольних приладів, а управляє нею за допомогою регулювальників зусилля швидкості підйому і частоти обертання. Обертач, що переміщається по щоглі, з гідроприводом використовується при бурінні, нарощуванні бурильного інструменту без відриву від забою і виконує спільно з гідропідйомником роботу по спуску/підйому інструменту і його подачу при бурінні. Обертач переміщається по щоглі за допомогою гідроциліндра і талевої системи. Управління буровою установкою повністю гідрофіковано і сконцентровано на пульті бурильника. На пульті знаходяться контрольні прилади і регулювальники зусилля на забій, швидкості подачі і підйому, а також частоти обертання шпинделя обертача. [12]



**Рисунок 2.2. Бурова установка УРБ-2А2**

У табл. 2.10 приведені основні технічні параметри установки УРБ-2А2.



Таблиця 2.10

## Технічна характеристика самохідної бурової установки для обертального буріння

Найменування бурової установки	УРБ-2А2
Глибина буріння, м	
- свердловин із продуванням	30
- свердловин із промиванням	100
- структурно-пошукових та інженерно-геологічних свердловин	300
- із застосуванням шнеків	30
Діаметр: початковий/кінцевий, мм	190/76
Тип обертача	рухомий з гідроприводом
Частота обертання, об/хв.	140; 225; 325
Зусилля натягнення канату лебідкою, кН	рухомий обертач
Оснастка талева	спеціальна
Швидкість підйому гаку, м/с	0 - 0,6
Висота щогли, м	8,37
Довжина свічки бурильних труб, м	4,5
Номінальне навантаження на гаку, кН	40
Тип подачі	гідравлічна з поліспастом
Зусилля подачі, кН	26
Хід подачі	5,2
Буровий насос	НБ - 32
Транспортна база	ЗИЛ - 131
Силовий привід	ЗИЛ - 131
Потужність, кВт	44
Крутний момент, Нм	2010; 1210; 830

Остаточні результати обчислень режиму буріння, уточнені у відповідності до вимог табл. 2.4 - 2.5, зведено до табл. 2.11.

Таблиця 2.11

## Режимні параметри для спорудження проектованої свердловини

Перебурюваний інтервал, м	Колонковий породоруйнівний інструмент	Параметри режиму буріння	
		С, Н	п, об/хв
0-6	М2-151	4600	140
6-30	М5-132	8200	140

Якщо в процесі буріння якість кернових проб буде незадовільною, до застосування рекомендується подвійний колонковий набір (табл. 2.12) [19].

Таблиця 2.12

## Рекомендації по застосуванню подвійного колонкового набору ТДН-2/0-93

Колонковий набір	Параметри режиму буріння		
	С, Н	п, об/хв	Q, л/хв
Труби ТДН-2/0-93	3000	140	40

Недоліком застосування означеного пристрою, є неможливість отримання кернових проб значного розміру, навіть у випадку забезпечення найприйнятніших умов, поперечні розміри зразків породи не перевищуватимуть 60 мм.

## 2.2 Уточнюючи відомості про геологічну будову ділянки проектних робіт

В результаті проведених бурових робіт, що, окрім іншого, мали за мету отримання уточненого геологічного розрізу проектованої ділянки робіт, вдалось скласти наступну літологічну характеристику, що відображена в табл. 2.13.

**Таблиця 2.13**

### Уточнена літологічна характеристика геологічного розрізу проектованої ділянки

Шкала глибин, м	Геологічний індекс	Літологічна характеристика породи	Максимальна категорія порід		Міцність порід за методом Шрейнера, МПа
			за твердістю	за абразивністю	
1-2	prQ	Грунтово-рослинний шар	I	I	100 - 250
3-5		Пісок дрібнозернистий обводнений	I	II	<100
6-8	IQ	Суглинок	III	II	100 - 250
9-10	elQ	Пісок різнодрібнозернистий обводнений	I	I	<100
11-13		Пісок глинистий	II	I	100 - 250
14-16		Глина щільна	IV	II	250 - 500
17-19	el-dIQ	Пісок дрібнозернистий	I	I	<100
20-23		Глина червонобура	IV	II	250 - 500
24-28		Суглинок щільний	IV	II	100 - 250
29-30	RQ	Мергель	IV	II	250 - 500

Отримані зразки гірських порід також були піддані спеціальним лабораторним дослідженням, що проводяться з метою визначення складу, стану і будівельних властивостей ґрунтів, а також хімічного складу ґрунтових зол, їх агресивності і корозійності [8, 13].

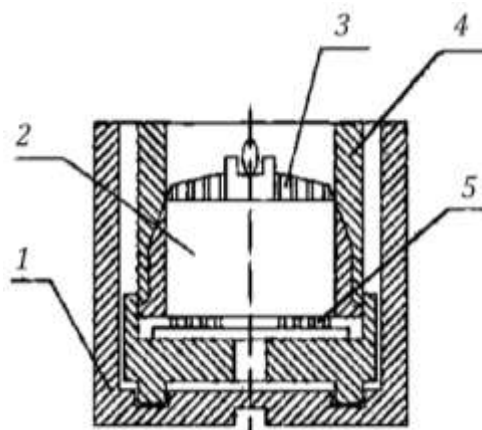
Методи отримання інженерно-геологічної інформації включають ком-

плекс лабораторних прийомів визначення фізико-механічних властивостей порід, для чого проводять роботи із з'ясування наступного: гранулометричного складу зв'язних і незв'язних порід; щільності і об'ємної маси порід (сюди входить і розрахунок пористості); вологості і максимальної молекулярної вологості; пластичності, клейкості, набрякання, водоміцності; коефіцієнта фільтрації; кута природного укосу; стисливості і опору зрушенню.

Набір показників властивостей і об'єм лабораторних випробувань мають бути оптимальними і максимально точно відповідати інженерному завданню проекту проведення інженерно-геологічних робіт.

При проведенні інженерно-геологічних досліджень, для заданих умов, мають бути отримані дані про показники властивостей, достатні для розчленування геологічного середовища усередині контурів будівельної площі на глибину сфери взаємодії найбільш важкої споруди; вибору на підставі оцінок класифікаційних показників нормативних значень показників стисливості і міцності ґрунтів, необхідних для попереднього розрахунку основ, що виконується у рамках компонування споруд; складання проекту проведення будівельних робіт і проекту захисних заходів [20].

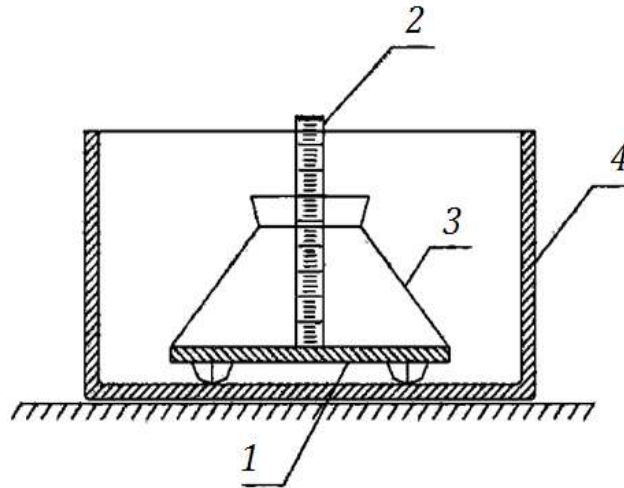
Визначення стисливості ґрунту без можливого бічного розширення можна проводити на компресійному приладі типу КП (рис. 2.3).



**Рисунок 2.3. Компресійний прилад типу КП: 1 - ванна; 2 – ґрунтовідбиральне кільце з ґрунтом; 3 - перфорований поршень; 4 - обойма; 5 - перфорований диск**

Оскільки визначення опору піщаних ґрунтів зрізу викликає значні труд-

нощі, про деформаційні властивості пісків можна побічно судити на підставі визначення кута природного укосу на приладі УВТ-2 (зазначені параметри можна визначати в сухому стані ґрунту і під водою) (рис. 2.4).



**Рисунок 2.4.** Схема приладу для визначення кута природного укосу УВТ-2: 1 - опорний столик; 2 - шкала; 3 - знімний конус; 4 - скляна посудина

Дані проведених досліджень, з визначення кута природного укосу різно-дрібнозернистих і глинистих пісків, зведені до табл. 2.14.

**Таблиця 2.14**

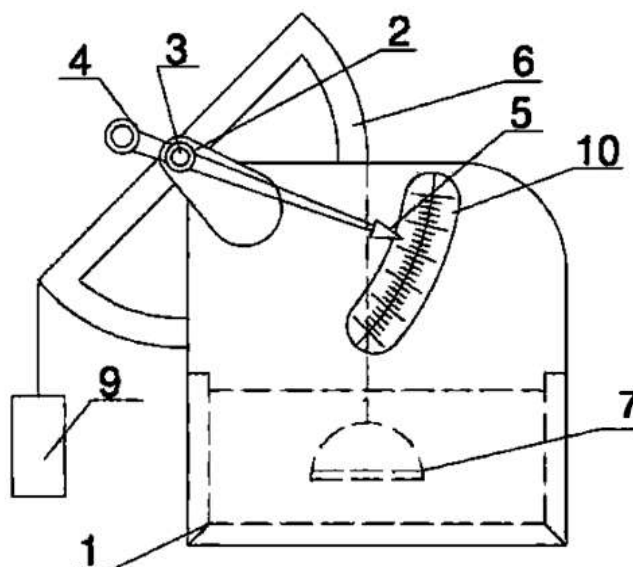
**Результати вимірів кута природного укосу різно-дрібнозернистих і глинистих пісків, град.**

Тип досліджуваного ґрунта	Фізичний стан досліджуваного ґрунта	
	Сухий	Під водою
Різно-дрібнозернистий пісок	35	28
Глинистий пісок	38	30

Размочуваність - здатність глинистого ґрунту при вбиранні води втрачати міцність і перетворюватися на рихлу породу з повною втратою здатності до несення навантажень. Розмоканням зазвичай піддаються ті глинисті ґрунти, вологість яких менше їх максимальної молекулярної вологості [17]. Розмоканням практично не піддаються глинисті ґрунти природної вологості, коли вода, що поступає в ґрунт, не в змозі збільшити кількість плівкової води і стати причиною втрати зв'язності.

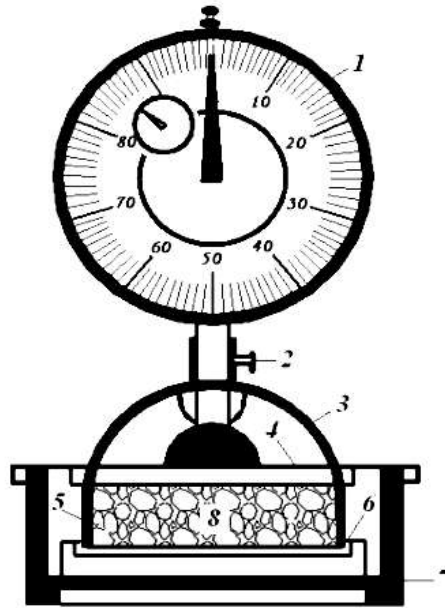
На рис. 2.5 наведено схему спеціального приладу, що дозволяє в лабора-

торних умовах визначати ступінь розмокання ґрунтів.



**Рисунок 2.5. Прилад для визначення розмокання ґрунтів: 1 - корпус; 2 - опора; 3 - вісь, що коливається; 4 - гайка; 5 - стрілка; 6 - важіль; 7 - гнучкий зв'язок; 8 - сітка; 9 - противага; 10 - шкала**

Набрякання - це здатність ґрунтів збільшувати свій об'єм за рахунок розвитку тиску набування в процесі гідратації або взаємодії з хімічними розчинами [13]. Набування глинистих ґрунтів в першу чергу залежить від міри дисперсності глинистих часток. Чим частки менше, тим більшою мірою ґрунт здатний набувати. Процес набування проходить в такі стадії: адсорбційне або внутрішньокристалічне набування та макроскопічне або осмотичне набування. На першій стадії глина вбирає вологу за рахунок адсорбції молекул води поверхнею глинистих часток і міжшаровими проміжками кристалічної решітки глинистих мінералів. Ця стадія практично не впливає на зміну об'єму породи. На другій стадії набування, поглинання води здійснюється за допомогою осмотичного тиску, яке виникає поблизу поверхні глинистих часток за рахунок надлишкової концентрації обмінних катіонів, що потрапили в розчин з поверхні глинистих часток. Поступове накопичення солей в ґрунті призводить до зміни їх стану і властивостей, що повинно враховуватися при проектуванні і експлуатації споруд, оскільки ці процеси можуть істотно вплинути на міцність і деформативність основ. Дослідження з набування глинистих ґрунтів проводилися на приладі ПНЗ (рис. 2.6).

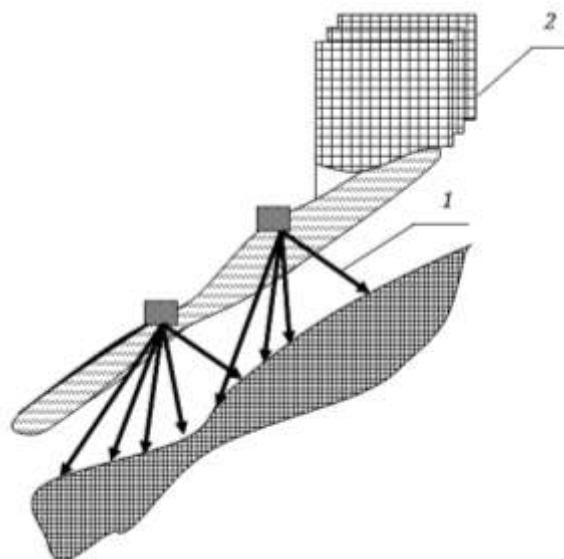


**Рисунок 2.6. Прилад ПНЗ для визначення величини набрякання: 1 - індикатор; 2 - гвинт; 3 - обойма; 4 - поршень; 5 - різальне кільце; 6 - перфорований піддон; 7 - ванна**

Слід зазначити наступне: сили зчеплення між окремими частками ґрунту залежать не лише від щільності і вологості, але і від речовинного складу. Внесення до ґрунту мінеральних солей зменшує цю зв'язність і тим самим опір ґрунту зрушенню.

### **2.3 Обґрунтування заходів із інженерної підготовки територій під будівництво**

Відповідно до уточнених геолого-літологічних характеристик ділянки робіт, остання потребує проведення комплексу заходів із інженерної підготовки території [12, 20]. Основним методом інженерної підготовки території приймаємо армування, яке має за мету усунення просадкових властивостей ґрунтів, підвищення міцності та стійкості основ, підвищення стійкості підпірних стін, укосів земляних споруд та зсувних схилів [21]. Під армуванням основ розуміють покращення фізико-механічних якостей ґрунтового масиву, який служать основою для влаштування в ньому більш міцніших елементів, що працюватимуть з ґрунтом і конструктивно не матимуть зв'язку з фундаментом споруди (рис. 2.1).



**Рисунок 2.7. Приклад встановлення армуючих елементів (1 – засіб армування, 2 - будівля)**

Армування масивів ґрунту ґрунтуване на взаємодії ущільнених та закріплених масивів, а також елементів підвищеної жорсткості з оточуючим ґрунтом. Досягнення необхідних якостей можливе за рахунок введення в товщу ґрунту елементів підвищеної міцності, які задовільно працюють на основні види деформацій (стиснення або розтяг), та мають високе зчеплення і тертя з оточуючим ґрунтом.

Фізико-механічні властивості ґрунтів та задачі, які вирішуються при армуванні, визначають характер розташування армованих елементів та технологію їх влаштування. В ґрунтових масивах конструктивне розташування армувальних елементів може бути вертикальним, горизонтальним, похилим в одному або декількох напрямках. Основні завдання, що вирішує операція армування, полягають у наступному: зміцнення та підвищення стійкості основ, в тому числі на зсувонебезпечних схилах; зміцнення та укріплення насипів та укосів земляних споруд, армування зворотних засипок підпірних стін та підвищення стійкості підпірних стін, а також виключення випирання ґрунту з-під споруд [20].

Технологія виконання армування основ, в основному, залежить від характеру основ та особливостей напластунів ґрунтів. Армування необхідно застосовувати в структурно нестійких ґрунтах, таких, як льосові просадкові, слабкі

водонасичені, рихлі піщані та насипні ґрунти. Армування товщ просадкових ґрунтів з метою підвищення їх міцності та несучої здатності повинно виконуватись виходячи з умови забезпечення сумісної роботи просадкового ґрунту та армувальних елементів. Армування ґрунтів може бути виконане за технологією глибинного ущільнення ґрунтів за допомогою свердловин із заповненням останніх шлакобетоном, тверднучим розчином або шлаком з ущільненням та створенням в масиві армувальних елементів шляхом силікатизації, смолізації або іншими методами [22].

