

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 Літвінова Владислава Миколайовича  
(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 системи комплексного забезпечення інженерно-геологічних свердловинних вишукувань для умов промислових ділянок  
(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.			
Рецензент				
Нормоконтролер	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 Літвінову Владиславу Миколайовичу 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 системи комплексного забезпечення інженерно-геологічних свердловинних вишукувань для умов промислових ділянок

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

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічний	Розробка засадничих принципів побудови циклу інженерно-геологічних робіт на ділянці Василівського НГКР. Розрахунок параметрів технології спорудження гідрогеологічних дослідних свердловин. Складання регламенту проведення заходів з інженерної підготовки території. Проектування системи забезпечення інженерно-геологічних і суміжних робіт та технології спорудження свердловин в товщах осадових порід	04.11.20 р.
Спеціальна частина роботи	Розробка ефективної системи інженерно-геологічного випробування свердловин	26.11.20 р.
Організація та економіка бурових робіт	Розробка організаційної структури виконання та економічне обґрунтування прийнятих 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 \_\_\_\_\_ Літвінов В.М.

(підпис студента) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 92 с., 14 рис., 27 табл., 3 додатки, 56 джерел.

БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН, РОДОВИЩЕ, ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ВИШУКУВАННЯ, ЗВОРОТНА ПРОМИВКА, ПІДГОТОВКА ТЕРИТОРІЙ, КЕРН, НАБИВНА ПАЛЯ, ҐРУНТОВИЙ МАСИВ.

Сфера застосування розробки – буріння свердловин за інженерно-геологічних вишукувань та підготовки території.

Об'єкт розроблення – техніко-технологічний регламент виконання бурових та супутніх робіт при проведенні геологічних вишукувань та інженерної підготовки території (на прикладі ділянки промислово-видобувних робіт Василівського нафтогазоконденсатного родовища Сумської обл.) та проектування ефективної системи інженерно-геологічного випробування свердловин.

Мета роботи – розробка прогресивного проекту організації проведення комплексних свердловинних інженерно-геологічних досліджень породного масиву, із складними літологічними властивостями, для умов промислових ділянок нафтогазового сектору, функціонування яких пов'язане із спорудженням та експлуатацією об'єктів видобування і переробки сировини.

Новизна одержаних результатів – розроблено засадничі принципи побудови циклу інженерно-геологічних робіт; розраховано параметри технології спорудження гідрогеологічних дослідних свердловин; складено регламент проведення заходів з інженерної підготовки території; розглянуто гірничо-геологічні особливості спорудження свердловин в товщах осадових порід.

Практичні результати – створено удосконалену техніко-технологічну методику виконання робіт при проведенні геологічних вишукувань та інженерної підготовки території, що базується на сучасних прогресивних промислових принципах і високих економічних показниках; розроблено основи ефективної системи інженерно-геологічного випробування свердловин.

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

## ЗМІСТ

	ВСТУП.....	5
Розділ 1	Вивчення геолого-географічних та технічних умов проведення бурових робіт.....	7
1.1	Короткі відомості про район виконання проектних робіт.....	7
1.2	Геологічні особливості та географічне положення проектованої ділянки.....	9
1.3	Програма комплексного виконання свердловинних вишукувань.....	14
1.4	Обмежувальні і керівні гірничо-геологічні умови проведення робіт.....	18
Розділ 2	Техніко-технологічна частина.....	22
2.1	Розробка засадничих принципів побудови циклу інженерно-геологічних робіт на проектованій ділянці.....	22
2.2	Побудова уточненого кореляційного плану геологічної будови промислової ділянки.....	33
2.3	Розрахунок параметрів технології спорудження гідрогеологічних дослідних свердловин.....	36
2.4	Складання регламенту проведення заходів з інженерної підготовки території.....	48
2.5	Система забезпечення інженерно-геологічних і суміжних робіт.....	54
2.6	Гірничо-геологічні особливості спорудження свердловин в товщах осадових порід.....	58
Розділ 3	Спеціальна частина роботи – проектування ефективної системи інженерно-геологічного випробування свердловин.....	65
Розділ 4	Охорона праці.....	70
Розділ 5	Охорона навколишнього середовища.....	78
Розділ 6	Організація та економіка бурових робіт.....	81
	ВИСНОВКИ.....	84
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	85
	ДОДАТОК А Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи.....	90
	ДОДАТОК Б Розрахунок ерліфтного водопониження дослідної гідрогеологічної свердловини.....	91
	ДОДАТОК В Відзив на кваліфікаційну роботу.....	92

## ВСТУП

Проведення інженерно-геологічних вишукувань має за мету вивчення природних і техногенних умов територій (ділянок) об'єктів будівництва, розроблення прогнозів взаємодії об'єктів будівництва з навколишнім середовищем, розроблення усіх видів проектів (у тому числі інженерної підготовки територій, захисту територій і об'єктів від небезпечних процесів).

Інженерно-геологічні вишукування виконують відповідно до норм чинного законодавства, нормативних актів та керівних документів, які регулюють діяльність у відповідних сферах та на конкретній території, з дотриманням вимог цивільного захисту в області техногенної безпеки, охорони праці та навколишнього середовища.

Усі, без виключення, інженерні споруди в період будівництва і протягом усього терміну експлуатації повинні мати достатню міцність та стійкість при мінімальних витратах матеріалів, часу і робочої сили на їх зведення. Одночасно повинні задовольнятися вимоги відсутності негативних впливів на навколишнє середовище. Досягнути зазначеного можна шляхом урахування місцевих природних, в більш широкому сенсі, інженерно-геологічних умов у районі зведення і експлуатації споруд.

Інженерно-геологічні дослідження за свій основний інструментарій мають процес та результати спорудження відповідних свердловин. Саме вони дозволяють безпосередньо вивчати особливості геологічного розрізу, проводити відбір зразків ґрунту з метою визначення його складу, стану і фізико-механічних властивостей; ставити різного роду дослідні роботи у свердловинах для визначення гідрогеологічних і інших характеристик.

Окреслити основні завдання інженерно-геологічних робіт можна наступним: 1) вивчення складу, будови, стану, властивостей, умов залягання та розповсюдження гірських порід (ґрунтів), які використовуються як основи фундаментів промислових об'єктів і визначають їх поведінку при взаємодії з іншими інженерними спорудами; 2) вивчення геологічних процесів як природних, так і

техногенних (зсуви, обвали насипів, дамб, бортів кар'єрів, просідання, що завдають шкоди інженерним спорудам і збитків господарству; дослідження умов виникнення та протікання зазначених процесів, а також розробка рекомендацій з їх попередження, регулювання та боротьби з ними і є однією з основних задач); 3) інженерно-геологічне картування територій з метою вивчення просторового розповсюдження інженерно-геологічних умов будівництва (це дозволяє зменшити обсяги вишукувань, найбільш повно ураховувати природні умови, вибирати економічні та технічно раціональні варіанти споруд, забезпечувати високу їх стійкість і надійну експлуатацію); 4) попередження негативного впливу на навколишнє природне середовище, забезпечення екологічної безпеки, охорона довкілля, раціональне використання і відтворення природних ресурсів, у процесі прийняття управлінських рішень про провадження діяльності, яка може мати значний вплив на довкілля, з урахуванням державних, громадських та приватних інтересів.

Необхідно відзначити, що характерною особливістю вивчення гірських порід з інженерно-геологічною метою є оцінка їх здатності протидіяти механічному, фізичному та іншим видам впливу. Особливою ретельністю повинні відрізнятися дослідження спрямовані на визначення водопроникності порід, їх здатності зберігати і, відповідно, змінювати свої властивості, коли вони стають об'єктом інженерної діяльності.

При проектування об'єктів промислового призначення, можна виділити декілька послідовних стадій, специфічних для різних видів будівництва, але обов'язково необхідних для забезпечення належних експлуатаційних показників: вибір місця для будівництва; розробка принципів вимог і методів робіт, як під час зведення споруд, так і під час їх експлуатації; визначення заходів щодо покращення інженерно-геологічного використання місцевості.

Функціонування будь-яких промислових підприємств завдає вплив, в більшості випадків негативний, на оточуюче середовище. Особливої уваги потребує моніторинг діяльності виробничих структур, що пов'язані із пошуком, видобутком, транспортуванням і зберіганням нафтогазової сировини.

## Розділ 1. Вивчення геолого-географічних та технічних умов проведення бурових робіт

### 1.1 Короткі відомості про район виконання проектних робіт

Відповідно до результатів проведення геолого-пошукових робіт, на території нашої держави виявлено понад 300 родовищ нафти і газу [1], які зосереджені в таких нафтогазоносних регіонах: Західному (Передкарпатський прогин), Східному (Дніпровсько-Донецька западина) та Південному (Причорноморська западина і акваторія Чорного та Азовського морів).

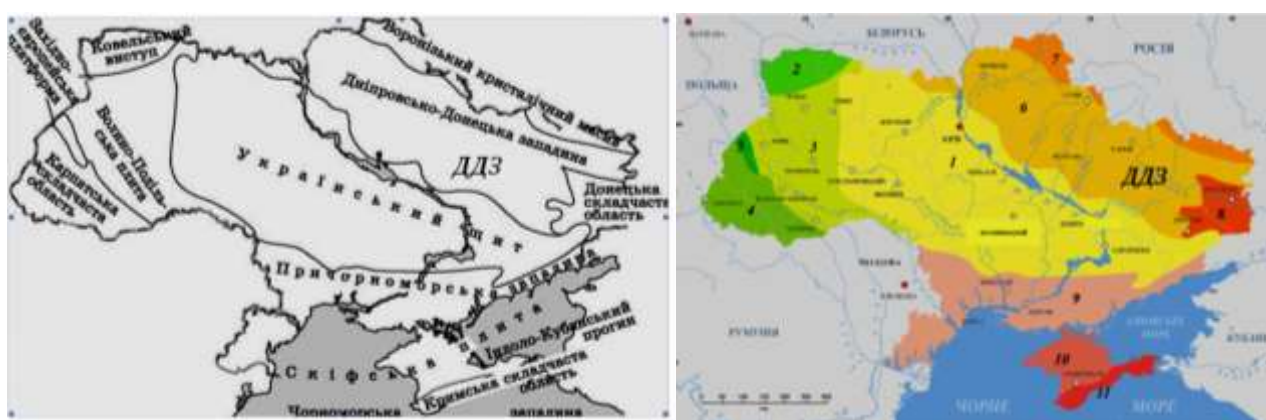


Рисунок 1.1. Оглядова карта району проектованих робіт (Дніпровсько-Донецька западина - ДДЗ)

Родовища названих регіонів відрізняються геологічною будовою, умовами поширення та властивостями вуглеводнів [2]. Неоднаковими є і їх потенційні можливості. Найбільшим за кількістю відкритих родовищ, величиною розвіданих запасів і потенційних ресурсів, обсягом видобутку вуглеводнів є Східний нафтогазоносний регіон (рис. 1.1) та його геоструктурний елемент Дніпровсько-Донецька западина, яка є великою тектонічною формацією на північному сході України. В основі Дніпровсько-Донецької западини виділяють такі тектонічні частини [3]: Центральний грабен і схили Воронежського і Українського кристалічних масивів, які виступають і бортовими ділянками западини. Між Центральним грабеном і схилами масивів існують межі у вигляді зони фундаменту, інтенсивно зануреного в центральну область. Геологічній будові Дніп-

ровсько-Донецької западини притаманне глибоке залягання кристалічного фундаменту з поступовим її зменшенням з півдня на північ. Потужність осадового чохла становить від 22 до 15 км, складений він утвореннями від нижнього карбону до четвертинних. Велика частина осадового чохла складена утвореннями карбону, які не виходять на поверхню і представлені теригенними породами. Триас виділяється у вигляді ярко кольорових піщанистих глин, континентального походження. Нижня і велика частина середньої юри складені морськими піщано-глинистими породами. Верхня частина середньої юри представлена континентальними породами - пісками, глинами, вуглистими породами. Верхівкова юра складена морськими гравеліти і вапняками. Верхня крейда в підосві представлена морськими глауконітовими пісками і пісковиками, які вгору поступово переходять в крейдяно-мергельної товщу. Палеоген-неоген (піски і червоно-бурі суглинки) знаходиться, як правило, вище горизонталей з відмітками 130 - 140 м, і, в зв'язку з блоковою тектонікою, на деяких ділянках виходять за ці межі. Четвертинні породи (у вигляді генетичних і літологічних типів), тісно пов'язані у своєму поширенні з певними типами і формами рельєфу.

У родовищах Східного регіону зосереджена більша частина поточних видобувних запасів нафти і природного газу – відповідно 61,1 і 84,9%, тут формується й більша частина (79,7%) видобутку вуглеводневої сировини України. Східний нафтогазоносний регіон охоплює лівобережжя Дніпра, а в адміністративному відношенні – Чернігівську, Сумську, Полтавську, Дніпропетровську, Харківську, Донецьку та Луганську області.

Серед майже 200 родовищ Дніпровсько-Донецької западини 19 відносять до великих (з видобувними запасами понад 30 млн. т умовного палива), 24 – до середніх (10 - 30 млн. т) і 139 – до малих (менше 10 млн. т умовного палива). Їх сумарні початкові розвідані запаси становлять 2,7 млрд. т умовного палива, з них вільного газу – 2262 млрд. м<sup>3</sup> (84%), нафти – 265 млн. т (9,8%), газового конденсату – 126 млн. т (4,7%), розчиненого газу – 39 млрд. м<sup>3</sup> (1,5%) [4].