На просадкових ґрунтах в верхній зоні створюється ущільнений шар шляхом влаштування ґрунтових подушок за допомогою ущільнення важкими трамбівками, або закріпленням. Цей шар є розподільчою подушкою, яка забезпечує передачу навантаження від фундаменту на армований масив та включення армуючих елементів в роботу. Відстань між армувальними елементами приймається виходячи з врахування сумісної роботи з оточуючим ґрунтом і необхідною міцністю основ, та залежить від фізико-механічних характеристик ґрунту. Вертикально розташовані елементи частіше всього приймають для усунення просадкових властивостей основ. У випадку створення армувальних елементів за допомогою свердловин, спосіб укладання та ущільнення залежать від матеріалу заповнення свердловин. Армування основ елементами підвищеної жорсткості у вигляді набивних паль в свердловинах може досягати глибини 20 - 25 м.

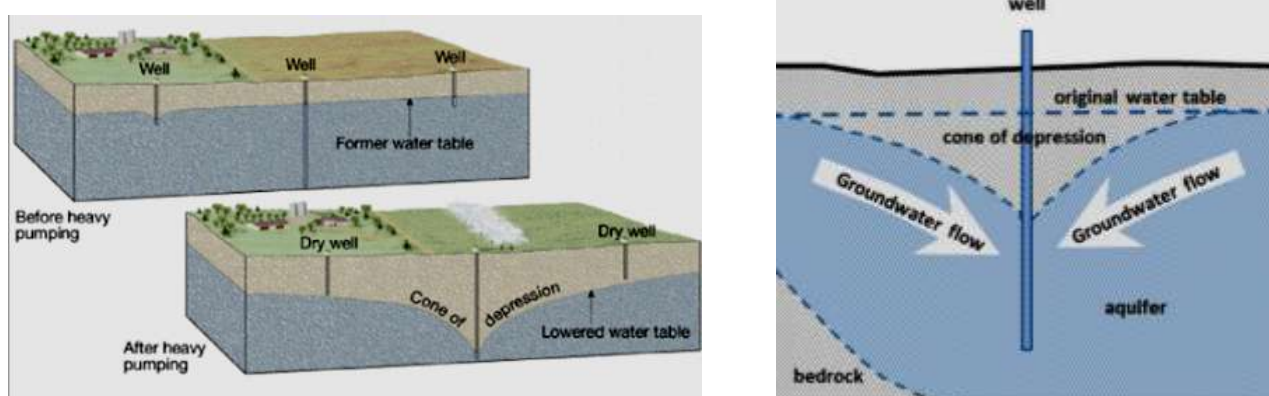


Рисунок 2.8. Схема утворення депресійної воронки

Важливою обставиною технології підсилення ґрунтів є також проведення



робіт із зниження рівня пластових вод [23]. Сутність зазначеного виду робіт полягає у тому, що при відкачці ґрунтових вод, які поступають в свердловину, поверхня води в ґрунті приймає форму воронки, понижуючись при цьому з похилом до місця відкачки (рис. 2.8).

При напірному характері ґрунтових вод воронкоподібну форму приймає п'єзометрична поверхня, яка відображає напори ґрунтових вод. Знижена поверхня ґрунтових вод називається депресивною поверхнею, а осушений простір між не зниженою поверхнею ґрунтового потоку та депресивною поверхнею - депресійною воронкою [24]. По мірі відкачування площа розповсюдження та глибина депресивної воронки збільшуються. Якщо інтенсивність відкачування залишається постійною, то з часом настає стабілізація – встановлений режим, при якому не відбувається подальший розвиток депресійної воронки. При припиненні відкачування рівні ґрунтових вод (РГВ) відновлюються, та їх п'єзометрична поверхня поступово набуває свою природну форму.

Задачі будівельного водопониження полягають у відповідному розвитку та підтриманні протягом необхідного часу депресійної воронки в водоносних ґрунтах, а також у знятті надлишкового напору в підстилаючих водоносних ґрунтах. При будівельному водопониженні застосовуються, в основному, тимчасові пристрої, а необхідне обладнання та інші засоби, які передбачені для експлуатації споруд та підприємств, можуть бути використані тимчасово протягом всього терміну даного будівництва. В цьому випадку водопонижуючі засоби та пристрої поруч з дотриманням умов будівельного періоду повинні також відповідати відповідним вимогам проекту, враховуючим умови їх майбутньої експлуатації [22, 25].

Здійснення водопонижувальних робіт впливає на стан ґрунтів, їх поведінку в оточуючому ґрунтовому масиві. Вже саме пониження рівня води в ґрунті приводить до збільшення тиску від його власної ваги та до додаткового осідання території і зведених на ній споруд. В більшості випадків ці додаткові осідання достатньо рівномірні та не надають істотного впливу на роботу споруд, при відносно неглибоких зниженнях рівня води ці осідання невеликі. Але при гли-

боких пониженнях рівня ґрунтових водах додаткові осідання можуть стати значними і повинні враховуватись в основному проекті, а при виконанні крупних водопонижуючих робіт необхідно вести спостереження за рухом земної поверхні, осіданнями споруд та їх деформаціями. При необхідності, в залежності від відношення фактичних та визначених в проекті деформацій, слід регулювати режим водопонижувальних робіт та приймати заходи до забезпечення збереження споруд та їх нормальної експлуатації [26].

В процесі буріння ударними способами можуть виконуватись місцеві ущільнення ґрунту, які здатні викликати додаткові осідання поруч розташованих фундаментів, саме тому рекомендується до застосування обертальні способи спорудження свердловин [27]. В процесі водопонижувальних робіт можливо не тільки ущільнення, але й розрихлення ґрунтів та порушення зв'язків в них. Фільтраційний потік створює додатковий гідродинамічний тиск на ґрунт, який послаблює структурні зв'язки в ньому; він також може викликати винос частинок ґрунту [28]. Зниження щільності ґрунту можливе як в процесі буріння – через вивали порід, в процесі відкачування – через винос дрібних часток при незадовільній роботі фільтрів, так і в процесі ліквідації водопонижувальних свердловин. З метою усунення перерахованих явищ, слід особливо ретельно підходити до технології виконання робіт при бурінні свердловин та обладнанні їх фільтрами, конструкція яких повинна строго відповідати характеру оточуючого свердловину водоносного горизонту; за всіх рівних обставин, перевагу слід надавати застосуванню фільтрів з піщано-гравійною обсіпкою [29]. Це зводить до мінімуму розущільнення ґрунту навколо свердловини та підвищує ефективність способу водозниження. При виконанні водопонижувальних робіт зниження рівня ґрунтових вод розповсюджується далеко за межі того об'єкта, для якого воно безпосередньо призначене.

При будівельному водозниженні слід застосовувати відкриті (сполучені з атмосферою) та вакуумні (герметично закриті) водопонижувальні свердловини (рис. 2.9).



**Рисунок 2.9. Гирлове виконання гідрогеологічних свердловин**

Відкриті водопонижувальні свердловини, обладнані насосами, застосовуються, в основному, при великих (більш 4 м) глибинах гравітаційного водозниження в ґрунтах з коефіцієнтом фільтрації більше 2 м/добу при достатній товщині водоносного шару, при якій може бути забезпечена необхідна продуктивність водопонижувальних свердловин. Вони можуть також застосовуватися в ґрунтах з коефіцієнтом фільтрації менше 2 м/добу, коли їх ефективність підтверджується достовірними даними, і при водозниженні менш 4 м, якщо це виправдовується техніко-економічними міркуваннями [30].

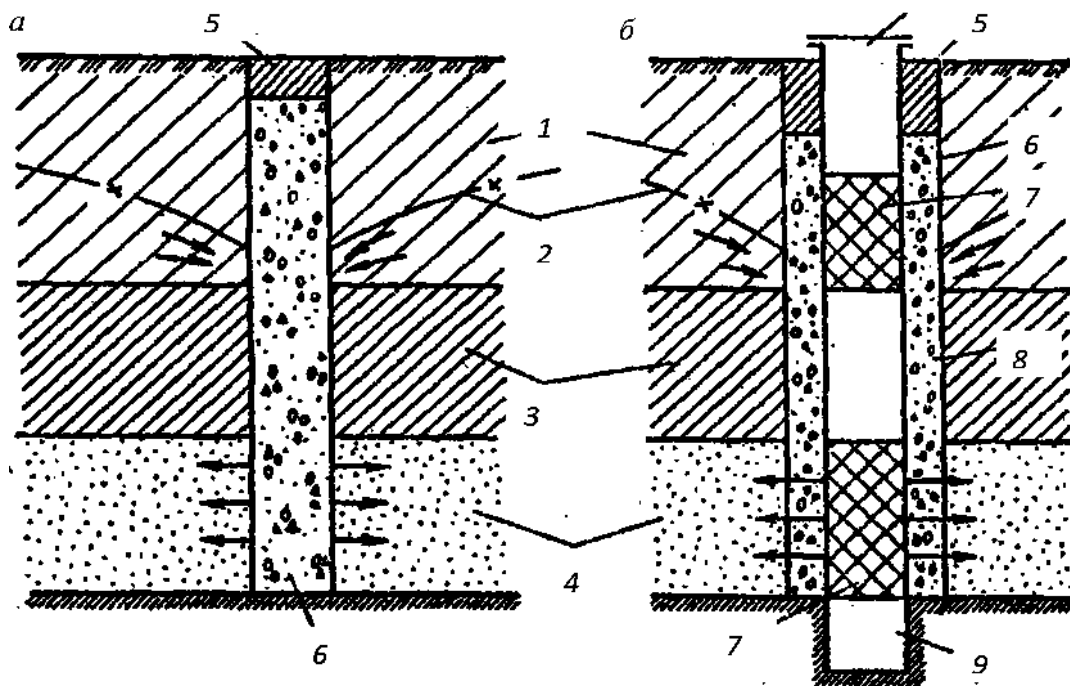
#### **2.4 Розрахунок параметрів процесу виконання робіт із свердловинного зниження рівня пластових вод**

Свердловинне зниження рівня пластових вод (розповсюджено також визначення - вертикальний дренаж) доцільно застосовувати [23, 31]: а) в обводнених ґрунтах (з коефіцієнтом фільтрації більше ніж 5 м/добу) за товщини обводнених порід, що перевищують декілька метрів, і глибині залягання водоупору більше ніж 8 - 10 м; б) при двошаровій будівлі обводненої товщі порід, коли верхній шар складений слабководоникними глинистими ґрунтами, товщиною, що перевищують декілька метрів, а нижній шар – добре проникними породами; в) при багат шаровій обводненій товщі порід значної потужності (бі-

льше 10 м).

Основними конструктивними елементами водопонижуючої свердловини є: а) стовбур, закріплений, як правило, обсадними трубами; б) фільтр з надфільтровою трубою; в) водопідйомне обладнання.

Обсадні труби виконують функції кріплення стінок свердловин, забезпечуючи їх стійкість як в період проходки свердловини, так і в період експлуатації. Вертикальні поглинаючі дренажні свердловини влаштовують у випадку відсутності небезпеки забруднення підземних вод нижче розташованого (поглинаючого) водоносного горизонту. В конструктивному відношенні – це бурові порожнини із суцільним заповненням їх піщано-гравійною сумішшю або обладнані фільтровою колоною з фільтрами в межах дренаючого і водопоглинаючого шарів (рис. 2.10).



**Рисунок 2.10.** Вертикальні поглинаючі дренажні свердловини: *а* – з суцільним заповненням стовбуру свердловини фільтруючим матеріалом; *б* – з фільтровою колоною; 1- шар ґрунту, що осушується; 2 – рівень ґрунтових вод; 3 – слабоводопроникний шар; 4 – поглинаючий шар; 5 – глиняний замок; 6 – піщано-гравійна засипка; 7 – фільтр; 8 – фільтрова колона; 9 – відстійник; 10 – кришка

Ґрунтові води, відібрані такими дренажними пристроями, скидаються в нижче розташований водоносний горизонт. Ряд або контурну групу таких конструкцій слід виконувати по зовнішньому периметру споруд.

Свердловини для водопониження обладнуються фільтрами різних конструкцій, основним елементами яких є каркас і водоприймальна поверхня. Найбільш поширені фільтри з піщано-гравійних сумішей (рис. 2.11).



Рисунок 2.11. Схема фільтра з піщано-гравійних сумішей

Відбір води з понижувальних свердловин відбувається різними типами водопідйомних пристроїв в залежності від глибини динамічного рівня води в свердловині, її діаметра, кількості води водоносному пласті тощо. Схеми обладнання дренажних свердловин насосами наведена на рис. 2.12.

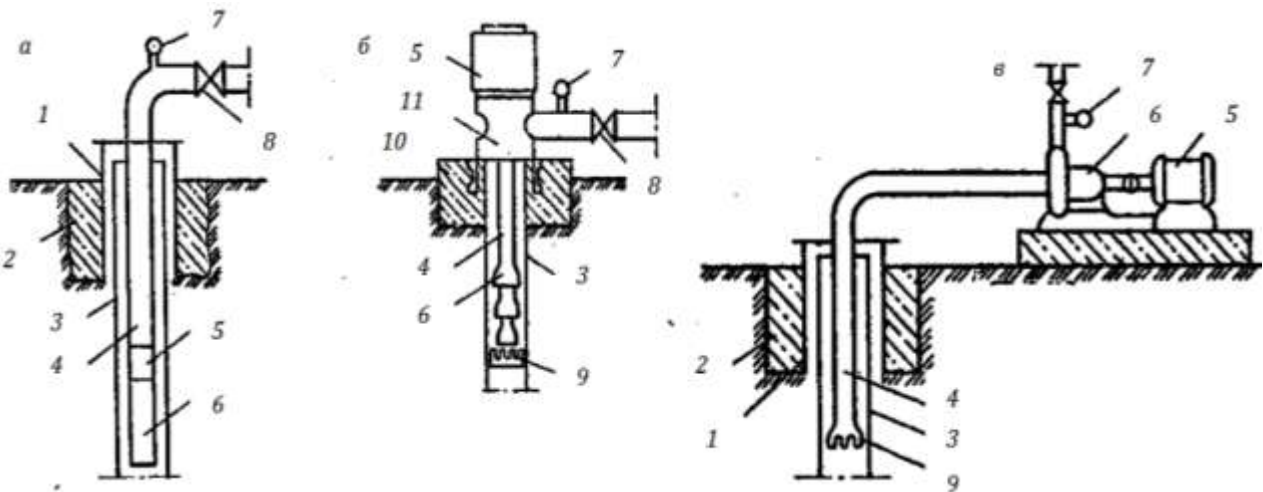


Рисунок 2.12. Схеми обладнання дренажних свердловин насосами: *а* – насосна установка із зануреним електродвигуном; *б* - насосна установка з трансмісійним валом; *в* – обладнання свердловини горизонтальним відцентровим насосом 1 – кондуктор; 2 – цементна заливка; 3 – фільтрова колона; 4 – водопідйомна колона труб; 5 – електродвигун; 6 – насос; 7- манометр; 8 – засувка; 9 – приймальний клапан; 10 – бетонний фундамент; 11 – опорний блок

Насосами, як правило, обладнують одиничні свердловини. При наявності ряду близько розташованих понижувальних свердловин доцільно влаштування ерліфтових або вакуумних систем, що дозволяє відмовитися від влаштування насосів в кожній окремій свердловині. Вакуумні системи відводу дренажних вод доцільно влаштовувати при глибині заляганні ґрунтових вод, що не перевищує 5 - 6 м від динамічного рівня води до осі водовідвідного колектору [31].

Конструктивне оформлення водопонижувальних свердловин для проектованої ділянки робіт будемо здійснювати за схемою, що представлена на рис. 2.10, б, тобто експлуатаційну (фільтрову) колону обсадних необхідно оснастити водоприймальними елементами, які потрібно встановити навпроти водоносних горизонтів, останні, згідно із уточненою літологічною характеристикою геологічного розрізу проектованої ділянки (табл. 2.13), знаходяться в інтервалах глибин 3 - 5 м і 9 - 10 м, та представлені пісками різно-дрібнозернистими.

Тип фільтру, в даному випадку понижувальної свердловини, залежить від характеру порід водоносного горизонту. оскільки останній складений різно-дрібнозернистими пісками, то, відповідно до рекомендацій БНтаП II - 31-74, приймаємо трубчастий фільтр з дротяною обмоткою і одношаровим пісчано-гравійним обсіпанням (гравійний фільтр) [27].

Діаметр фільтру визначається за формулою

$$d_{\phi} = (d_k + 2 \cdot \delta_{\Pi} + 2 \cdot \delta_{OB}) + 2 \cdot \delta \text{ мм}, \quad (2.7)$$

де  $d_k$  - діаметр каркаса (в нашому випадку необхідно орієнтуватися на забезпечення можливості встановлення усередині експлуатаційної колони водопідіймального обладнання), за ДСТ на обсадні труби приймаємо 140 мм [32];  $\delta$  - мінімальна рекомендована товщина гравійного обсіпання;  $\delta_{\Pi}$  - діаметр підкладних прутків;  $\delta_{OB}$  - діаметр дротяної обмотки.

$$d_{\phi} = (140 + 2 \cdot 6 + 2 \cdot 2) + 2 \cdot 50 = 256 \text{ мм}.$$

Діаметр долота для буріння під експлуатаційну колону:

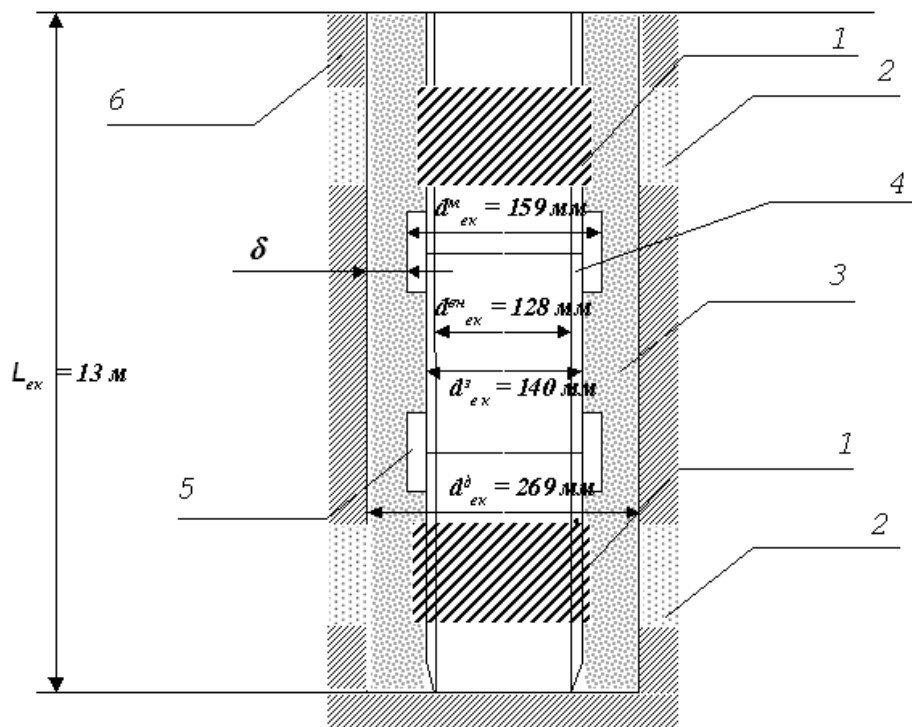
$$d_{ек}^{\partial} = d_{ек}^M + 2\delta, \quad (2.8)$$

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

$$d_{ек}^{\delta} = 159 + 2 \cdot 20 = 199 \text{ мм.}$$

Буріння водопонижувальних свердловин будемо здійснювати лопатевими долотами, тоді, відповідно до ДСТ на означений тип породоруйнівного інструменту, остаточно приймаємо  $d_{\phi} = 269$  мм (для доліт трилопатевої конструкції ЗЛ - 269) [33].

Підбір обсіпання при обладнанні гравійного фільтру є одним з найбільш відповідальних етапів в комплексі робіт, пов'язаних з проектуванням, спорудою і експлуатацією гідрогеологічних свердловин [27]. В даному випадку, в якості гравійного обсіпання належить застосовувати піщано-гравійну суміш. Підбір розмірів часток матеріалу для гравійного обсіпання здійснюють за співвідношенням:  $D_{50} / d_{50} = 8 - 12$ . Таким чином, для різно-дрібнозернистого піску з переважаючою величиною часток від 0,25 до 0,5 мм (більше 50% за масою) розмір часток гравійного обсіпання дорівнює від 2 - 4 до 3 - 6 мм.



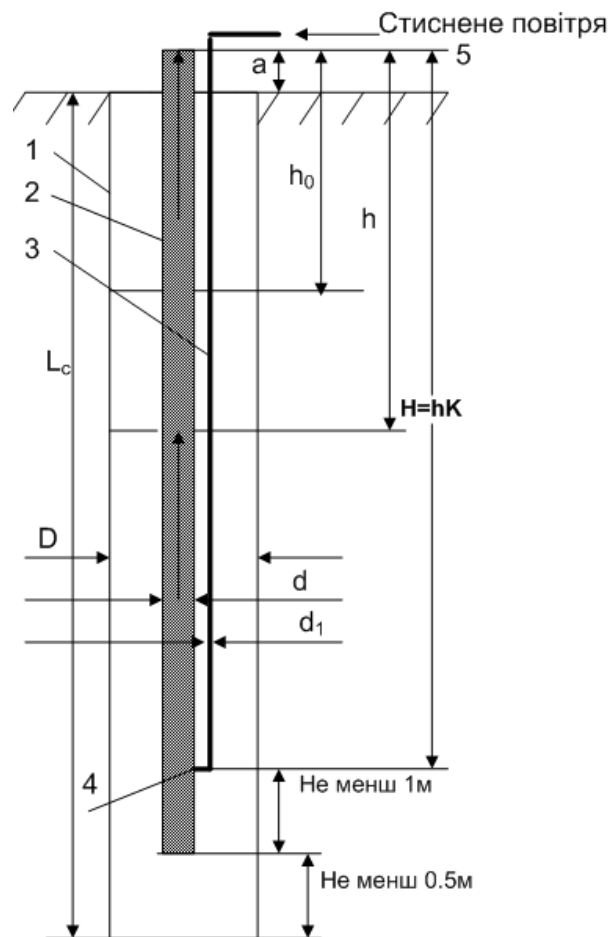
**Рисунок 2.13.** Схема конструкції водопонижувальної свердловини: 1 – каркас гравійного фільтру; 2 – водоносні горизонти; 3 – піщано-гравійна суміш; 4 – експлуатаційна (фільтрова) колона труб; 5 – муфта; 6 – водоупор

Оскільки буріння свердловини буде здійснюватися за одноколонною конструкцією, її вертикальний переріз буде мати вигляд, що показаний на рис. 2.13.

В залежності від режиму каптажу, необхідно передбачити такі типи відкачування води з понижувальних свердловин: ерліфтне і за допомогою відцентрових насосів типу ЕВВ [27, 30].

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.

Розрахункова схема ерліфтного відкачування представлена на рис. 2.14.



**Рисунок 2.14.** Схема облаштування ерліфта для розрахунку (труби розташовані за схемою "поруч"): 1 - обсадна труба; 2 - водопідймальна труба; 3 - повітропровідна труба; 4 - змішувач; 5 - рівень виливу

Визначення параметрів ерліфтного водопідняття (за умови групових відкачувань) ведуть за наступною методикою.



1. Глибина занурення  $H$  змішувача:

$$H = h \cdot k, \quad (2.9)$$

де  $h$  - глибина динамічного рівня води від рівня виливу;  $k$  - коефіцієнт занурення, приймаємо  $k = 2$ .

2. Визначення питомої витрати повітря:

$$v_0 = \frac{h}{c \cdot \lg \frac{h \cdot (k - 1) + 10}{10}}, \quad (2.10)$$

де  $c$  - дослідний коефіцієнт, приймаємо.

3. Повна витрата повітря:

$$W = \frac{Q \cdot v_0}{60}, \quad (2.11)$$

де  $Q$  - дебіт.

4. Пусковий тиск повітря:

$$p_0 = 0,01 \cdot (k \cdot h - h_0 + 2), \quad (2.12)$$

де  $h_0$  - глибина статичного рівня води.

5. Робочий тиск повітря:

$$p = 0,01 \cdot [h \cdot (k - 1) + 5], \text{ МПа.} \quad (2.13)$$

6. Внутрішній діаметр водопідіймальної труби:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \omega_2}{\pi}}, \text{ м.} \quad (2.14)$$

7. Продуктивність компресора:

$$W_k = 1,2 \cdot W, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (2.15)$$

8. Робочий тиск компресора:

$$p_k = p + 0,05, \text{ МПа.} \quad (2.16)$$

9. Розрахункова і дійсна потужність на валу компресора:

$$N_k = N_0 \cdot p_k \cdot W_k, \quad (2.17)$$

де  $N_0$  - питома потужність;

$$N_d = 1,1 \cdot N_k \text{ кВт.} \quad (2.18)$$

10. Коефіцієнт корисної дії установки:

$$\eta = 1000 \frac{Q \cdot h}{1,36 \cdot N_d \cdot 75} \quad (2.19)$$

Результати обчислень параметрів ерліфтного групового відкачування зведені до підсумкової табл. 2.15.

**Таблиця 2.15**

**Параметри ерліфтного групового каптажу**

Показник	Значення
Глибина занурення $H$ змішувача, м	5
Питома витрата повітря $\text{м}^3$ на один $\text{м}^3$ піднятої води	2,24
Пусковий тиск для повітря, МПа	0,05
Зовнішній діаметр водопідіймальних труб, мм	89
Діаметр повітропровідних труб, мм	26,75
Продуктивність компресора, $\text{м}^3/\text{хв}$	0,28
Коефіцієнт корисної дії установки, %	8

За отриманими значеннями робочого тиску компресора, кількості свердловин і продуктивності, приймаємо компресор ЗІФ - 55Е (табл. 2.16) [30].

**Таблиця 2.16**

**Технічна характеристика пересувного компресору ЗІФ - 55Е**

Тип компресору	Подача, $\text{м}^3/\text{хв}$	Робочий тиск, МПа	Потужність на валу компресора, кВт	Тип приводного двигуна
ЗІФ - 55Е	4,65	0,7	34	електричний

У додатку Б наведено розроблену прикладну програму розрахунку параметрів ерліфтного групового каптажу свердловин.

Основними характеристиками занурених відцентрових насосів (ЕВВ) є теоретичні подача рідини і перепад тиску, які повинен розвивати насос [27]. Розрахунок перепаду тиску, що створює відцентровий насос типу ЕВВ, здійснюють за наступною методикою (рис. 2.15) [30].

1. Манометричний напір, м

$$H_m = H_{2\partial} + H_{\text{внк}}, \quad (2.20)$$

де  $H_{2\partial}$  – геодезична висота подавання;  $H_{\text{внк}}$  – втрати напору.

$$H_{2\partial} = h_{\partial} + h_{\text{в}}, \quad (2.21)$$

де  $h_{\partial}$  – динамічний рівень;  $h_{\text{в}}$  – висота виливу.

$$H_{шк} = 0,1 \cdot H, \quad (2.22)$$

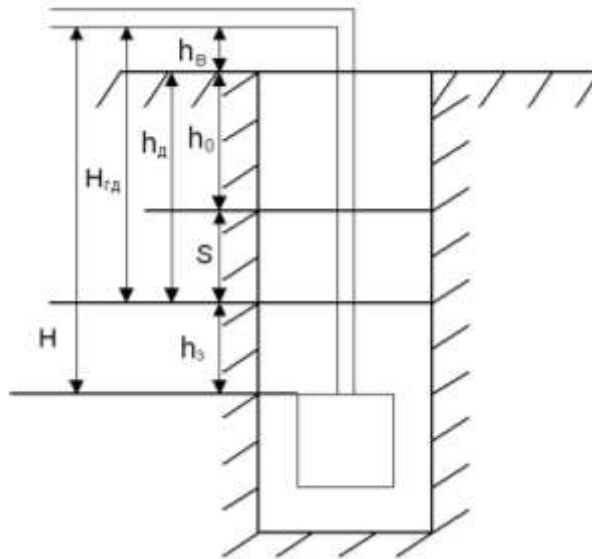


Рисунок 2.15. Схема облаштування свердловини насосом типу ЕВВ

де  $H$  – довжина напірного трубопроводу, що дорівнює

$$H = H_{рд} + h_з, \quad (2.23)$$

де  $h_з$  – занурення насоса під динамічний рівень.

## 2. Експлуатаційні втрати

$$H_e = 0,05H_m, \text{ м.} \quad (2.24)$$

## 3. Загальний напір

$$H_m^{заг} = H_m + H_e, \text{ м.} \quad (2.25)$$

Результати обчислень параметрів насосного відкачування (за допомогою насоса ЕВВ), зведені до табл. 2.17.

Таблиця 2.17

Параметри насосного відкачування

Показник	Значення
Манометричний напір $H_m$ , м	10,4
Довжина напірного трубопроводу $H$ , м	12,6
Загальний напір, м	12

Вибір марки насоса здійснюється за робочими характеристиками  $Q = f(H)$  насоса, з використанням даних щодо необхідних напору і дебіту. Виходячи зі сказаного, приймаємо відцентровий насос марки ЕВВ 5-6,3-80 (табл. 2.18).

Таблиця 2.18

## Технічна характеристика відцентрового насосу марки ЕВВ 5-6,3-80

Тип насосу	Кількість сходинок, шт	Тип приводного двигуна	Потужність, кВт	Маса агрегату, кг
ЕВВ 5-6,3-80	14	електричний ПЕДВ 2,8-114	2,8	60

## 4. Модернізація насосу:

Надлишок напору:  $\Delta H = H_m^H - H_m^{zag} = 80 - 12 = 68$  м.

Напір, що створюється однією гідравлічною сходиною насоса:

$$H_1 = H_m^H / N_{ce} = 80 / 14 = 5,7 \text{ м.}$$

Кількість гідравлічних сходинок, що потребують вилучення:

$$\Delta N_{ce} = \frac{\Delta H}{H_1} = 68 / 5,7 \approx 12.$$

Приймаємо  $\Delta N = 12$ , іншими словами - в даному випадку комплектуємо насос  $N_{ce} = 3$  гідравлічними сходишками (що забезпечить розрахункові умови відкачувань).

## 2.5 Розробка технології свердловинного армування ґрунтового масиву

У повній відповідності до проектних і уточнених даних щодо літолого-геологічної будови проектованої ділянки виконання будівельних робіт, окрім водопониження, остання потребує проведення заходів з додаткового підсилення ґрунтів, яке може бути досягнуто шляхом відповідних технологій армування; найбільш прийнятними для даних умов методами є встановлення бурових паль [34].

Вибір конструкції елементів армування ґрунту, а також виду паль для здійснення вказаного процесу, необхідно здійснювати виходячи з аналізу такого: конкретних геолого-технічних умов будівельного майданчика; інженерних досліджень, що характеризуються вичерпними практичними і методичними матеріалами; розрахункових навантажень, діючих на фундамент; техніко-

економічного порівняння можливих варіантів проектних рішень (з оцінкою за приведеними витратами), виконаного з урахуванням вимог щодо витрат основних будівельних матеріалів, і таких, що забезпечують якнайповніше використання характеристик ґрунтів відносно показників міцності і деформації та фізико-механічних властивостей власне матеріалів армування.

В табл. 2.19 наведено загальну характеристику методів облаштування паль, що базуються на застосуванні бурових технологій.