Поклади вуглеводнів Дніпровсько-Донецької западини зосереджені переважно в колекторах, що характеризуються високими фільтраційно-ємнісними



властивостями та водонапірними системами, містять легкі малов'язкі нафти з низьким тиском насичення, що в комплексі зумовлює високу ефективність їх розробки [5].

За приблизними підрахунками понад 80% початкових видобувних запасів нафти Дніпровсько-Донецької западини зосереджено в 12 найбільших родовищах, які, власне, і формують поточний нафтовидобуток, однак, більшість з них знаходяться на завершальних стадіях розробки і характеризуються постійним зменшенням видобутку нафти та високою обводненістю продукції [6]. Порівняно великі обсяги вилучення супутньої води є негативним фактором у нафтовидобутку – вона містить у певній кількості активні хімічні речовини; її скидання у відкриті водоймища може призвести до негативних екологічних наслідків. Тому вилучену разом з нафтою воду, як правило, закачують у пласт, що потребує значних капітальних вкладень і призводить до погіршення економічних показників розробки (підвищення собівартості продукції, зниження рентабельності розробки) [2].

## **1.2 Геологічні особливості та географічне положення проектованої ділянки**

Більша частина території України належить до Східноєвропейської платформи, яка має давній кристалічний фундамент. У межах Східноєвропейської платформи виділяють такі тектонічні структури [7]: Український щит, Волино-Подільську плиту, Галицько-Волинську і Дніпровсько-Донецьку западини, Донецьку складчасту область, Воронежський кристалічний масив, Причорноморську западину. На схід від Українського щита розташована Дніпровська-Донецька западина. У рельєфі на поверхні їй відповідає Придніпровська низовина. Дніпровсько-Донецька западина знаходиться під осадовими породами (палеозойського, мезозойського і кайнозойського періодів) на глибині до 12 км. З породами девонського і кам'яновугільного періодів пов'язані родовища нафти і газу [8].

Об'єкт проєктованих робіт - Василівське нафтогазоконденсатне родовище (НГКР) – знаходиться в промисловій розробці з 1997 р. (дослідно-промислова експлуатація родовища проводилася з 1984 р.) [1, 9].

В адміністративному відношенні Василівське НГКР розташоване на території Роменського району Сумської області, яка розташована у північно-східній частині України. За розміром площі (23,8 тис. км<sup>2</sup>, що становить 3,9% від території держави) займає 16 місце в Україні. З півночі на південь область простягнулась на 200 км, із заходу на схід – на 170 км. Сусідами її на півдні і південно-сході є Полтавська і Харківська, на заході – Чернігівська області [10]. На півночі і сході протягом 498 км її межі збігаються з українсько-російським державним кордоном, де область межує з Брянською, Курською і Белгородською областями РФ. Відстань від Сум до столиці України – Києва – залізницею становить 350 км, шосейними шляхами – 359 км.

Районний центр – місто Ромни, розташоване на відстані 25 км на північ від родовища. У межі ділянки родовища входить центральна частина території с. Василівка (населення – 623 чол.). Поблизу родовища, на відстані від 0,5 до 1,5 км, розташовані села Перекопівка (1520 чол.), Чисте (76 чол.), Братське (45 чол.) та Луценкове (3 чол.). Населені пункти зв'язані між собою мережею асфальтованих і ґрунтових доріг. Поблизу родовища проходить автомобільна дорога регіонального значення Київ – Суми (Н-07).

Більша частина території Сумської області знаходиться в межах Придніпровської низовини, крайня північна частина – у межах Поліської низовини, на сході і північному сході – відроги Середньо-Руської височини. В північній частині області переважають сірі лісові та дерново-підзолисті ґрунти, для південної частини області характерні типові чорноземи, глибокі малогумусні, середньо- і легкосуглинкові та вилужені середньогумусні чорноземи. В заплавах річок переважають дернові лугові ґрунти [11].

По території Сумщини протікає 1543 річки. Всі вони належать до басейна Дніпра і здебільшого є його лівими притоками. Річкова мережа Сумської області включає одну велику річку - Десну, що протікає по межі Сумської та Черні-

гівської області на ділянці завдовжки 37 км та 6 середніх рік – Сейм, Клевень, Сулу, Псел, Хорол і Ворсклу, загальна довжина яких у межах Сумської області 801 км. Крім того, в області налічується 1536 малих річок загальною довжиною 7182 км. У межах області розташовані 25 крупних озер, 2191 ставок та 43 водосховища із загальним об'ємом майже 223 млн. м<sup>3</sup> води [12].

Клімат Сумської області помірно-континентальний. Середня річна температура повітря становить + 7 - 8,5°C. Найвища температура повітря + 34 - 38°C, найнижча - 22 - 27°C. Річна середня сума опадів складає 620 - 895 мм або 105 - 145% річної норми.

Район розташування родовища в економічному відношенні є сільськогосподарським. У зв'язку з відкриттям нафтових і газових родовищ інтенсивного розвитку набула нафтогазовидобувна промисловість [13].

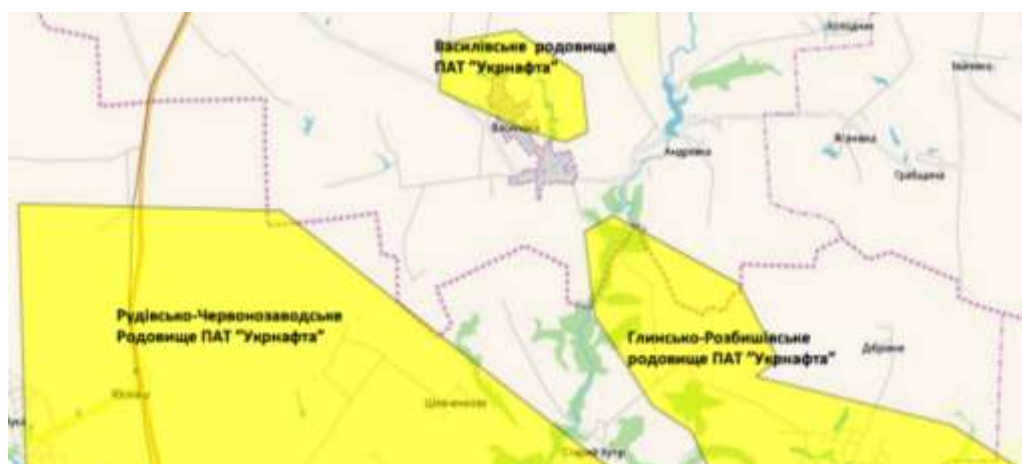


Рисунок 1.2. Оглядова карта району проектування бурових робіт - Роменський район Сумської області (Василівське НГКР)

У фізико-географічному відношенні територія родовища розташована в приосьовій зоні центральної частини Дніпровсько-Донецької западини [11]. Оглядова карта розташування родовища наведена на рис. 1.2.