Таблиця 2.19

## Характеристика методів облаштування паль на базі застосування бурових технологій

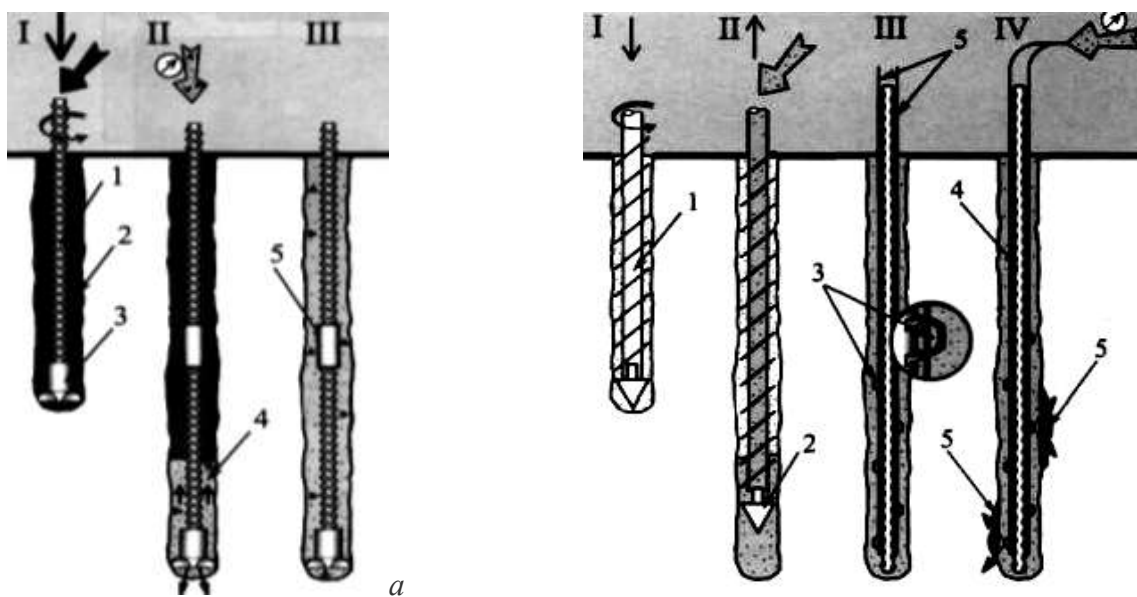
Класифікаційна ознака	Методи і прийоми облаштування паль
Спосіб занурення паль в ґрунт	Набивні, влаштовувані шляхом укладання бетонної суміші в свердловини, утворені в результаті обтискання ґрунту. Бурові, влаштовувані шляхом заповнення пробурених свердловин бетонною сумішшю або установки в них залізобетонних елементів.
Спосіб свердловинного формування паль і облаштування власне свердловин	Влаштовувані шляхом занурення інвентарних труб, нижній кінець яких закритий башмаком, що залишається в ґрунті, з наступним витяганням труб у міру заповнення свердловин бетонною сумішшю. Віброштамповані, влаштовувані в пробитих свердловинах шляхом їх заповнення жорсткою бетонною сумішшю, що ущільнюється віброштампом у вигляді труби із закріпленням на ній віброзанурювачем. Віброштамповані, влаштовувані шляхом виштамповування в ґрунті свердловин пірамідальної або конічної форми з наступним заповненням їх бетонною сумішшю.
Спосіб свердловинного облаштування паль	Буронабивні суцільного перерізу, бетоновані в пробурених свердловинах без кріплення або із закріпленням стінок витягуваними обсадними трубами. Буронабивні порожнисті круглого перерізу, влаштовувані із застосуванням багатосекційного сердечника. Буронабивні, влаштовувані шляхом втрамбування в свердловину щебеню. Буронабивні з камуфлетною п'ятою, влаштовувані шляхом буріння свердловин з утворенням розширення вибухом і заповнення свердловин бетонною сумішшю. Палі-стовпи, що влаштовуються шляхом буріння свердловин, укладання у них цементно-піщаного розчину і опускання у свердловини циліндричних або призматичних елементів суцільного перерізу із сторонами або діаметром 0,8 м і більш. Буроін'єкційні, що влаштовуються шляхом нагнітання бетонної суміші в пробурені свердловини.

Загалом буроін'єкційні армувальні елементи (палі) характеризуються діаметром від 0,15 до 0,25 м і влаштовуються шляхом нагнітання (ін'єкції) дріб-

нозернистої бетонної суміші або цементно-піщаного розчину в пробурені свердловини [21]. Буроін'єкційні палі за характером роботи відносять до висячих (такі, що спираються на стискувані ґрунти і передають навантаження на основу, у більшій мірі, бічною поверхнею і лише невелику частину - нижнім кінцем ); оскільки вклад п'яти в здатність палі нести навантаження, як правило, малий, то підвищують показники здатності несення навантажень за рахунок збільшення бічної поверхні (довжини) палі і поліпшення контакту «паля - ґрунт» [22, 35].

Об'єм застосування буроін'єкційних технологій армування неупинно зростає, також істотно збагатився і досвід вирішення з їх допомогою складних завдань посилення ґрунтів.

Нині, будь-яка технологічна схема влаштування армувальних або фундаментних конструкцій, передбачає наступні операції: буріння свердловин, армування, ін'єкція розчину [36]. В останніх зарубіжних розробках (в області технологій облаштування буроін'єкційних паль), помітне прагнення до об'єднання вказаних технологічних операцій, із забезпеченням необхідного рівня якості і надійності. Для цього, наприклад фірма "Ischebeck GmbH" використовує одnorазові бурові колони, що залишаються у свердловині в якості трубчастої арматури (рис. 2.16).



**Рисунок 2.16.** Технологічна схема облаштування буроін'єкційних паль: *а.* I - Буріння свердловини із промиванням. II - Заміщення промивальної рідини бетоном. III - Завершена палі; *б.* I, II - Спорудження свердловини і заповнення її бетоном, III - Занурення арматури, оснощеної трубками для ін'єкції. IV - Ін'єкція бетону через ін'єкційні трубки

В цілому, буроін'єкційні технології рекомендовані до застосування у наступних випадках: посилення переобтяжених основ; посилення основ у зв'язку з підвищенням або зміною характеру експлуатаційних навантажень; будівництво нових об'єктів поряд з існуючими; будівництво в тісних умовах усередині діючих підприємств; виправлення крену будівлі або окремого фундаменту; посилення фундаментів; рішення складних завдань при реконструкції фундаментів; будівництво нових об'єктів в складних ґрунтових умовах [21, 34].

Будівництво нових об'єктів над, під, поряд з існуючими або усередині них викликає необхідність в посиленні основ останніх для запобігання їх деформаціям як при виконанні будівельних робіт, так і під час експлуатації. Застосування буроін'єкційних паль в цих випадках дозволяє запобігти переміщенням і витокам ґрунту, вібраціям, ударам і шумам при виконанні робіт. Крім того, використання буроін'єкційних паль дозволяє виключити вплив поряд споруджуваних об'єктів на існуючі і виконувати роботи в тісних умовах.

Умови, за яких застосування буроін'єкційних паль для знову споруджуваних об'єктів може виявитися ефективним, такі: наявність великоуламкового матеріалу в слабких ґрунтах; наявність щільних шарів ґрунту обмеженої товщини.

Буроін'єкційні палі використовуються також як елемент «сітчастих стін в ґрунті», вживаних як підпірні стіни, у тому числі для протизсувного захисту.

Обов'язково рекомендована глибина інженерно-геологічних свердловин (виробок) для вирішення можливості облаштування паль має бути не менше ніж на 5 м нижче проектованої глибини закладення нижніх кінців паль при їх рядовому розташуванні і навантаженнях на куц паль до 3 МН і на 10 м нижче - при облаштуванні поля паль розміром до 10x10 м і при навантаженнях на куц більше 3 МН. При розмірах поля паль розміром більше 10x10 м і застосуванні плито-пальних фундаментів, глибина інженерно-геологічних свердловин повинна перевищувати передбачуване заглиблення паль не менше чим на глибину стискуваної товщі, але не менше половини ширини поля паль або плити та не менше ніж на 15 м [22].

За наявності на будівельному майданчику шарів ґрунтів із специфічними властивостями (просадність, набрякання, глинисті різниці, органо-мінеральні і органічні ґрунти, рихлі піски, техногенні ґрунти), глибину свердловин визначають з урахуванням необхідності їх проходки на усю товщу шару для встановлення глибини залягання підстилаючих міцних ґрунтів і визначення їх характеристик.

Буріння свердловини при облаштуванні буроін'єкційних паль в нестійких і обводнених ґрунтах, слід здійснювати з промиванням свердловин глинистим (бентонітовим) розчином способами, що забезпечують стійкість стінок свердловини.

Тверднучі суміші і розчини (дрібнозернисті бетони), вживані для виготовлення буроін'єкційних паль, повинні мати густину не нижче за  $2030 \text{ кг/м}^3$ , рухливість по конусу АзНДІ не менше 17 см і водовіддачу не більше 2%. Допустиме використання інших аналогічних сумішей, що підбираються спеціалізованими лабораторіями, із їх обов'язковою відповідністю вимогам проекту.

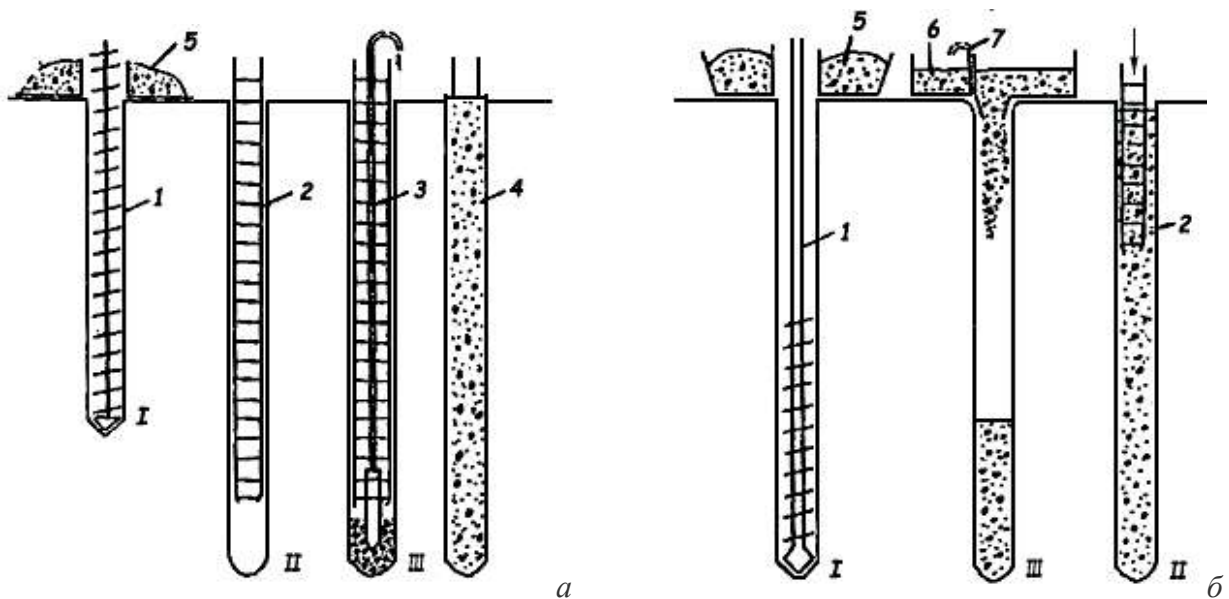
Заповнення свердловини буроін'єкційних паль бетонними сумішами слід здійснювати через бурильні труби або трубку-ін'єктор у напрямку від забою свердловини, від низу до верху, до повного витіснення промивального розчину і появи на гирлі свердловини чистої бетонної суміші.

Опресовування буроін'єкційних паль слід здійснювати після установки у верхній частині труби-кондуктора тампона з манометром шляхом нагнітання через ін'єктор тверднучого розчину під тиском 0,2 - 0,3 МПа протягом 2 - 3 хв [22, 34].

Технологічна послідовність облаштування буроін'єкційних паль наступна: буріння свердловин; установка арматурного каркаса; ін'єкція цементно-піщаного розчину. Залежно від ґрунтових умов, а також від сфери застосування рекомендуються наступні технологічні схеми встановлення буроін'єкційних паль: а) у маловологих глинистих ґрунтах найдоцільніше застосовувати технологію, показану на рис. 2.17, а. Свердловина діаметром 0,13 - 0,18 м буриться установкою шнекового буріння. При цьому необхідно, щоб діаметр бурового



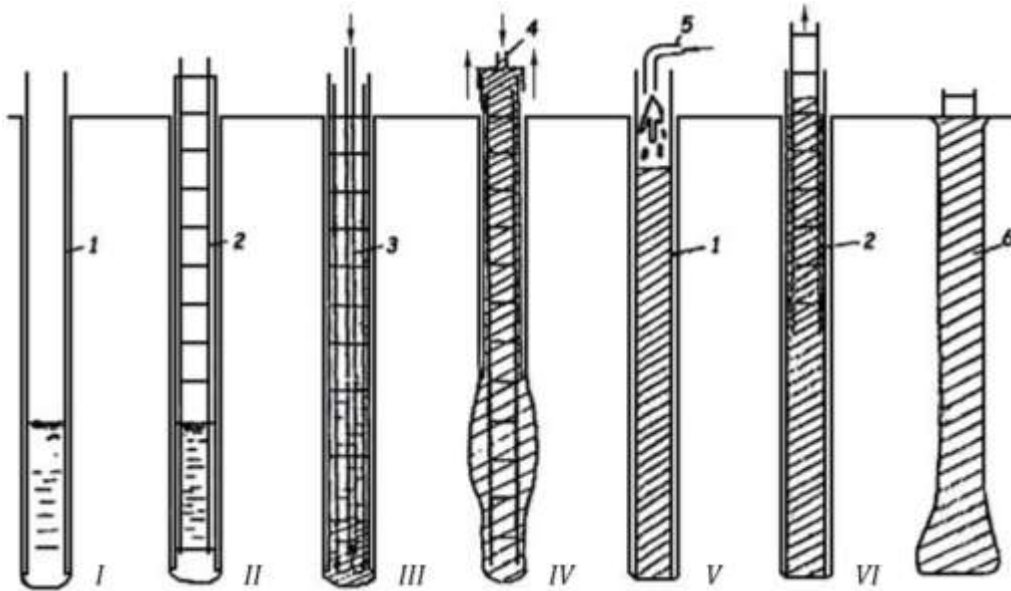
долота перевищував діаметр шнека не більше ніж на 0,6 - 1,0 см. Це забезпечує затирання стінок свердловини вологим ґрунтом, що піднімається по шнеку із забою, і перешкоджає осипанню ґрунту після витягання бурового інструменту зі свердловини. У готову свердловину опускається каркас, потім здійснюється ін'єкція цементно-піщаного розчину через шланг або спеціальну трубу, опущені на забій свердловини; б) при діаметрі вертикальної свердловини більше 0,18 м доцільно бетонувати свердловину вільним скиданням розчину з осіданням конуса 13 - 18 см. При цьому каркаси завдовжки до 5 м можна встановлювати в укладений розчин (рис. 2.17, б).



**Рисунок 2.17. Технологічна схема облаштування буроін'єкційних паль у маловологих глинистих ґрунтах: I - буріння свердловини, II - установка армокаркаса, III - бетонування палі; 1 – бурильна шнекова колона, 2 - армокаркас, 3 - ін'єкційний шланг, 4 - завершена палля, 5 - бункер для вибуреного ґрунту, 6 - бункер для бетону, 7 - циркуляційна трубка**

В слабких, опливаючих ґрунтах потрібні спеціальні заходи по зміцненню свердловин. На рис. 2.18 показана технологія виготовлення паль за допомогою обсадних труб. Верстатом обертального або ударно-обертального буріння буриться свердловина, стінки якої закріплюються обсадними трубами. Після витягання бурового інструменту і установки каркаса, обсаджена свердловина заповнюється розчином через ін'єкційну трубку або гнучкий шланг. Після заповнення свердловини розчином ін'єкційна трубка витягається, на верхню секцію

обсадних труб нагвинчує кришка з штуцером для шланга, під'єданого до розчинонасоса або компресора, через який укладений розчин опресовується у міру витягання обсадних труб. Регулюючи тиск і витрату розчину, можна отримати розширення в палі на необхідному рівні.



**Рисунок 2.18.** Технологічна схема виготовлення буроін'єкційних паль за допомогою витягуваних обсадних труб (I - IV у водонасичених ґрунтах; I, V, VI - в сухих): I - буріння свердловини; II, VI - установка армокаркаса; III, V - бетонування палі; IV - опресовування свердловини і витягання обсадних труб (1 - обсадні труби; 2 - армокаркас; 3 - ін'єкційна трубка; 4 - оголовок з штуцером; 5 - шланг розчинонасоса; 6 - завершена палля)

У тих випадках, коли забій свердловини сухої, розчин заливається в обсадні труби згори без ін'єкційної труби або шланга.

Оскільки на ділянці проєктованих робіт проведено попереднє водопониження, є можливість спростити технологію облаштування буроін'єкційних армувань (паль), яку можна здійснювати у порядку, зазначеному на рис. 2.17, а.

Буріння свердловин будемо здійснювати обертальним способом із промивкою глинистим розчином [1]. Відповідно до ДСТ на бурові лопатеві долота, приймаємо діаметр свердловини рівним 161 мм – що відповідає рекомендованому діапазону розмірів діаметру свердловин [21, 34].

Розрахунок параметрів режиму буріння буроін'єкційних свердловин ведеться у наступній послідовності.

#### 1. Осьове навантаження на долото

$$C = qD, \text{ даН} \quad (2.26)$$

де  $q$  – рекомендоване осьове навантаження на 1 см діаметра долота, даН;  $D$  – діаметр долота, см.

2. Частота обертання при бурінні долотом розраховується за формулою

$$n = \frac{60V_0}{\pi D}, \text{ об/хв.} \quad (2.27)$$

де  $D$  – діаметр долота, м.

3. Витрата промивальної рідини розраховується за формулою

$$Q = k \frac{\pi}{4} (D_c^2 - d_T^2) \bar{V}_{\text{вис}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.28)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність швидкості потоку по стовбуру свердловини ( $k = 1,1 \div 1,3$ );  $D_c$  – діаметр свердловини (дорівнює діаметру породоруйнуючого інструменту), м;  $d_T$  – діаметр колони бурильних труб, м;  $\bar{V}_{\text{вис}}$  – швидкість висхідного потоку промивальної рідини в затрубному кільцевому просторі, м/с.

При промиванні свердловини глинистим розчином швидкість висхідного потоку залежить від інструменту і для лопатевих доліт вона складає  $0,6 \div 0,8$  м/с [6].

Діаметр бурильних труб підбирається з умови:

$$d_{\text{бт}} = 0,45 \cdot D. \quad (2.29)$$

Таким чином  $d_{\text{бт}} = 0,45 \cdot 0,161 = 0,07245$  м; приймаємо  $d_{\text{бт}} = 73$  мм (СБТ - 73) [19, 32].

Для створення необхідного осьового навантаження необхідне застосування обважених бурильних труб (ОБТ), діаметр яких підбирається з умови:

$$d_{\text{обт}} = 0,75 \cdot D. \quad (2.30)$$

Таким чином  $d_{\text{обт}} = 0,75 \cdot 0,161 = 0,12075$  м; приймаємо  $d_{\text{обт}} = 120$  мм (ОБТС1-120) [3, 19].

Результати обчислень, уточнених відповідно до технічних характеристик бурової установки УРБ-2А2, зводимо до табл. 2.20.

Таблиця 2.20

**Породоруйнівний інструмент та режимні параметри для спорудження проектованої бурін'єкційної свердловини**

Перебурюваний інтервал, м	Породоруйнівний інструмент	Параметри режиму буріння		
		С, Н	п, об/хв	Q, л/хв
0-20	3Л - 161	22000	140	100

Розрахунок параметрів ін'єкційного розчину для заповнення свердловин ведеться у наступній послідовності:

1. Густина ін'єкційного цементного розчину, кг/м<sup>3</sup>:

$$\rho_{ур} = \rho_{ц} \cdot \rho_{в} \cdot (1+m) / (\rho_{в} + m \cdot \rho_{ц}), \quad (2.31)$$

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

2. Питома витрата сухого цементу, кг/м<sup>3</sup>:

$$q_{ц} = \frac{\rho_{ур}}{(1+m)}. \quad (2.32)$$

3. Об'єм цементного розчину, м<sup>3</sup>:

$$V_{ур} = 0,785 \cdot K_1 \cdot D_c^2 \cdot H, \quad (2.33)$$

де  $K_1$  - коефіцієнт, що враховує можливе збільшення діаметру свердловини;  $D_c$  - діаметр свердловини, м;  $H$  - глибина свердловини, м.

4. Необхідна кількість сухого цементу, т:

$$Q_{ц} = K_{ц} \cdot q_{ц} \cdot V_{ур}, \quad (2.34)$$

де  $K_{ц}$  - коефіцієнт, що враховує втрати цементу.

5. Необхідний об'єм води для приготування ін'єкційного розчину, м<sup>3</sup>:

$$V_{в} = \frac{m \cdot Q_{ц}}{K_{в} \cdot \rho_{в}}, \quad (2.35)$$

де  $K_{в}$  - коефіцієнт, що враховує втрати води.

Таблиця 2.21

**Параметри ін'єкційного розчину для заповнення 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
2060	0,45	0,65	0,27

Результати обчислень параметрів ін'єкційного розчину для заповнення свердловин зведено до підсумкової табл. 2.21.

## 2.6 Попередження і усунення ускладнень при спорудженні інженерно-геологічних та технічних свердловин

Розробка раціональної методики проведення геологічних вишукувань в цілому, та її невід'ємної складової - технології буріння інженерно-геологічних і технічних свердловин - зокрема, неможлива без врахування всієї гами природних умов здійснення відповідних операцій [11, 37]. В табл. 2.22 наведено класифікацію складності умов здійснення інженерно-геологічних вишукувань.

Таблиця 2.22

### Класифікація складності умов здійснення інженерно-геологічних вишукувань

Чинники	Категорії складності		
	I (проста)	II (середня)	III (складна)
Геоморфологічні	Один геоморфологічний елемент. Поверхня слабопохила, нерозчленована	Декілька геоморфологічних елементів одного генезису. Поверхня слабопохила, слаборозчленована	Декілька геоморфологічних елементів різного генезису. Поверхня сильнорозчленована. Схили.
Геологічні	Не більше двох літологічних шарів, потужність витримана. Властивості ґрунтів міняються незначно. Основа - скельні монолітні ґрунти	Не більше чотирьох літологічних шарів. Потужність і характеристики ґрунтів змінюються закономірно. Скельні ґрунти з нерівною покрівлею, перекритою нескельними ґрунтами	Більше чотирьох шарів. У розрізі лінзи, виклинювання шарів, тектонічні порушення. Склад і показники властивостей ґрунтів незакономірно мінливі. Скельні ґрунти: тріщинуваті, покрівля розчленована, вивітрена.
Гідрологічні	Один витриманий горизонт неагресивних підземних вод	Два і більше витримані горизонти, лінзи слабоагресивних вод, наявність напірних вод	Горизонти не витримані, складне чергування водоносних і водотривких порід, хімічний склад неоднорідний
Інженерно-геологічні	Відсутні	Мають обмежене поширення або не чинять впливу на проектні рішення	Мають широке поширення або чинять вирішальний вплив на проектні рішення
Специфічні ґрунти	Відсутні	Обмежено поширені або не чинять істотного впливу на проектні рішення	Широко поширені або чинять вирішальний вплив на проектні рішення
Природно-технічні	Хороші умови для прохідності техніки, розвинена інфраструктура	Складні умови для прохідності техніки, слабо розвинена інфраструктура	Вельми складні умови для прохідності техніки, нерозвинена інфраструктура

Особливо істотний вплив на процес спорудження свердловин чинять геологічні фактори, а саме генезис гірських порід. Відомо, що магматичні та метаморфічні гірські породи під дією різноманітних факторів вивітрюються (руйнуються) [18]. 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.

Всі осадові гірські породи за умовами виникнення (за генезисом) поділяють на наступні групи. Уламкові (теригенні) породи – продукти фізичного руйнування раніше утворених гірських порід. До цієї групи віднесено осадові породи з розміром уламків  $> 0,01$  мм. Глинисті породи (пеліти) – продукти глибокого гіпергенезу окремих мінералів у складі магматичних і метаморфічних гірських порід. Хемогенні та органогенні породи – продукти, що утворились суто хімічним або біохімічним, тобто за участю організмів, шляхом.

Щодо уламкових гірських порід, то їх додатково поділяють за розміром, формою (обкочені і необкочені), за мірою цементації (розрихлені і зцементовані). В якості цементу може бути природне вапно, кремнезем, глинозем, оксид заліза, фосфати. Зразком поширеної зцементованої породи є пісковик, брекчія.

Класифікація уламкових осадових гірських порід наведена в табл. 2.23.

**Таблиця 2.23**

**Класифікація уламкових осадових гірських порід**

Група порід	Величина уламків	Розрихлені		Зцементовані	
		Необкочені	Обкочені	Необкочені	Обкочені
Грубоуламкові (псефіти)	>10 см 1-10 см 2-10 мм	Брила Щебінь Жорства (шутер)	Валун Галька Гравій	– Брекчія Жорствеліт	– Конгломерат Гравеліт
Середньоуламкові (псаміти)	0,1-2,0 мм	Пісок		Пісковик	
Пилуваті (алеврити)	0,01-0,1 мм	Алеврит (лес)		Алевроліт	
Глинисті (пеліти)	< 0,01 мм	Глина		Аргіліт	

Серед осадових різниць глинисті породи найпоширеніші, де їх частка за об'ємом становить не менше 50%. Пеліти займають перехідне положення між власне уламковими породами та суто хімічними за походженням. Розмір мінеральних частинок у глинах коливається в межах 0,01 - 0,0001мм, де, до того ж, до 30% з них за розміром повинні мати мулисту фракцію – менше 0,001мм. Утворенню глинистих гірських порід передують складні і глибокі зміни кристалічних порід, зокрема гранітів та базальтів. Після того як уламкові породи в процесі вивітрення досягнуть розмірів алевриту (<0,1 мм) подальше їх перетворення здійснюється за активного впливу на них води, а саме, глибокого руйнування і перебудови їх кристалічної решітки іонами  $H^+$  і  $OH^-$  [18, 38].

Мінеральний склад глинистих порід досить складний. Здебільшого вони вповнені 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. 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  $10 \text{ кг/см}^2$ . 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 аргі-

літ схожий на глину, однак на відміну від неї у воді не розмокає. За подальшого ущільнення аргіліт поступово переходить у глинисті сланці – метаморфічну гірську породу.

Переважаючі 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 [39]. Прихоплення є найскладнішими і найтрудомісткими аваріями в бурінні. Виділяють три основних типи прихоплень: 1) бурильних колон; 2) обсадних труб; 3) породоруйнівних інструментів і колонкових наборів.

В табл. 2.24 наведені конкретні рекомендації щодо вибору ефективних промивних систем для спорудження свердловин в товщах м'яких осадових порід [40], у заломленні до проектного геологічного розрізу ділянки робіт.

**Таблиця 2.24**

**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



При наявності в розрізі свердловини глинистих порід, насамперед їх здатність до набрякання визначає ступінь складності процесу спорудження стовбура свердловини [39]. 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 піддання глинистих бурових розчинів спеціальній обробці, яка передбачає фізичну та хімічну обробку дисперсійного середовища [41].

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 [42].

При приготуванні глинистих розчинів необхідно контролювати наступні їх основні технологічні параметри (табл. 2.25).

Таблиця 2.25

## 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 здрибнювання, фізико-хімічного і мінералогічного складу глини [43]. 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.

Сальнікоутворення характерне при бурінні свердловин у глиняних породах при наявності інтервалів з інтенсивним утворенням рихлих фільтраційних кірок. Для попередження можливостей виникнення прихопленонебезпечних умов у свердловині необхідно взяти наступних заходів.

Дотримування режиму промивання - основна умова попередження прихоплень. В табл. 2.26 наведено рекомендації щодо створення режимів руху промивальної рідини в свердловині [44].

Таблиця 2.26

## Рекомендовані швидкості висхідного потоку

Породоруйнівний інструмент	Швидкість висхідного потоку в кільцевому просторі свердловини при промиванні, м/с	
	водою або розчинами поверхнево-активних речовин (ПАР)	глинистим розчином
Долота різального типу	0,6 – 1,0	0,6 – 0,8
Шаршкові долота	0,6 – 0,8	0,4 – 0,6

Рекомендовано також приймати швидкість висхідного потоку бурового розчину в кільцевому просторі в інтервалах нестійких глин на рівні до 1,2 м/с, а у випадку появи сальників - до 2,5 м/с і більше. Якщо продуктивність насосів недостатня, то з метою кращого очищення стовбура свердловини від шламу необхідно періодично піднімати бурильну колону над забоєм на довжину тягової труби і спускати з обертанням. У разі вимушених зупинок проходки та неможливості промивання свердловини, бурильну колону необхідно підняти в обсаджено або неускладнену частину стовбура.

Буровий розчин і хімічні реагенти, яких застосовують для його оброблення, мають забезпечити утворення тонких міцних фільтраційних кірок. Водночас

в'язкість і статичне напруження зсуву розчину повинні мати мінімальні значення.

Якщо тиск у нагнітальній лінії підвищився, то поглиблення свердловини припиняють. Шляхом інтенсивного промивання, розходжування з натягом, рівним власній вазі бурильної колони та її обертанням колони з частотою 1,2 об/с у стовбурі свердловини створюють нормальні умови для відновлення буріння. Виникнення затяжок при підніманні інструмента сигналізує про його припинення. За умови обережного відновлення циркуляції з поступовим її збільшенням проробка місця затяжки повинна проводитись обережно, без затяжок, посадок і підвищення тиску на насосах.

У випадку затягування колони в сальник необхідно розвантажити бурильну колону на вагу труб, що знаходяться у відкритій частині стовбура; відновити циркуляцію спочатку при одному клапані насоса з поступовим збільшенням подачі до звичної; спробувати до 4 разів повернути бурильну колону на допустиме розраховане число обертів при розвантаженому на 30 - 40 кН нижче власної ваги інструменті; у випадку повного або часткового вивільнення колони сальник необхідно зруйнувати шляхом обертання з інтенсивним промиванням; вивільнення бурильної колони розходжуванням при натягу її понад власну вагу не припускається, оскільки це ускладнює процес ліквідації прихоплення.

Знеміцненню порід в стінках свердловини також сприяє розвиток втомних явищ, що відбуваються під впливом гідродинамічних ударів і змінного тиску в стовбурі при спускопідіймальних операціях.

Чинники, що впливають на сипучість глин, можна розділити на наступні групи: механічні, гідратація глин і інші [45]. До механічних чинників, які впливають на сипучість глин, відноситься в основному ерозія, викликана рухом бурового розчину, його турбулентністю і в'язкістю.

### Розділ 3. Нові методи і прийоми в практиці інженерної підготовки територій

Міцність і експлуатаційну придатність буроін'єкційної палі, як інженерної споруди, визначають технологічні властивості цементного розчину, з якого вона сформована, та його адгезійні характеристики, що обумовлюють здатність палі нести навантаження за рахунок взаємодії її бічної поверхні з оточуючими гірськими породами. Підвищити зазначені показники можна за рахунок направленої зміни фізичних і хімічних властивостей рідини зачинення цементного розчину, для чого останню необхідно піддати обробці наступними методами: хімічна, магнітна, термічна і електрохімічна, в її різних варіаціях [46].

Електрохімічна обробка як технологія - це отримання і наступне використання активованої, за допомогою електрохімічних полів, води, або в процесах її очищення від небажаних компонентів, або в різних технологічних процесах як реагенту або реакційного середовища. Вказана операція здійснюється з метою управління складними фізико-хімічними реакціями, економії енергії, часу і матеріалів, підвищення якості кінцевого продукту, зменшення утворення відходів. Досить великий інтерес такий вид дії на середовище представляє для обробки рідини для приготування бетонних сумішей при облаштуванні буроін'єкційних паль, як альтернативний вид направленої регулювання параметрів і властивостей бетонного розчину, а в кінцевому рахунку якості палі.

При електрохімічній обробці рідини на міру активації, виражену через зміну значення рН, впливає не стільки значення струму як значення потужності, що підводиться. Крім того, сильний вплив чинить конструкція активатора, домішки в початковій рідині і міра їх дисоціації, рівень газоутворення в прианодній і прикатодній зонах, температура рідини в кожній камері.

Відомо, що вода є слабким електролітом і тому в малій мірі піддається мимовільній, спонтанній дисоціації. У водних розчинах має місце, як дисоціація молекул самої води, так і дисоціація домішок, розчинених в ній. На останній

процес робить помітний вплив взаємодія домішок з дипольними молекулами води. Це явище гідратації грає істотну роль при утворенні водних розчинів.

У рідині, яка використовується при зачиненні цементу для формування бурин'єкційних паль, знаходиться ряд характерних домішок. До таких прийнято відносити:

- солі, переважне число яких існує у вигляді іонів (переважають три аніони - гідрокарбонат  $\text{HCO}_3^-$ , хлорид  $\text{Cl}^-$  і сульфат  $\text{SO}_4^{2-}$  і чотири катіони кальцій  $\text{Ca}^{2+}$ , магній  $\text{Mg}^{2+}$ , натрій  $\text{Na}^+$  і калій  $\text{K}^+$ , які складають в прісних водах понад 90 - 95%, а у високомінералізованих - понад 99% усіх розчинених речовин);
- органічні речовини, представлені комплексами істинно розчинених і колоїдних речовин органічних сполук;
- гази, розчинені в рідині і представлені в основному киснем  $\text{O}_2$ , азотом  $\text{N}_2$  і двоокисом вуглецю  $\text{CO}_2$ ;
- частки глини і інших мінералів, які потрапляють в промивальну рідину в процесі руйнування і наступного переподрібнення гірських порід на забой свердловини.

Також у складі рідини можуть бути присутніми різні хімічні добавки реагентів, привнесені до неї спеціально у вигляді кислот, основ, неорганічних електrolітів, органічних реагентів і поверхнево-активних речовин (ПАР).