Рельєф району проєктованих робіт представляє собою субгоризонтальну увалисту та горбисто-увалисту рівнину (рівнина ускладнена чисельними пагорбами і розчленована річковими долинами). Абсолютні відмітки земної поверхні в районі родовища коливаються від плюс 160 м, в долинах річок, до плюс 170 м над рівнем моря.

Поруч з Василівським родовищем розташовані Рудівсько-Червонозаводське, Глинсько-Розбишівське, Липоводолинське, Компанське родовища, що експлуатуються ПАТ «Укрнафта» (рис. 1.3).



**Рисунок 1.3. Карта-схема району розташування Василівського НГКР**

Видобуток вуглеводнів на родовищі здійснює цех з видобутку нафти і газу № 1 (ЦВНГ-1) НГВУ «Полтаванафтогаз» [13]. Матеріально-технічна база постачання та ремонту розміщена на відстані 15 км в селищі Качанове. Загальна площа родовища, становить 5,63 км<sup>2</sup>.

В дослідно-промислову розробку Василівське НГКР введено свердловинами 8, 50. Загалом на родовищі пробурено 18 свердловин: 14 пошуково-розвідувальних і чотири експлуатаційні. Із них, ліквідовано після буріння вісім свердловин, після експлуатації – одну свердловину. Всього в результаті геолого-розвідувальних робіт на родовищі розкрито 11 продуктивних горизонтів у

нижньокам'яно вугільних відкладах турнейського і візейського ярусів (знизу вверху: горизонти Т, В-20в, В-19н1, В-19в, В-18н, В-18в, В-17н, В-17с, В-17в, В-16, В-15). На базі даних комплексного вивчення геолого-промислового матеріалу, на Василівському родовищі виділено чотири (один нафтовий і три газоконденсатні) об'єкти розробки:

- I - газоконденсатні поклади горизонтів Т і В-20в;
- II - газоконденсатні поклади горизонтів В-17н, В-18в, В-19в, В-19н1;
- III - газоконденсатні поклади горизонтів В-15, В-16, В-17в, В-17с;
- IV - нафтовий поклад горизонту В-18н.

Експлуатація горизонту Т (об'єкт розробки I) проводилась свердловинами №№ 53, 101. З горизонту видобуто 214,301млн.м<sup>3</sup> газу та 11,497 тис. т конденсату. Розробка продовжується свердловиною № 101. Свердловина № 53 знаходиться в бездії.

Експлуатація горизонту В-17н (об'єкт розробки II) проводиться свердловиною № 6. З горизонту видобуто 386,871 млн.м<sup>3</sup> газу та 46,622 тис. т конденсату. Розробка продовжується свердловиною № 6.

Експлуатація горизонту В-17с (об'єкт розробки III) проводиться свердловиною № 52, переведеною з нафтового покладу горизонту В-18н. З горизонту видобуто 0,110 млн.м<sup>3</sup> газу та 0,033 тис. т конденсату. Розробка горизонту продовжується свердловиною № 52.

Експлуатація горизонту В-17в (об'єкт розробки III) проводилася свердловиною № 7, переведеною з нижчезалягаючого горизонту В-17н. З горизонту свердловиною видобуто 0,022 млн.м<sup>3</sup> газу. Свердловина по причині обводнення знаходиться в бездії.

Експлуатація горизонту В-15 (об'єкт розробки III) проводилася свердловинами №№ 2, 10. З горизонту видобуто 5,311 млн.м<sup>3</sup> газу та 13,413 тис. т конденсату. Розробка продовжується свердловиною № 2. Свердловина № 10 знаходиться в консервації. Разом з III об'єктом розробки (горизонти В-15, В-16, В-17в, В-17с) видобуто 135,021 млн.м<sup>3</sup> газу та 79,964 тис. т конденсату.

Експлуатація нафтового горизонту В-18н (об'єкт розробки IV) не проводилася. Сverdловина № 52 переведена на газовий поклад горизонту В-17с.

Відповідно до «Коректив технологічних показників розробки Василівського нафтогазоконденсатного родовища» передбачено подальше промислове освоєння покладів і включення до розробки нафтового горизонту В-18н [14].

### **1.3 Програма комплексного виконання свердловинних вишукувань**

Відмітною особливістю проведення проектованих робіт на промислових ділянках Василівського НГКР є необхідність поетапного вирішення такої проблематики: вивчення інженерно-геологічних умов спорудження нових та експлуатації існуючих об'єктів виробничого призначення; розробки, за необхідності і на підставі отриманих даних щодо літологічних особливостей майданчику провадження робіт, заходів з інженерної підготовки територій; моніторингу діяльності і оцінки впливу на навколишнє середовище виконання операцій технологічного циклу видобування корисної копалини; надання конкретних рекомендацій відносно підвищення рівня надійності і безпеки функціонування означеного підприємства.

Проведення об'єктивних інженерно-геологічних та геотехнічних досліджень повинно здійснюватися виключно на підставі і в повній відповідності до існуючих (затверджених ДСТ) методик [15]. Від їх точного вибору і змістовного наповнення залежить правильність і відповідність дійсності характеристик ділянки для будівництва, а також розрахунків режиму експлуатації та захисту промислових об'єктів в умовах сучасних геодинамічних процесів.

В цілому, коло задач інженерно-геологічних досліджень надзвичайно велике і укрупнено його можна окреслити наступними завданнями: обґрунтування проектування різних видів будівництва, раціоналізація експлуатації родовищ корисних копалин, екологічна оцінка провадження діяльності, здійснення різноманітних інженерних заходів з підготовки територій [16].

Серед основних завдань інженерно-геологічних та геодинамічних дослі-

джень містяться такі ключові: вивчення геоструктурних, геоморфологічних та гідрогеологічних умов і сучасних геологічних процесів; визначення властивостей гірських порід для забезпечення ефективного проектування і нормальної експлуатації різних за призначенням інженерних споруд.

Типовою програмою інженерно-геологічних досліджень передбачається вивчення розповсюдження, складу, умов залягання, походження, віку, потужності, інженерно-геологічних властивостей гірських порід та підземних вод, та, окрім зазначеного, направленості сучасних геологічних і інженерно-геологічних процесів [15].

Проведення інженерно-геологічних досліджень повинно супроводжуватися одержанням суворо об'єктивної інформації про геологічні характеристики ґрунтів, що слугує інструментарієм для оцінки місця будівництва споруди, вибору і розрахунків її конструкції, встановлення режиму експлуатації.

Проектування захисних заходів відбувається на підставі виявлення сучасних геологічних процесів, що загрожують будівлям, спорудам і комунікаціям.