Дослідження впливу основних видів домішок при проведенні електрохімічної обробки рідини дозволили виявити наступні закономірності.

В результаті катодної електрохімічної обробки рідина набуває лужну реакцію за рахунок перетворення деякої частини розчинених солей на гідроксиди і присутність надлишкових гідроксильних груп  $\text{OH}^-$ , при цьому рівень рН відповідно збільшується. Окислювально-відновний потенціал (ОВП) рідини, який є мірою хімічної активності елементів пов'язаних з приєднанням або передачею електронів, різко знижується. Величина ОВП, залежна від температури і рівня рН, досягає значення - 950 мВ і нижче.

Що стосується поверхневого натягнення, то в результаті катодної електрохімічної обробки воно зменшується. Величини значення поверхневого натяг-

нення рідини (при температурі 20°C) залежно від рівня рН після проведення електрохімічної обробки представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

## Значення поверхневого натягнення рідини залежно від рівня рН

Контрольований показник	Кислотна фракція води					Нейтральна вода	Лужна фракція води					
	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12
Рівень рН												
Поверхнєве натягнення, мН/м	74	73,5	73	73	73	72,5	70	67	64,5	63	62	

Також відмітимо, що при додаванні у воду каустичної соди (NaOH) для отримання лужного розчину з високим значенням рН поверхнєве натягнення навпаки збільшується, причому це відбувається прямо пропорційно збільшенню концентрації лугу. При вмісті реагенту NaOH в розчині 5, 10 і 20 % по масі величини поверхневого натягнення відповідно рівні 74,6; 77,3 і 85,8 мН/м [47].

Що стосується хімічного складу, то відбувається зниження вмісту розчинених кисню, азоту, зростає концентрація водню, вільних гідроксильних груп, при цьому змінюється структура не лише оболонок гідратів іонів, але і вільного об'єму води. В результаті утворення розчинних гідроксидів натрію і калію і підвищення внаслідок цього рН, відбувається зрушення вуглекислотної рівноваги з утворенням важкорозчинних карбонатів кальцію і магнію з тих, що знаходяться зазвичай в початковій рідині розчинних з'єднань цих металів. Іони важких металів і заліза практично повністю перетворюються на нерозчинні гідроксиди.

Також у лужної фракції електрохімічно обробленої рідини зменшується електропровідність.

При анодній електрохімічній обробці кислотність води збільшується, рівень значень рН відповідно зменшується. Окислювально-відновний потенціал зростає за рахунок утворення стійких і нестабільних кислот (сірчаної, соляної, хлорноватистої, надсірчаних), а також пероксиду водню, пероксосульфатів, ки-

снейтримуючих з'єднань хлору. Значення ОВП коливаються від +300 до +1200 мВ відповідно до значень рН і рівня температури.

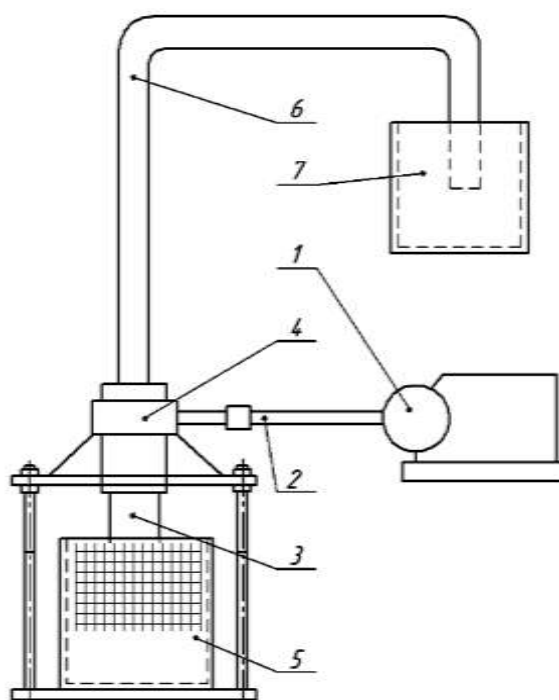
В результаті такої електрохімічної обробки збільшується електропровідність. Механізм зміни електропровідності полягає в наступному. Надлишкові протони водню  $H^+$ , наявні в кислотній фракції електрохімічно обробленої рідини, не закріплені за певними молекулами води, з якими вони утворюють іони  $H_3O^+$ , а постійно переміщаються від однієї молекули до іншої. Іони гідроксонію  $H_3O^+$  в розчині оточені молекулами води. Струм переноситься стрибкоподібним переходом протона від іона  $H_3O^+$  до сусідньої молекули води. При цьому протон кожного разу потрапляє всередину однієї з двох незайнятих протонами електронних орбіт молекули води - в один з двох її негативних полюсів. На основі наявних даних про структуру молекули води було підраховано, що від іона  $H_3O^+$  до молекули  $H_2O$  протон повинен пройти відстань  $0,86 \cdot 10^{-8}$  см, а позитивний заряд в результаті такого переходу переміщається на  $3,1 \cdot 10^{-8}$  см (в результаті подальшої перебудови комплексу). У такому разі електропровідність збільшуватиметься [48].

Оскільки надлишкові протони переміщаються по усіх молекулах води розчину, вони повідомляють цим молекулам деякий позитивний заряд  $\epsilon$ . Очевидно, що  $\epsilon$  росте із зростанням концентрації протонів  $H^+$  і відповідному пониженні значення рН. Величина  $\epsilon$  є середнім зарядом молекули води за досить великий проміжок часу, тільки невелику частину якого надлишковий протон перебуває в кожній з молекул.

Аналогічним переходом протона від молекули  $H_2O$  до  $OH^-$  іону пояснюється уявний рух гідроксильних іонів у зворотному напрямі. Але оскільки відрив протона від молекули води відбувається зі значними труднощами, а ніж перехід протона від іона  $H_3O^+$ , то рухливість гідроксилу менша, ніж рухливість  $H^+$  і  $H_3O^+$ . Це, у свою чергу, виражається в зменшенні електропровідності лужної складової електрохімічно обробленої води.

Електропровідність водних розчинів і інших рідин також визначається складом розчинених в них речовин. Останні, у свою чергу, визначають час збереження активованого стану рідини при електрохімічній обробці.

Також при анодній електрохімічній обробці відбувається збільшення вмісту розчиненого хлору, кисню, зменшується концентрація водню, азоту, змінюється структура води. На рис. 3.1 представлено схему лабораторної установки для проведення електроактивації рідин.



**Рисунок 3.1.** Принципова схема лабораторної установки для проведення електроактивації рідин: 1 – дозатор ПАР; 2 – подавальний канал ПАР; 3 – циркуляційний пристрій; 4 – електроактиватор; 5 – приймальна ємність; 6 – подавальний рукав; 7 – ємність з оброблюваною рідиною

Приповерхневі води, в оточенні яких власне і необхідно працювати бурові ін'єкційним палям, характеризуються значною корозійною активністю, що знижує експлуатаційні властивості зазначених армувальних елементів. Забезпечення стійкості палі у корозійному середовищі є визначальною при оцінюванні її експлуатаційних властивостей. Корозійна стійкість бетону характеризує його здатність витримувати вплив агресивного середовища різного хімічного складу впродовж тривалого часу. Ця властивість бетону, насамперед, залежить від структури, фазового складу, обумовлені хімічними процесами гідролізу та гід-



ратації окремих клінкерних мінералів, кінцевий результат яких залежить від термобаричних умов структуроутворення бетону, складу в'язучих і властивостей рідини зачинення [49].

Внаслідок взаємодії іонів магнію з гідрооксидними групами рідкої фази бетону утворюється малорозчинний у воді гідрооксид магнію, який, попри відсутність в'язучих властивостей, здатний до лінійного розширення. Також за наявності сульфату магнію утворюється малорозчинний гіпс, який, випадаючи у бетоні, додатково підсилює пошкодження.

Область впливу агресивного середовища може становити до одного сантиметра, при магнезіальній агресії руйнуючі фази, як правило, формуються до одного року [50].

При концентрації сульфату магнію 0,26% відбувається повне осадження гідрооксиду магнію, що знаходиться в поровому просторі бетону. За даною схемою відбувається гідроліз високоосновних гідросилікатів кальцію з переходом їх в низькоосновні. Якщо відбуватиметься подальше поступлення іонів магнію, тоді руйнування зазнаватимуть і низькоосновні гідросилікати з утворенням кремнегелю, що підтверджено результатами досліджень.

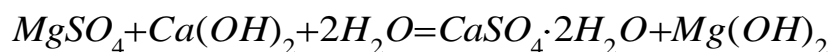
На початкових етапах тужавлення бетону з портландцементу внаслідок процесів гідратації, насамперед, алітової фази відбувається інтенсивний набір його міцності. За певних обставин швидкість набору міцності переважатиме швидкість корозійних процесів.

Дослідження кінетики процесів гідратації і тужавлення бетонів, а також генезису його мікроструктури особливо актуальні для прогнозування властивостей палів. При тривалому твердненні зростання міцності бетону можливе, насамперед, за рахунок формування при взаємодії з агресивним середовищем гідросилікатних чи алюмінатних фаз. Тому важливим напрямком зростання міцності і корозійної стійкості матеріалу є його оптимальний фазовий склад.

Виконані дослідження фазового складу бетону показали, що його стабілізація під час тверднення сповільнює зниження міцнісних характеристик, що є характерним для портландцементів. Якщо ж фазовий склад новоутворень пред-

ставлений в переважній більшості тоберморитом і його гелем, ксонотлітом, магнезійними гідросилікатами типу сепіоліту, то впродовж 30 – 180 д бетон набирає достатньої стійкості до дії типових агресивних середовищ.

На основі проведених досліджень з'ясовано, що однією з найагресивніших можна вважати магнезіально-сульфатну корозію, оскільки в цьому випадку корозійно-активними є як катіонна, так і аніонна складова. У цьому випадку  $MgSO_4$  реагує не тільки з  $Ca(OH)_2$ , але і з гідроалюмінатами, і з гідросилікатами кальцію. Перебігу цих процесів сприяє порівняно низька розчинність  $Mg(OH)_2$ , а отже, і більш низьке, ніж для  $Ca(OH)_2$ , значення рН (10,5). При такому рН гідроалюмінати і гідросилікати кальцію починають розкладатися з утворенням  $Ca(OH)_2$ , який на першій стадії, взаємодіючи з  $MgSO_4$ , переходить у  $Mg(OH)_2$  та гіпс



У свою чергу, гіпс взаємодіє з алюмінатами кальцію і сприяє утворенню додаткового еtringіту, під час кристалізації якого відбувається збільшення об'єму від 2,2 до 2,8 раза, внаслідок чого відбувається руйнування палі.

Ще одна небезпечна дія магнезіально-сульфатної корозії полягає в тому, що  $MgSO_4$  не тільки реагує з гідроалюмінатами і  $Ca(OH)_2$ , але і розкладає гідросилікати кальцію



З гідроалюмінатами кальцію  $MgSO_4$  спочатку реагує з утворенням сульфоалюмінату кальцію з  $Mg(OH)_2$ . Оскільки останній в присутності  $MgSO_4$  є нестійким, тому за тривалої дії агресивного середовища він у подальшому розкладається з утворенням гіпсу,  $Al(OH)_3$  і  $Mg(OH)_2$ . Це відбувається при пониженому рН насиченого розчину  $Ca(OH)_2$ , в результаті чого не забезпечується стабілізація сульфоалюмінату кальцію.

Для зразків бетону зачиненого на електрохімічно активованій рідині, які формувались в агресивному сульфатно-магнезійному середовищі, характерною є

присутність високоосновних гідросилікатів кальцію, гідрогеленіту, гідроалюмінату кальцію і гідроксиду кальцію. Продуктів корозії бетону не виявлено.

Слід відзначити особливу роль іонів  $\text{Na}^+$ , які, завдяки зростанню рН розчину та зменшенню розчинності  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , прискорюють гідратацію силікатних фаз цементу (ефект лужної активації). Загалом в досліджуваному бетоні спостерігається велика кількість щільно упакованих гексагональних пластин, які можуть бути віднесені до портландиту. Така структура каменю забезпечується зростанням і стабільним існуванням гідросилікатів кальцію і гексагональних фаз та гідроксиду кальцію, які колюматують мікропори, сприяючи зміцненню сформованого бетону.

Бетон є корозійно-стійким у середовищі сірчаноокислого магнію, а його структура досить щільна, покрита полідисперсними кристалогідратами у вигляді голчастих або пластинчастих кристалів.

Таким чином, враховуючи результати проведених досліджень, встановлено, що активовані за рахунок електрохімічної обробки рідини зачинення, можна вважати найбільш адаптованим для формування буроін'єкційних паль, які працюють в умовах агресивних ґрунтових вод.

#### **Розділ 4. Охорона праці при спорудженні технічних свердловин**

При виконанні робіт з інженерно-геологічних досліджень ділянок будівельних робіт має бути організована служба охорона праці [51]. До керівництва інженерно-геологічними підрозділами допускаються тільки особи, що мають відповідну технічну освіту.

Перевірка знань правил техніки безпеки інженерно-технічного персоналу проводиться відповідно до затверджених положень про порядок перевірки знань правил, норм і інструкцій з техніки безпеки.

Інженерно-технічні працівники польових партій і загонів мають бути перевірені в плані знань техніки безпеки перед виїздом на польові роботи. Тривалість інструктажу з техніки безпеки встановлюється головним інженером організації залежно від характеру роботи і має бути не менше: для тих, що раніше не працювали - два дні, для тих, що раніше працювали - один день. Повторний інструктаж з техніки безпеки усіх робітників повинен проводитися не рідше за один раз в півроку.

Кожному працівникові під особистий підпис мають бути видані адміністрацією інструкції по охороні праці. До самостійної роботи робітник допускається тільки після складання іспитів. Періодична перевірка знань з техніки безпеки робітників проводиться не рідше за один раз в рік.

Для проведення робіт планується виїзд на польові роботи, при цьому усі працівники повинні пройти медичну комісію і перевірку знань з техніки безпеки. Працівники польового загону до початку польових робіт окрім отримання інструктажу з техніки безпеки мають бути навчені прийомам, пов'язаним із специфікою робіт, і наданню першої медичної допомоги. Перед виїздом на польові роботи комісія перевіряє працівників польового загону на знання техніки безпеки, де особлива увага звертається на спецодяг і засоби індивідуального захисту (рукавиці, захисні окуляри, респіратори).

Проекти інженерно-геологічних досліджень повинні розроблятися відповідно до технічних вимог експлуатації устаткування.

Бурова установка має бути забезпечена механізмами і пристосуваннями, що підвищують безпеку робіт, у відповідності з нормативами.

Усі робітники, зайняті на бурових установках, повинні працювати у захисних костюмах.

При проведенні польових досліджень з визначення компресійних і зсувних властивостей гірських порід необхідно: а) перевіряти перед монтажем приладів справність канатів, хомутів, гачків і важелів, а в платформах навантажень також надійність кріплення установки; під час установки стійок і домкратів стежити за положенням ваговитих підвісних важелів, прийнявши заходи із запобігання їх падінню; б) здійснювати завантаження приладів зразками для визначення параметрів зрушення при відведених убік важелях; в) закріплювати стінки і покрівлю виробок, в яких проводяться дослідження, приймати заходи із запобігання затопленню виробок поверхневими і ґрунтовими водами; у виробках повинні знаходитися тільки особи, що безпосередньо беруть участь в проведенні досліджень; г) мати вільний вихід з гірської виробки, що забезпечує швидке видалення людей у разі аварії; д) тип установки і устаткування (конструкція штампу, профіль опорної балки, анкерні палі та ін.) для польових випробувань необхідно вибирати залежно від граничного розрахункового навантаження; при заглибленні в ґрунт анкерних палей здатність упорної балки, що несе має бути на 25% більше розрахункової.

При проведенні польових досліджень за визначенням компресійних і зсувних властивостей гірських порід забороняється: знаходження людей у виробці під час завантаження платформи; знаходження людей під вантажною платформою і важелями.

Якщо під час дослідження будуть виявлені несправності (в приладі і вимірювальній апаратурі, перекося в передавальних стійках і т. п.), проведення дослідження має бути припинене і відновлене тільки після усунення усіх несправностей.

Щоб уникнути попадання дощових і талих вод в шурфи останні мають бути обладнані щитами або наметами і обнесені валом з ґрунту на відстані не менше 1,0 - 1,5 м від краю шурфу.