Отримані результати інженерно-геологічних досліджень повинні забезпечувати можливість кількісного прогнозування взаємодії різного роду споруд з середовищем, а саме: визначати величини просідань будівель і споруд; характеризувати фільтраційні втрати рідин з каналів, водосховищ, а у надзвичайних ситуаціях - трубопроводів, технологічних ємностей.

Істотною особливістю дослідження гірських порід у рамках інженерно-геологічних прийомів і методів, є оцінка їх здатності протидіяти механічному, фізичному та іншим видам впливу. При цьому визначення водопроникності порід, їх здатності зберігати і, відповідно, змінювати свої властивості, у тому випадку, коли вони стають об'єктом інженерної діяльності, є однією з основних задач.

Процес проектування спорудження тих або інших об'єктів, поділяється на низку послідовних стадій, специфічних під час різних видів будівництва залежно від складності спорудження і можливості використання під час проектування типових конструкцій: вибір місця для будівництва; розробка принципо-

вих вимог і методів робіт як під час зведення споруд, так і під час їх експлуатації; визначення заходів щодо покращення інженерно-геологічного використання місцевості. Для вирішення зазначених питань проводяться наступні роботи: вивчення району проєктованих робіт за архівними, фондovими та літературними джерелами; інженерно-геологічна зйомка, бурові й гірничорозвідувальні роботи в поєднанні з геофізичними, ландшафтно-геологічними, радіаційними та іншими методами досліджень, а також дослідні польові і лабораторні роботи.

Особливим завданням інженерно-геологічних робіт є встановлення приналежності досліджуваних гірських порід до певних геологічних формацій, структурних поверхів, геолого-генетичних комплексів, інженерно-геологічних груп і більш дрібних підрозділів порід (залежно від детальності вивчення).

Важливим пунктом забезпечення надійності будівництва і експлуатації промислових об'єктів є розробка заходів, на підставі вичерпних даних інженерно-геологічних досліджень гірського масиву, із спеціальної підготовки територій шляхом покращення властивостей ґрунтів до необхідного рівня на місці їх залягання або підсилення за рахунок влаштування в них несучих або дренажних конструктивних елементів [17].

З метою покращення властивостей ґрунтів на місці їх залягання застосовують ущільнення механічне (поверхневе і глибинне) або фізичне, закріплення фізичне або хімічне. Поверхневе (пошарове) механічне ущільнення виконують трамбуванням, укочуванням, віброукочуванням або поєднанням указаних способів. Глибинного ущільнення досягають армуванням товщі слабких або просі-дних ґрунтів із застосуванням ґрунтових паль, у т. ч. у свердловинах.

Фізичне ущільнення (закріплення) ґрунтів досягається зниженням рівня підземних вод, за рахунок чого відбувається самоущільнення ґрунтів [18]; впливом фізичних полів при накладанні на ґрунтовий масив електричного поля, що викликає електроосмос [19]; накладанням теплового поля, яке викликає термозакріплення [20].

Хімічне закріплення ґрунтів досягають нагнітанням у пори ґрунту цементних: розчинів (цементация), бітумів (бітумізація), силікатних розчинів (силіка-



тизація), синтетичних смол (смолізація), що призводить до підвищення міцності та водонепроникності ґрунтів [21].

Для підсилення ґрунтових основ застосовують такі інженерні заходи: заміна слабких шарів ґрунтами з більш високими характеристиками міцності та деформативності; дренавання водонасичених ґрунтів дренами з природних (штучних) матеріалів; обтиснення основ тимчасовими насипами, у т.ч. з улаштуванням водовідвідних дрена; змішування слабких ґрунтів із цементними або іншими скріплюючими розчинами; армування ґрунтових масивів конструктивними елементами; оконтурення основ постійними шпунтовими або пальовими стінами. Покращення будівельних властивостей ґрунтів основи шляхом армування ґрунту досягають введенням вертикальних, похилих або горизонтальних армуючих елементів [17].

Для ліквідації природних і техногенних порожнин, ущільнення, закріплення та гідроізоляції ґрунтів і порід основ слід передбачати тампонаж гірських порід (ін'єкційні завіси) із застосуванням цементації, глинизації, смолізації, силікатизації, електрохімії і комплексного тампонажу (ін'єкційне нагнітання тампонажних розчинів, виготовлених з цементу, глини, суглинків, золи-винесення, шламів збагачення). Тампонаж гірських порід проектують по всій площі, контуру або лінійній ділянці основи. В залежності від гірничо-геологічних та гідрогеологічних умов залягання ґрунтів і порід тампонажні завіси слід проектувати у поєднанні з пальовими або траншейними завісами [20].

Принципи застосування того або іншого методу інженерної підготовки території визначають при розробці відповідних заходів, в залежності від особливостей об'єкта проектування, інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов будівельного майданчика та вимог до необхідних параметрів ґрунту. До складу проекту інженерної підготовки території, з метою покращення кінцевих показників, необхідно також включати основні вимоги з виконання робіт.

Процеси видобування, транспортування і зберігання вуглеводневої сировини пов'язані зі значними техногенними навантаженнями на довкілля і належать до переліку екологічно небезпечних видів діяльності [22].

Загальновідомо наступне: терміни освоєння і експлуатації нафтогазових родовища характеризуються значною тривалістю, яка вимагає застосування системи регулярних спостережень, покликаних виявляти тенденції змінювання стану довкілля. Не потребує доказу, що найуразливішим компонентом довкілля, який найбільше зазнає негативного впливу з боку нафтогазовидобувної діяльності, є поверхневі та підземні води і приповерхневі ґрунти. З огляду на висунете, не викликає жодного сумніву, що процеси виробничого циклу нафтогазовидобування потребують систематичного моніторингу стану підземних вод і ґрунтів, причому, об'єктивна оцінка зазначених факторів може бути дана на підставі проведення відповідних інженерно-геологічних досліджень і насамперед їх свердловинних методів [15].

#### **1.4 Обмежувальні і керівні гірничо-геологічні умови проведення робіт**

Зважаючи на виняткову важливість, результати інженерно-геологічних досліджень мають бути достовірними і достатніми для обґрунтування конструктивних рішень, встановлення проектних значень і характеристик споруд, заходів інженерного захисту і підготовки територій та заходів щодо охорони довкілля. Розрахункові дані у складі результатів інженерних досліджень мають бути обґрунтовані і містити прогноз їх зміни в процесі будівництва і експлуатації споруд [15, 23].

Матеріали інженерно-геологічних вишукувань повинні відображати: літологічну будову і властивості ґрунтів, умови залягання останніх; петрографічну характеристику виділених шарів ґрунтів за генетичними типами; відомості про тектонічну будову і неотектонічні процеси; характеристику складу, стану, фізичних, фізико-механічних і хімічних властивостей основних типів ґрунтів і їх просторової мінливості; характеристику основних водоносних горизонтів (положення рівня підземних вод, поширення, умови залягання, джерела живлення), що впливають на умови будівництва і експлуатацію промислових об'єктів і споруд.

Наведене є об'єктивною вимогою до якості проб ґрунтів і гірських порід або підземних вод, що використовуються у відповідних регламентних дослідженнях.

Розробка методики проведення інженерно-геологічних вишукувань та їх невід'ємної складової – технології спорудження свердловин, повинна базуватися на вимогах щодо особливостей специфічних категорій ґрунтів і небезпечних геологічних і інженерно-геологічних процесів і явищ [15, 24].

У районах поширення просадкових ґрунтів необхідно, окрім іншого, додатково встановлювати: поширення і приналежність просадкових ґрунтів до певних геоморфологічних елементів і форм рельєфу; характер мікрорельєфу і розвиток просадкових процесів і явищ; потужність товщі просадження і її зміни за площею; особливості структури (характер вертикальних і горизонтальних макропор, розташування їх по глибині і площі), текстури (шаруватість, тріщинуватість, наявність конкрецій, скупчень гіпсу і ін.); циклічність будови просадкової товщі; характеристики складу, стану і властивостей ґрунтів; фільтраційні властивості просадкових ґрунтів; джерела замочування; тип ґрунтових умов за просіданням, зміни просідання за площею і глибиною; нормативні і розрахункові значення характеристик міцності і деформованості ґрунтів (виділених інженерно-геологічних елементів) при природній вологості і у водонасиченому стані, графіки зміни відносної просадності по глибині при різних тисках, рекомендації по протипросадковим заходам.

При проектуванні робіт у районах поширення ґрунтів, що набрякають, необхідно додатково встановлювати: поширення і умови залягання ґрунтів, що набрякають, їх потужність, мінеральний і літологічний склад, будову (наявність лінз і прошарків піщаного матеріалу); структурно-текстурні особливості, умови залягання покриваючих і підстиляючих ґрунтів; величину розкриття, глибину і напрям поширення усадкових тріщин, потужність зони тріщинуватості; відносне набрякання (вільне і під навантаженнями); вологість ґрунту після набрякання; тиск набрякання; лінійну і об'ємну усадку ґрунту; вологість на межі усадки; оцінку зміни властивостей ґрунтів, що набрякають, при будівництві і експлуа-

тації об'єктів. За необхідності слід визначати: горизонтальний тиск при набряканні; опір зрізу після набрякання без навантаження і при заданих навантаженнях; модуль деформації після набрякання без навантаження і під заданими навантаженнями; набрякання ґрунтів в розчинах, що відповідають за складом техногенним стокам проєктованих підприємств.

Особливістю проєктування робіт у районах поширення органо-мінеральних і органічних ґрунтів є необхідність додаткового встановлення: поширення і потужності болотяних відкладень; типів торфу (низовинний, верховий); різновиду заторфованих ґрунтів, їх складу і властивостей; джерел обводнення ґрунтової товщі; місць розташування виходів джерел, наявності озер і сплавин, загальної тенденції розвитку болота (його деградацію або прогресуюче заболочування прилеглої території); для торфів і заторфованих ґрунтів - вологості і щільності у водонасиченому стані, вмісту органічних речовин, зольності, ботанічного складу (за необхідності); для мулу і сапропелів - гранулометричного складу, вмісту органічних речовин, карбонатів, показників фізичних властивостей, нормативних і розрахункових значень характеристик міцності і деформованості ґрунтів. Властивості органо-мінеральних і органічних ґрунтів необхідно встановлювати з урахуванням їх можливого ущільнення, осушення і інженерної підготовки території.

За істотного розповсюдження елювіальних ґрунтів, виникає необхідність додатково встановлювати: поширення, умови залягання і особливості формування елювіальних ґрунтів; дані про структуру кори вивітрювання, тектонічні порушення кори, її вік; склад і властивості елювіальних ґрунтів за зонами вивітрювання і підстилаючої породи; міру активності ґрунтів до вивітрювання, суфозійного винесення, вилуговування, набрякання і просаду.

За значного поширення техногенних ґрунтів, додатково встановлюють: межі і умови залягання техногенних ґрунтів; спосіб формування і давність їх утворення; склад, стан і властивості техногенних ґрунтів; мінливість їх характеристик в просторі; наявність чужорідних включень і їх характеристики.

У районах розвитку деформаційних процесів, окрім стандартних показ-

ників, необхідно додатково встановлювати: площу і глибину захоплення схилів зсувними і обвальними процесами, типізацію проявів процесів, міру їх активності і небезпеки для проектованого будівництва; кількісну характеристику чинників, що визначають стійкість схилів; характеристику фізико-механічних властивостей ґрунтів; міру стійкості схилів в просторі і в часі в непорушених природних умовах, а також з урахуванням прогнозованих змін у зв'язку з господарським освоєнням території; прогнозовані результати непрямих наслідків, що викликаються зсувними і обвальними переміщеннями; ефективність існуючих споруджень інженерного захисту.

При оцінці зсувної небезпеки ділянки слід врахувати усі можливі варіанти виникнення зсувних процесів з урахуванням обводнення масиву, техногенного і сейсмічного навантаження, а також конструктивних особливостей існуючих протизсувних споруд.

Означені принципи окреслюють надзвичайно високий рівень вимог до розробки і реалізації техніко-технологічних основ проектування, спорудження, дослідження і облаштування свердловин інженерно-геологічної категорії.

## Розділ 2. Техніко-технологічна частина

### 2.1 Розробка засадничих принципів побудови циклу інженерно-геологічних робіт на проектованій ділянці

Відомо наступне: бурові свердловини при інженерно-геологічних вишукуваннях і дослідженнях проходяться для вивчення геологічного розрізу, відбору зразків ґрунту (з метою визначення його складу, стану і фізико-механічних властивостей); постановки різного роду дослідницьких робіт у свердловинах для визначення широкої гами характеристик [25].

Завдання, що вирішуються за допомогою інженерно-геологічного буріння, визначають ряд специфічних вимог до цього процесу, причому останні істотно відрізняються від тих, що пред'являють при пошуку і розвідці корисних копалин, вивчення і освоєння підземних вод і т. ін.