При проведенні досліджень з визначення параметрів зрушення порід в гірській виробці, установка має бути укріплена в розпір не менше чим двома гвинтовими домкратами. При використанні дослідної установки із застосуванням гідравлічних подушок і гвинтових домкратів, подушка повинна мати запобіжний металевий (знімний) кожух, а гвинтові домкрати - запобіжний металевий пояс.

Після проведення кожного дослідження камера має бути перевірена особою технічного нагляду і приведена в безпечний стан.

При проведенні польових визначень (досліджень) на стисливість і опір порід зрушенню у свердловинах за допомогою пресіометрів необхідно: а) перед початком визначень перевірити справність і стан шлангів, газового редуктора, вентиля, балонів; б) при проведенні визначень в зимовий час над гирлом свердловини спорудити опалювальне укриття; в) стежити за показами манометрів і не допускати підвищення тиску вище граничного; г) при роботі з електропневматичними пресіометрами персонал повинен дотримувати "Правил улаштування і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском".

Забороняється: в процесі проведення випробування знаходитися над гирлом свердловини; проведення випробування свердловин при несправності приладів, вимірювальної апаратури, витоках повітря, а також при зависанні клапана редуктора, аномальних показаннях покажчика деформації і т. п. При виявленні несправностей проведення випробування має бути припинене, джерело високого тиску відключене, а тиск в системах пресіометра знятий.

При бурінні інженерно-геологічних або технічних свердловин бурові щогли повинні кріпитись розтяжками з сталевих канатів, як це передбачено їх інструкціями з експлуатації. Кількість, діаметр і місце кріплення розтяжок необхідно виконувати відповідно до технічної документації.

Розтяжки повинні бути встановлені в діагональних площинах так, щоб вони не перетинали доріг, повітряних ліній електропередач, маршових сходів і перехідних майданчиків. Нижні кінці розтяжок необхідно кріпити через стяжні муфти до якорів. Кріплення розтяжок необхідно виконувати не менш ніж трьома затисками. Розтяжки треба робити із суцільного канату.

Пальці, свічкоукладач та свічкоприймальну дужку треба застраховувати від падіння у разі їх поломки, щоб вони не перешкоджали руху талевого блоку і елеватора.

Біля пересувних бурових установок з боку робочого (основного) виходу необхідно влаштовувати прийомний міст з нахилом 1:10 з дощок товщиною не менше 40 мм і довжиною, що перевищує довжину бурильних труб (свічок), які виносяться, не менш ніж на 2 м. Для укладання бурильних та обсадних труб біля приймального мосту необхідно обладнувати стелажі з пристроями, що запобігають розкачуванню труб. Якщо висота приймального мосту понад 0,7 м, його треба виготовляти з дощок товщиною не менше 50 мм і обладнувати поручнями з боку, протилежного стелажу.

Запобіжний пристрій бурових насосів необхідно підбирати з розрахунку спрацювання у разі перевищення максимального робочого тиску на 3% і обладнувати його зливною лінією, через яку у разі спрацювання запобіжного клапану промивна рідина скидається в прийомну ємкість. Зливну лінію необхідно виконувати без різких перегинів і жорстко кріпити.

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.

Пов'язані з бурінням свердловин роботи можна проводити лише на закінченій монтажем буровій установці за наявності геолого-технічного наряду та після оформлення акту прийому бурової установки в експлуатацію.

Талевий канат необхідно закріплювати на барабані лебідки з допомогою спеціальних пристроїв, передбачених конструкцією барабану. У всіх випадках під час спуско-підйомних операцій на барабані лебідки треба залишати не менше трьох витків канату. Машиніст бурової установки перед початком зміни повинен перевірити всі працюючі канати.

Нерухомий кінець талевого канату необхідно закріплювати спеціальним пристосуванням, яке дозволяє його перетягування, так щоб він не торкався елементів вишки (щогли).

З'єднати канат з підйомним інструментом необхідно за допомогою коуша і не менш ніж трьома гвинтовими затискачами або канатним замком. Різати/рубати сталеві канати необхідно з допомогою спеціальних пристосувань.

Для спуско-підйомних операцій слід застосовувати канат, у якого:

- цілі всі пасма;
- на довжині кроку скрутки канату діаметром до 20 мм число обірваних дротин складає менше 5%, а канату діаметром понад 20 мм - менше 10%;
- його найменший діаметр складає 90% та більше від початкового;
- нема сплюснутості або витягнутості;
- нема втиснутості пасом внаслідок розриву сердечника;
- нема скруток (жучків).

Для спуско-підйомних операцій необхідно застосовувати вантажопідйомні пристрої і пристосування (елеватори, фарштулі, напівавтоматичні елеватори, вертлюги-пробки тощо), які відповідають стандартам або технічним умовам заводів-виробників.

Бурові насоси та їх обв'язку (компенсатори, трубопроводи, штанги і сальники) перед вводом в експлуатацію необхідно опресовувати водою з тиском в 1,5 рази вище максимального робочого. Запобіжний клапан насосу необхідно відрегулювати таким чином, щоб він спрацьовував під тиском, який на 3% пе-



ревищує робочий. Демонтаж пристроїв для опресування обв'язки необхідно проводити після зняття тиску в системі. Результати опресування слід оформляти актом.

Під час буріння необхідно свічки заводити за палець вишки (щогли), піднімати бурильні, колонкові та обсадні труби з приймального мосту і опускати їх на нього із швидкістю руху елеватора до 1,5 м/сек. Очищати бурильні труби від глиняного розчину у разі підйому необхідно спеціальними пристроями.

Різниця в довжині свічок бурильних труб повинна бути не більше 0,5 м, При цьому свічки мінімальної довжини можуть виступати над рівнем підлоги робочого майданчику (полатів) не менше ніж 1,2 м, а свічки максимальної довжини - не більше 1,7 м.

Перекріплювати механічні патрони шпинделя можна після повної зупинки шпинделя та перемикання рукоятки вмикання і вимикання обертача (коробки зміни передач) в нейтральне положення. Всі операції по згвинчуванню і розгвинчуванню сальника і бурильних труб необхідно виконувати із спеціального майданчика.

Якщо розмір діаметру сталевих бурильних труб 63,5 мм і більше для їх переміщення від гирла свердловини до підсвічника і назад, а також для підтягування труб за палець вишки у разі відстані від верхньої площадки до осі бурової вишки більшої 0,7 м, необхідно використовувати гачки. Гачки, які знаходяться на верхній площадці необхідно тримати прив'язаними.

Згвинчувати і розгвинчувати породоруйнуючий інструмент та витягувати керн з підвішеної колонкової труби необхідно з дотриманням наступних вимог:

- труба утримується на вазі гальмом, підвішування труби допускається лише на вертлюзі-пробці, кільцевому елеваторі або напівавтоматичному елеваторі при закритому і зафіксованому заціпкою затворі;
- відстань від нижнього кінця труби до підлоги необхідно витримувати не більше 0,2 м.

У разі використання напівавтоматичних елеваторів необхідно:

- підвішувати елеватор лише до вертлюга-амортизатора;

- застосовувати підсвічники, які мають по периметру металеві борти висотою не менше 350 мм;
- машиністу під час підйому елеватора вгору по свічці знаходитись на відстані не менше 1 м від підсвічника.

Під час витягування керну з колонкової труби забороняється:

- підтримувати руками знизу колонкову трубу, яка знаходиться в підвішеному стані;
- перевіряти рукою положення керну в підвішеній колонковій трубі;
- витягувати керн струшуванням колонкової труби лебідкою, нагріванням колонкової труби.

Керувати трубооборотом при загвинчуванні і розгвинчуванні бурильних труб з його допомогою дозволяється лише помічнику машиніста. Кнопку управління трубооборотом необхідно розташовувати таким чином, щоб уникнути можливості одночасної роботи з вилками і кнопкою управління.

Під час роботи з трубооборотом забороняється:

- тримати руками свічку, яка обертається;
- вставляти вилки в прорізи замка бурильної труби або виймати їх до повної зупинки водила;
- користуватись ведучими вилками з подовженими рукоятками і зі спрацьованими зівами, що перевищують розміри прорізів у замкових та ніпельних з'єднаннях більше ніж на 2,5 мм;
- застосовувати додаткові трубні ключі для розкріплення міцно затягнутих різьбових з'єднань;
- стояти в напрямку обертання водила у початковий момент розкріплення різьбового з'єднання;
- проводити включення трубообороту, якщо підкладна вилка встановлена на центратор з нахилом, а хвостова частина вилки не увійшла в заглиблення між виступами кришки.

Під час руху бурильної колони забороняється утримувати педаль трубопримача ногою і знаходитись у безпосередній близькості від гирла свердловини.

## Розділ 5. Охорона навколишнього середовища

Серед особливостей виконання інженерно-геологічних досліджень та буріння технічних свердловин яскраво виділяється наступна: необхідність проходження значної кількості гірських виробок (до яких, як відомо, відносяться і свердловини), які порушують природний стан геологічного і гідрогеологічного середовищ [37, 52].

Насамперед впливу від зазначеної діяльності зазнають ґрунтові води: порушується і забруднюється підземний їх стік, що є основним джерелом водопостачання, і т.п.

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.

Після завершення робіт усі гірські виробки необхідно ліквідувати шляхом їх засипки піском і наступним затрамбуванням, щоб уникнути просідань поверхні землі, які, у свою чергу, можуть привести до розвитку різного роду екзогенно-геологічних процесів (яроутворення, заболочування). Бурові свердловини повинні бути ліквідовані у встановленому порядку, шляхом заповнення їх стовбура спеціальними сумішами.

Основними заходами щодо очищення стічних вод є: замкнуте оборот-водопостачання підприємств; розбавлення до гігієнічно-прийнятних шкідливих речовин; застосування механічних, хімічних і біологічних методів очищення.

Виконуючи інженерно-геологічні дослідження, необхідно запобігати ви-  
токам у водоймища і водостоки забруднених промивальних рідин, нафтопроду-  
ктів, вод і розчинів, що містять токсичні речовини.

Основними питаннями, які необхідно вирішувати при виконанні комплексних заходів щодо охорони ґрунтів, є: боротьба з ерозією ґрунтів, механічним, хімічним і бактеріологічним забрудненням; захист від засолення і заболочування; організація утилізації побутових і промислових відходів, рекультивація ґрунтів.

Організації, що займаються спорудженням свердловин зобов'язані дотримуватися наступних правил щодо нівелювання впливу викидів забруднюючих речовин на атмосферне середовище: здійснювати організаційно-господарські, технічні та інші заходи, спрямовані на забезпечення виконання вимог, передбачених стандартами та нормативами екологічної безпеки у галузі охорони атмосферного повітря, дозволами на викиди забруднюючих речовин тощо; вживати заходів щодо зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин і зменшення впливу фізичних факторів; забезпечувати безперебійну ефективну роботу і підтримання у справному стані споруд, устаткування та апаратури для очищення викидів і зменшення рівнів впливу фізичних та біологічних факторів; здійснювати контроль за обсягом і складом забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря, і рівнями фізичного впливу та вести їх постійний облік; заздалегідь розробляти спеціальні заходи щодо охорони атмосферного повітря на випадок виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру і вживати заходів для ліквідації причин, наслідків забруднення атмосферного повітря; забезпечувати здійснення інструментально-лабораторних вимірювань параметрів викидів забруднюючих речовин.

Виробничі підприємства, у тому числі і бурові, повинні контролювати зміни і нововведення у природоохоронному законодавстві, у тому числі з питань поводження з відходами, організувати природоохоронну роботу з урахуванням цих змін і нововведень.

## Розділ 6 Організація та економіка бурових робіт

Повне і належне здійснювання усіх основних і допоміжних робіт за інженерної підготовки територій до будівництва у найкоротші терміни та у повній відповідності до геолого-технічного завдання, можливо лише за чіткої структурної організації виконання відповідних операцій [11, 53].

Складений за результатами проведення досліджень звіт повинен містити наступні обов'язкові структурні елементи: вступ, суть звіту, висновки, рекомендації, перелік посилань.

Суть звіту розкривають у таких розділах: вивченість інженерно-геологічних умов (основні результати раніше виконаних робіт, можливості їх використання для встановлення інженерно-геологічних умов, досвід місцевого будівництва); фізико-географічні умови (геоморфологія, рельєф, гідрографія і гідрологія, клімат); геологічна будова (тектонічна характеристика району робіт; опис умов залягання ґрунтів; літолого-петрографічна характеристика виділених шарів ґрунтів за генетичними типами); фізико-механічні властивості ґрунтів (опис складу і стану ґрунтового масиву, характеристика фізико-механічних властивостей ґрунтів, розчленування товщі ґрунтів на інженерно-геологічні елементи і виділення розрахункових ґрунтових елементів відповідно до вимог ДСТУ Б В. 2.1-5, нормативні і розрахункові характеристики фізичних, деформаційних і міцнісних властивостей ґрунтів); гідрогеологічні умови (оцінка гідрогеологічних умов, гідрогеологічні параметри і хімізм, граничні умови, режим підземних вод); сучасні геологічні та інженерно-геологічні процеси і явища; прогноз зміни інженерно-геологічних умов (пошуковий та нормативний прогнози); інженерно-геологічне районування.

У висновках, на основі об'єктивних даних викладених у звіті, зазначають: оцінку складності інженерно-геологічних умов; резонансні фактори.

У рекомендаціях наводять пропозиції щодо: вибору типів фундаментів; інженерного захисту території та об'єктів; профілактичних (превентивних) заходів із забезпечення тривалої стійкості будівель і споруд.

У переліку посилань вказують список джерел, на які є посилання в звіті, та наводять його наприкінці тексту звіту, починаючи з нової сторінки. У відповідних місцях тексту повинні бути посилання. Бібліографічні описи посилань у переліку наводять відповідно до чинних стандартів із бібліотечної та видавничої справи.

При організації робіт щодо інженерно-геологічних вишукувань та інженерної підготовки територій, необхідно орієнтуватися на вимоги відносно ступеню складності здійснення відповідних операцій (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

## Категорії складності інженерно-гідрогеологічних умов

Категорія складності	Комплекс показників для віднесення територій до тієї чи іншої категорії складності
Прості	Наявність у межах зони взаємодії споруди і підземної гідросфери одного водоносного горизонту (комплексу), витриманого за проляганням. Фільтраційні параметри стійкі. Граничні умови потребують урахування не більше однієї планової межі. Ознак можливого зв'язку з іншими водоносними горизонтами немає. Додаткові техногенні впливи або відсутні, або не перевищують впливу садибної чи малоповерхової забудови. Виробництва з застосуванням шкідливих речовин відсутні. Небезпечне підвищення рівнів підземних вод не фіксується спостереженнями. Активні фізичні процеси в підземній гідросфері відсутні.
Середньої складності	Наявність у межах зони взаємодії споруди і підземної гідросфери одного водоносного горизонту, не витриманого за проляганням, або двох водоносних горизонтів із простими морфометричними показниками, або одного водоносного горизонту, приуроченого до колектора масивного типу. Граничні умови прості, меж для кожного горизонту не більше однієї, що легко ідентифікується за геологічними ознаками. Територія освоєна змішаною промисловою і селітебною забудовою. Гідрогеологічні особливості розрізу визначають незначний розвиток процесів підтоплення при побутових техногенних навантаженнях, але сприяють розвитку підтоплення при ймовірності росту техногенних навантажень. Сучасні фізичні процеси у верхній частині літосфери, пов'язані із проявами водоносності, повсюдні, але незначні за масштабами. Небезпечні впливи на організм людини, пов'язані з техногенними змінами хімізму підземних вод, не відзначаються.
Складні	Наявність у розрізі двох і більше водоносних горизонтів (комплексів), різним ступенем зв'язаних один з одним, що характеризуються нестійким літологічним складом водомістких ґрунтів, виклинцюванням у плані, переходами один в одного. Граничні умови складні, кількість меж різного роду явно більше 2-3 або їх наявність можна припускати, виходячи з особливостей структурно-геологічної та геоморфологічної будови. Взаємний вплив граничних умов складно і важко ідентифікується. Техногенні впливи на рівневий і гідрохімічний режим великі. Освоєння території різнопланове. За спостереженнями в окремих пунктах відбувається інтенсивний підйом рівнів підземних вод. Підтоплені та потенційно підтоплювані території.

Високі експлуатаційні характеристики, максимальний термін служби і безпека роботи бурових і гірничо-прохідницьких установок, можуть бути забезпечені лише на підставі чіткої організації процесів управління і обслуговування.