Зіставляючи технології геологорозвідувального і інженерно-геологічного буріння, передусім, необхідно зазначити те, що технічна база для них загальна. Майже всі установки для спорудження геологорозвідувальних свердловин є придатними для цілей інженерно-геологічного буріння. В основному аналогічним є і інше бурове устаткування і інструмент, за деякими виключеннями, наприклад ґрунтоноси, вживані тільки при бурінні інженерно-геологічних свердловин. Маючи в розпорядженні загальну технічну базу, інженерно-геологічне і геологорозвідувальне буріння переслідують, проте, різні цілі і вирішують різні завдання. Ці відмінності зводяться до наступного. Об'єктом інженерно-геологічного буріння є верхня частина земної кори, що знаходиться в зоні взаємодії з інженерними спорудами для проектування яких, власне, і здійснюються зазначені роботи. Середня, характерна, глибина інженерно-геологічних свердловин складає 10 - 15 м, на відміну від геологорозвідувального буріння, для якого середня глибина свердловин, принаймні, на порядок вище [26]. Внаслідок цього основний об'єм інженерно-геологічного буріння здійснюється в нескількох ґрунтах. При геологорозвідувальному бурінні безпосереднім об'єктом ви-

вчення є поклад корисної копалини, потужність якого, як правило, у багато разів менше усієї протяжності свердловини. Для проходки корисної копалини застосовується спеціальний режим буріння. Буріння поза вказаними межами особливо суворо не регламентується і здійснюється, у багатьох випадках, без відбору керна (безкернаве буріння). При інженерно-геологічному бурінні спеціальний режим буріння поширюється практично на усю свердловину [25].

Зразки (керна), витягнуті в процесі геологорозвідувального буріння, вивчаються, в основному, з точки зору їх складу, на відміну від інженерно-геологічного, для якого в рівній мірі важливим є склад піднятих зразків, їх стан і властивості. Ці показники в зразках мають бути аналогічні таким, що мають місце в масиві. При геологорозвідувальному бурінні вплив методу руйнування забою на зміну властивостей масиву, що примикає до свердловини, практичного значення не має. При інженерно-геологічному бурінні ця обставина має важливе значення, оскільки тут широко використовуються свердловинні методи визначення показників фізико-механічних властивостей.

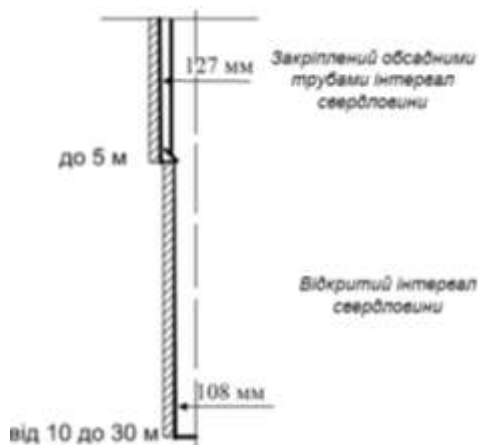
Перераховані особливості пред'являють до технології буріння інженерно-геологічних свердловин додаткові вимоги. Так, наприклад, буріння «насухо» при геологорозвідувальних роботах є допоміжним прийомом, використовуваним, головним чином, для заклинювання керна. При інженерно-геологічному бурінні вказаний прийом набуває самостійного значення: уся свердловина може бути пробурена «насухо». Необхідність визначення (в результаті інженерно-геологічного буріння) показників складу, стану і властивостей масиву ґрунту визначає широке застосування ґрунтоносів для відбору монолітів, що абсолютно не характерне для геологорозвідувального буріння. Нарешті, порівняно невелика глибина, що вивчається при інженерно-геологічних дослідженнях товщі ґрунтів, робить можливим застосування тут методів зондування, які принципово не відрізняються від буріння. При геологорозвідувальних роботах ці методи практично не застосовуються.

Основними вимогами до свердловин інженерно-геологічного призначення є такі: отримання вичерпних відомостей про геологічну і гідрогеологічну бу-

дову досліджуваного району; отримання достатніх і достовірних даних про фізико-механічні властивості ґрунтів; забезпечення можливості здійснення дослідних робіт з належною якістю, як в процесі, так і після закінчення буріння.

До найбільш важливих особливостей інженерно-геологічних свердловин можуть бути віднесені наступні: невелика глибина (визначається видом проектованої споруди і геологічними умовами); незначна відмінність в діаметрах свердловин (діаметр свердловин визначається тільки видом і характером випробування); безперервний відбір керна (при цьому необхідно забезпечувати 100%-ний вихід керна); безперервний або поінтервальний відбір зразків (монолітів) ґрунту із складом, близьким до природного; проведення у свердловинах різного роду дослідних робіт, які за часом бувають триваліші, ніж сам процес буріння; обов'язковий тампонаж свердловин з метою ліквідації штучних каналів і порожнеч для циркуляції ґрунтових вод; надзвичайна різноманітність умов буріння свердловин і розкиданість об'єктів досліджень. Зазначені особливості є необхідними початковими передумовами при розробці спеціалізованих технічних засобів, технологічних прийомів буріння і організації відповідних робіт [27].

З огляду на особливості геологічної будови ділянки проектованих робіт та необхідності отримання вичерпної інформації стосовно динаміки розвитку техногенних процесів, приймаємо інтервал розташування забоїв інженерно-геологічних свердловин в межах глибин від 10 до 30 м (рис. 2.1).



**Рисунок 2.1. Типова конструкція інженерно-геологічних свердловин для умов Василівського НГКР**



З метою максимально можливого і технологічно виправданого скорочення витрат на бурові та супутні роботи, приймаємо двохступенчасту форму конструкції свердловини (рис. 2.1), що включає верхній обсаджений інтервал (з посадкою башмаку колони на глибині 6 м) і відкритий стовбур відповідної довжини [25].

В цілому, при розробці конструкції інженерно-геологічних свердловин, необхідно дотримуватися відповідних рекомендацій, що представлені в табл. 2.1; її дані стосуються конкретних літологічних умов проекрованої ділянки робіт.

Таблиця 2.1

**Рекомендації щодо проектування конструкцій інженерно-геологічних свердловин для умов Василівського НГКР**

Характеристика процесів, що відбуваються у стовбурі свердловини	Типові представники порід	Рекомендований спосіб закріплення стінок свердловини
Стінки свердловини не обрушаються протягом деякого часу (іноді протягом часу буріння свердловини), спостерігається невелика зміна діаметра свердловини	Тріщинуваті скельні і нескельні ґрунти, великоуламкові ґрунти, глини і суглинки пластичної консистенції	Неглибокі свердловини можуть буритися без закріплення стінок. Глибокі свердловини можна бурити з промиванням глинистим розчином. Іноді потрібно закріплення стінок свердловин обсадженими трубами
Можуть відбуватися вивали зі стінок свердловини, спостерігається помітна зміна діаметра свердловини протягом короткого часу	Великоуламкові ґрунти (нещільні), пісок щільний і середньої щільності, супесь легка, суглинки і глини текучепластичної консистенції	Потрібно закріплення пробурених інтервалів свердловини обсадженими трубами
Свердловина майже відразу цілком обрушується чи «обпливає» після витягання породоруйнівного інструмента	Насичені водою піски, пливуні, глини і суглинки текучої консистенції	Пробурені інтервали вимагають негайного або випереджального закріплення обсадженими трубами

Беручи до уваги наведені дані (табл. 2.1) та характеристику проектного геологічного розрізу, які свідчать про те, що гірські породи ділянки проектованих робіт, за умов використання типових прийомів (насамперед наявність промивання), практично не допускають отримання представницького керну, приймаємо наступні способи буріння (застосовувані відповідно до поточних свердловинних умов) – колонковий, із затиранням порід «насухо», гідротранспортом

кернового матеріалу, шнековий та гідро (пневмо) ударний.