Щодобово необхідно проводити огляд самохідних бурових установок, зокрема: картер двигуна - перевірка рівня масла; система охолодження - перевірка рівня охолоджуючої рідини; гідравлічна система - перевірка рівня масла в гідробаці; стан машини - обхід навколо машини і зовнішній огляд; підйомні пристрої - візуальний огляд; індикатори і прилади – перевірка; аварійний останок – перевірка; перевірка стану шліцьових пазів приводних втулок приводу обертання; перевірка рівня трансмісійного масла в приводі; перевірка стану бурильного інструменту.

Щотижня необхідно проводити: обслуговування двигуна (згідно інструкції з експлуатації двигуна), змащення шарнірів циліндрів базової машини, шарнірів механізмів підйому, вінця опорно-поворотного пристрою; перевірку стану підшипників тросових блоків, стану і змащення тросів; очищення акумуляторних батарей і перевірку рівня електроліту.

Щомісячно необхідно проводити: заміну масла всіх приводів (гідравлічне масло замінюють на нове або фільтрують); очищення гідравлічного бака; заміну фільтрувальних елементів гідросистеми; перевірку величин тиску і регулювання клапанів обмеження тиску; перевірку роботи упорних механізмів; перевірку гнучких шлангів і з'єднань; перевірку кріплення гідроустаткування; очистку радіатора охолодження гідравлічного масла; перевірку кріплення опорно-поворотного пристрою і підтяжку з'єднань, якщо необхідно; перевірка і регулювання гальм лебідок.

Гідравлічне масло замінюють на нове (або фільтрують) після перших 100 годин роботи. Другу заміну або фільтрацію гідравлічного масла здійснюють через кожні 1000 годин роботи.

Якщо в гідравлічній системі сталося ушкодження або в магістраль потрапило забруднення, слід здійснити заміну або фільтрацію гідравлічного масла і

очистити бак. Якщо в маслі виявиться вода, масло замінюють і встановлюють фільтр з водовідділювачем на 24 - 48 годин роботи. Кожного разу, при заміні або очищення гідравлічного масла, необхідно очищати корпуси масляних фільтрів і заряджати їх новими фільтрувальними елементами.

Відносно термінів відкачування водопонижувальних свердловин встановлено наступні орієнтовні їх показники, що представлені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2

## Категорії складності інженерно-гідрогеологічних умов

Водоносні породи	Коефіцієнт фільтрації, м/добу	Гідравлічний	Тривалість відкачування, дб.	
		режим	одиночних свердловинах	кущових і групових
Неоднорідні крупно-, середньо- і дрібнозернисті піски	10 - 5	напірний безнапірний	4 - 6 5 - 7	5 - 7 6 - 8
Глибокі напірні (артезіанські) води	-	-	2 - 4	6 - 8
Тріщинуваті породи, ущільнені піски	5 - 0,5	пружний, високонапірний	3 - 5	5 - 7
Тріщинуваті породи, ущільнені піски	менше 0,5	пружний, високонапірний	5 - 7	3 - 10

У період виконання основних і допоміжних робіт на проектованій ділянці робі, утворюватимуться тимчасові будівельні та побутові відходи; після завершення планованої діяльності, буде організовано заходи щодо їх утилізації.



## Висновки

1. Проектування техніки і технології виконання бурових та супутніх робіт при проведенні геологічних вишукувань та інженерної підготовки території (на прикладі ділянки будівельних робіт в м. Миргороді Полтавської обл.) є структурною складовою програми економічного розвитку регіону; вона також вирішує соціальні питання, зокрема, працевлаштування місцевого населення.

2. Розроблені в проекті техніко-технологічні рішення базуються на вичерпних даних щодо літологічного складу (геологічної будови), фізико-механічних властивостях порід (грунтів), інших інженерно-геологічних, гірничо-геологічних і гідрогеологічних особливостях ділянки провадження означеної діяльності.

3. При розробці проекту вирішено низку питань, серед яких можна зазначити наступні особливо важливі: обґрунтовано конкретні заходи із інженерної підготовки територій під будівництво; розраховано параметри процесу виконання робіт із свердловинного зниження рівня пластових вод; розроблено технології свердловинного армування ґрунтового масиву; запропоновано елементи системного підходу до технології підготовки і виконання операцій з облаштування буроін'єкційних паль.

4. Для запобігання ускладнень при бурінні інженерно-геологічних і технічних свердловин проектом передбачено низку заходів технологічного характеру, що повністю унеможливають виникнення позаштатних ситуацій.

5. Отримані теоретичні і практичні дані дозволяють: вирішувати питання прогнозування міцності і деформативності ґрунтів; проектувати надійні заходи, спрямовані на запобігання руйнацій існуючої інфраструктури оточуючих об'єктів; проводити економічне обґрунтування варіантів технічних рішень фундаментно-підвальної та наземної частин проектного об'єкта; створювати альтернативні проекти виконання робіт для ділянок з однойменними гірничо-геологічними умовами.

6. Робота має цінне практичне значення, як фактор підвищення якості і надійності виконання бурових та супутніх робіт з підготовки територій.

## Перелік посилань

1. Технологія і техніка буріння / В. Войтенко, В. Вітрик. – К.: Центр Європи, 2012. – 708 с.
2. Геологорозвідувальна справа і техніка безпеки / П.П. Вирвінський, Ю.Л. Кузін, В.Л. Хоменко. – Д.: Національний гірничий університет, 2010. - 368 с.
3. Разведочное бурение / А.Г. Калинин, О.В. Ошкордин, В.М. Питерский и др. – М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2000. – 748 с.
4. Давиденко А.Н., Игнатов А.А. Абразивно-механическое ударное бурение скважин. – Д.: РВК НГУ, 2013. – 110 с.
5. Основи нафтогазової інженерії / Білецький В. С., Орловський В. М., Вітрик В. Г.; НТУ «ХП», ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2018. – 415 с.
6. Давиденко А.Н., Игнатов А.А., Полищук П.П. Транспортировка продуктов разрушения при бурении скважин. – Держ. вищ. навч. закл. «Нац. гірн. ун-т». – Д.: ДВНЗ «НГУ». – 116 с.
7. Давиденко А.Н., Ратов Б.Т., Пащенко А.А., Игнатов А.А. Влияние гидростатического давления на ударное абразивно-механическое бурение скважин. – Каспийский общественный университет. – Алматы, 2018. – 171 с.
8. Костюченко М.М. Гідрогеологія та інженерна геологія / М.М. Костюченко, В.С. Шабатин. – К.: Київ. університет, 2005. – 159 с.
9. Мала гірнича енциклопедія: в 3-х т. / За ред. В.С. Білецького. – Донецьк: Донбас. – Т. 1. – 2004. – 640 с., Т. 2. – 2007. – 652 с, Т. 3. 2013. – 644 с.
10. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Полтавській області у 2016 році / Полтавська обласна державна адміністрація, департамент екології та природних ресурсів. – Полтава, 2017. – 169 с.
11. Ребрик Б.М. Бурение инженерно-геологических скважин. Справочник. – М.: Недра, 1990. – 336 с.
12. ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва.

13. Зоценко М.Л. Инженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти / М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлєв та ін. – Полтава: ПНТУ, 2003. – 446 с.
14. Хангильдин Г.Н. Химический тампонаж скважин. – М.Л.: Гостоптехиздат, 1953. – 124 с.
15. Маринич О.М., Шищенко П.Г. Фізична географія України. – К.: Знання, 2006. – 511 с.
16. 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.
17. Інженерні вишукування для водогосподарського та природоохоронного будівництва / За ред. А.М. Рокочинського. – Рівне: НУВГП, 2010. – 173 с.
18. Свинко Й.М. Геологія / Й.М. Свинко, М.Я. Сивий. – К.: Либідь, 2003. – 480 с.
19. Разведочное бурение / А.Г. Калинин, О.В. Ошкордин, В.М. Питерский и др. – М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2000. – 748 с.
20. ДБН А.3.2-2-2009 Промислова безпека у будівництві. Основні положення.
21. Шутенко Л.Н. Основания и фундаменты / Л.Н. Шутенко, Ю.Т. Лупан, А.Г. Рудь и др. – Харків: ХНАГХ, 2004. – 679 с.
22. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименко. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
23. Емельянов А.В., Клейман Д.Б., Станченко И.К., Чельцов М.И. Водопонижение в строительстве. Под общей редакцией И.К. Станченко. - М.: Стройиздат, 1971. - 184 с.
24. Климентов П.П., Кононов В.М. Динамика подземных вод. М.: Недра, 1985. – 384 с.

25. ДБН В.1.2-14-2008 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.
26. Максимов В.М. Справочное руководство гидрогеолога / В.М. Максимова. – Л.: Недра, 1967. – 592 с.
27. Дудля М.А., Садовенко І.О. Техніка та технологія буріння гідрогеологічних свердловин. - Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет». 2007. - 399 с.
28. Бочеввер Ф.М., Гармонов И.В., Лебедев А.В., Шестаков В.М. Основы гидрогеологических расчетов. – М.: Недра, 1969. – 315 с.
29. Башкатов Д.Н., Панков А.В., Коломиец А.М. Прогрессивная технология бурения гидрогеологических скважин. – М.: Недра, 1992. – 286 с.
30. 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.
31. Болотских Н.С. Строительное водопонижение в сложных гидрогеологических условиях. – К.: Будівельник, 1976. - 112 с.
32. Иогансен К.В. Спутник буровика. – М.: Недра, 1990. – 380 с.
33. Башкатов Д.Н. Справочник по бурению скважин на воду. – М.: Недра, 1979. – 565 с.
34. Пьянков С.А. Свайные фундаменты / С.А. Пьянков. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 105 с.
35. Джантимиров Х.А., Рытов С.А., Юдович Б.. Новейшие геотехнические технологии, конструкции и материалы // Науч. тр. ин-та НИИОСП. М.: НИИОСП, 2001. – С. 49 - 60.
36. Джантимиров П.Х., Крючков С.А., Рытов С.А. и др. Новые технологии и оборудование для их реализации. Сб. науч. тр. ин-та НИИОСП. Вып. 99. М.: Изд-во «ЭСТ», 2008. – С. 120 - 132.
37. Суярко В.Г. Інженерна геологія (з основами геотехніки): навч. посібник / В.Г. Суярко, В.М. Величко, О.В. Гаврилюк та ін. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2019. – 278 с.

38. Геологія з основами геоморфології: підруч. для студ. екол. і геогр. спец. вищ. навч. закл. / О. М. Адаменко, Г. І. Рудько, О. В. Чепіжко [та ін.]. – Чернівці: Букрек, 2010. – 398 с.
39. Кудряшов Б.Б., Яковлев А.М. Бурение скважин в осложненных условиях. – М.: Недра, 1987. – 269 с.
40. Курсове та дипломне проектування бурових робіт: Навчальний посібник / О.І. Калініченко, О.С. Юшков, Л.М. Івачов та ін.: За ред. О.І. Калініченко. - Донецьк: ДонДТУ, 1998. - 153 с.
41. Кистер Э.Г. Химическая обработка буровых растворов. – М.: Недра, 1972. – 321 с.
42. Грей Дж., Дарли Г.С.Г. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей): пер. с англ. М.: Недра, 1985. – 509 с.
43. Ятров С.Н. Промывочные жидкости в бурении скважин. – М.: Гос-топтехиздат, 1960. - 312 с.
44. Давиденко А.Н., Игнатов А.А. Прямая и обратная схемы очистки при бурении скважин. – Д.: РВК НГУ, 2012. – 101 с.
45. Войтенко В.С. Прикладная геомеханика в бурении. - М.: Недра, 1990. - 252 с.
46. Давиденко А.Н., Игнатов А.А., Полищук П.П. Комплексная оценка свойств активированных промывочных гидкостей // Наук. праці ДонНТУ. Серія Гірничо-геологічна. – 2012. – № 2(17) – С. 199 – 204.
47. Лубянская М.Г. Мариампольский Н.А. Бахир В.М. Некоторые характеристики метастабильного состояния водных растворов электролитов при их электроактивации // Вопросы бурения скважин, разведки и разработки газовых месторождений Сев. Кавказа и Узбекистана. М.: Наука, 1981. – С. 99 – 104.
48. Коровин Н.В. Электрохимическая энергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 289 с.
49. Ставичний Є.М., Ігнатов А.О. Особливості кріплення стовбура свердловини у хомогенних відкладах // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент–техника и технология его изготовления и применения: Сб.

науч. тр. – К.: Изд-во ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины – Вып. 22. 2019. – С. 164 – 174.

50. Ставичний Є.М. Оптимізація складів тампонажних систем / Є.М. Ставичний, // SWORLD: сборник научных трудов. Технические науки. – 2015. – Вып. № 1 (1). – Том 4. – С.8 - 12.

51. 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.

52. Ребрик Б.М. Справочник по бурению инженерно-геологических скважин. – М.: Недра, 1983. – 288 с.

53. Справочное руководство мастера геологоразведочного бурения / Г.А. Блинов, Б.И. Васильев, Ю.В. Бакланов и др. - Л.: Недра, 1983. - 400 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.20.02.ПЗ	Пояснювальна записка	89	
5					
6		НГІБ.КР.20.02.ДМ	Демонстраційний матеріали	18	
7					
8			Геологічна карта ділянки (родовища)	1	
9			Геологічний розріз ділянки (родовища)	1	
10			Геолого-технічний проект	1	
12			Пропозиції з удосконалення технології буріння	1	

## ДОДАТОК Б

## Розрахунок ерліфтного водопониження

Розрахунок ерліфтного водопониження										
Дані										
3	Глибина свердловини									
4	Потужність водоносного горизонту									
5	Глибина статичного рівня									
6	Глибина динамічного рівня									
7	Дебіт									
8										
9										
10	Коефіцієнт занурення			2	1,7	1,55				
11	1	Глибина занурення динамічного рівня		5	4,25	3,875				
12	2	Питома витрата повітря на 1 м кубічний води		2,24	3,97	5,59				
13		с		11,5	9	8				
14	3	Повна витрата повітря		0,24	0,42	0,59				
15	4	Пусковий тиск повітря		0,5	0,425	0,3875				
16	5	Робочий тиск повітря		0,75	0,675	0,6375				
19	8	Діаметр водопідіймальних труб		73						
20	Швидкість руху суміші при изливе									
21	Повна витрата повітря			14,1	25,0	35,2				
22	Діаметр повітропроводних труб			42,3						
23	9	Продуктивність компресора		0,28	0,50	0,70				
24	10	Робочий тиск компресора		1,25	1,175	1,1375				
25	11	Розрахункова потужність на валу компресора		0,5	0,9	1,2				
26	Питома потужність на валу компресора			1,47	1,47	1,47				



## ДОДАТОК В

### ВІДЗИВ

на кваліфікаційну роботу магістра на тему: «Розробка технології спорудження інженерно-геологічних і технічних свердловин для умов будівельних об'єктів»

студента групи 184м-19-1 ГРФ, Вереніча Олександра Павловича

1. Метою кваліфікаційної роботи є оволодіння методами самостійного рішення прикладних інженерних задач та їх застосування для вирішення конкретних проблематичних питань галузі.
2. Розробка техніки і технології виконання бурових та супутніх робіт при проведенні геологічних вишукувань та інженерної підготовки території (на прикладі ділянки будівельних робіт в м. Миргороді Полтавської обл.) є структурним елементом програми соціально-економічного розвитку регіону, яка, зокрема, вирішує питання працевлаштування місцевого населення.
3. Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності магістра за спеціальністю 184 «Гірництво» спеціалізації «Буріння розвідувальних та експлуатаційних свердловин».
4. Тема та зміст роботи відповідає освітньо-професійній програмі підготовки магістра за спеціальністю 184 «Гірництво», зокрема в розділах організації виробничих процесів та технічного керівництва системами і технологіями гірничих і геобудівельних підприємств.
5. Практичне значення та оригінальність технічних рішень полягає в наступному: створено технічно і технологічно обґрунтовану методику виконання робіт при проведенні геологічних вишукувань та інженерної підготовки території, що базується на прогресивних рішеннях і високих економічних показниках; розроблено конкретні рекомендації щодо підвищення міцності і експлуатаційної придатності буроін'єкційних паль.
6. Роботу виконано із застосуванням, зокрема, пакетів прикладних програм Excel, Mathcad, Компас 3D.
7. Відповідність оформлення кваліфікаційної роботи стандартам задовільна.
8. Ступінь самостійності виконання кваліфікаційної роботи високий.
9. За умов відповідного захисту, кваліфікаційна робота заслуговує оцінки «відмінно» (92 бали).
10. Будь-яких значних недоліків, які б стали підставою для зниження зазначеної оцінки, кваліфікаційна робота не містить.

Керівник кваліфікаційної роботи,  
доц. кафедри НГІБ

\_\_\_\_\_ А.О. Ігнатов