1. Буріння свердловин за схемою затирання порід «насухо» полягає у бурінні свердловин за відсутності промивання, причому, для забезпечення реалізації зазначеного прийому необхідне застосування укорочених рейсів, визначуваних, в даному випадку, мінімально можливою довжиною колонкової труби. Відповідно до зазначеного та згідно з ДСТ 6238-77 приймаємо довжину колонкової труби у межах 1500 мм [28]. Технічна характеристика прийнятих труб, зовнішній діаметр яких відповідає типовій конструкції інженерно-геологічних свердловин для умов Василівського НГКР (рис. 2.1), наведено в табл. 2.2.

**Таблиця 2.2**

**Основні розміри колонкових труб ніпельного з'єднання і ніпелів до них**

Характеристичний параметр	Показники	
Зовнішній діаметр труби і ніпеля, мм	108	127
Товщина стінки труби, мм	5,0	5,0
Внутрішній діаметр ніпеля, мм	95,5	114,5
Зовнішній діаметр зовнішньої різьби, мм	103,0	122,0
Зовнішній діаметр внутрішньої різьби, мм	103,05	122,06
Довжина різьби, мм	60	60
Внутрішній діаметр різьби, мм	101,5	120,5
Стандартизована довжина труби, мм	1500, 3000, 4500, 6000	
Вага 1 м труб, кг	13,0	16,0

Вивчення даних проектного геологічного розрізу, складеного за матеріалами попередніх бурових робіт [14], доводить ефективність застосування, в якості породоруйнівного інструменту, твердосплавних коронок типу М (табл. 2.3) [28].

Параметрами режиму буріння, за застосування прийому затирання порід «насухо», є наступні складові:

- осьове навантаження на коронку

$$C = m\eta, \text{ даН} \quad (2.1)$$

де  $m$  – кількість основних (об'ємних) різців чи вставок, шт.;  $\eta$  – рекомендоване осьове навантаження на 1 різець, даН.

- частота обертання

$$n = \frac{60V_0}{\pi D_c}, \text{ хВ}^{-1} \quad (2.2)$$

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

$$D_c = \frac{D_3 + D_B}{2}, \text{ м} \quad (2.3)$$

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

Таблиця 2.3

### Конструктивні параметри і режими буріння твердосплавними коронками типу М

Тип коронки	Характеристика порід	Типові представники порід	Категорія порід з буримості	Діаметр, мм		Кількість різців		Рекомендовані параметри режиму буріння	
				зовнішній	внутрішній	основних	підрізних	осьове навантаження на 1 основний різець, даН	окружна швидкість, м/с
М2	М'які з твердими прошарками	Глини щільні, мергелі	II	151	113	14	-	60 - 80	1,0 - 1,5
			IV	132	93	14	-		
М5	М'які однорідні	Піски, глини, глинисті сланці	II	151	112	24	6	25 - 60	1,0 - 1,8
			IV	132	91	24	6		

Розрахункові значення параметрів режиму буріння, за застосування прийому затирання порід «насухо», необхідно ув'язати із технічними можливостями наявного бурового обладнання, яким є самохідний буровий агрегат УРБ-2А2Д [29] (рис. 2.2), який призначено для: буріння геофізичних і структурно-пошукових свердловин на нафту і газ; розвідки родовищ твердих корисних викопних, будівельних матеріалів і підземних вод; проведення інженерно-геологічних досліджень; буріння водозабірних і вибухових свердловин.

Буріння здійснюється обертальним способом з промиванням (продуванням) свердловини або шнеками.

Агрегат змонтовано на шасі автомобіля з підвищеною прохідністю КамАЗ - 43114, Урал - 4320 і приводиться в дію від його двигуна.

Наявність двох компресорів і бурового насоса забезпечують високу про-

дуктивність при бурінні з продуванням і можливість швидкого переходу на буріння з промиванням. Рухомий обертач, з гідравлічним приводом, забезпечує швидке згвинчення і розгвинчування бурильних труб, завдяки чому відпадає необхідність в застосуванні спеціальних механізмів.



**Рисунок 2.2. Самохідний буровий агрегат УРБ-2А2Д (загальний вигляд)**

Гідравлічний механізм спуску-підйому і подачі інструменту забезпечує оптимальне зусилля подачі, у тому числі і при бурінні пневмоударниками, і дозволяє вести високоефективне буріння по породах будь-якої категорії міцності. Управління установкою здійснюється з пульту бурильника.

**Таблиця 2.4**

**Технічна характеристика самохідного бурового агрегату УРБ-2А2Д**

Глибина буріння (максимально можлива), м	350
Діаметр: початковий/кінцевий, мм	190/93
Діаметр бурильних труб, мм	60,3
Тип обертача	рухомий з гідроприводом
Частота обертання, хв <sup>-1</sup>	27; 42; 60; 140; 225; 325
Зусилля натягнення канату лебідкою, кН	рухомий обертач
Швидкість підйому бурового снаряду, м/с	0 - 1,25
Довжина свічки бурильних труб (номінальна), м	4,5
Припустиме навантаження на гаку (елеваторі), кН	50
Крутний момент (максимальний), Нм	2000
Тип подачі	гідравлічна
Хід подачі, м	5,15
Буровий насос	НБ - 50; НБ4-160/63
Компресор	4ВУ1-5/9М32; КВ-10/10С; КВ-12/10С; КВ-12/12С
Габаритні розміри в робочому стані, мм	8500 x 2500 x 8400
Загальна маса, кг	15205

Параметри режиму буріння, уточнені відповідно до технічної характеристики застосовуваного бурового агрегату (табл. 2.4), представлено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

## Параметри режиму буріння за методу затирання порід «насухо»

Інтервал буріння, м	Застосований породоруйнівний інструмент	Параметри режиму буріння	
		С, даН	n, хв <sup>-1</sup>
від 0 до 6	M2-151	440	60
від 6 до 10 (30)	M5-132	800	60

2. Буріння свердловин із гідравлічним транспортуванням кернашлямового матеріалу являє собою різновид колонкового буріння із зворотною схемою циркуляції очисного агенту [30], що забезпечується при використанні спеціалізованих бурових установок УРБ-2А-2 ГК (КГК) (табл. 2.6), подвійної концентричної колони бурильних труб, спеціальних забійних приладів і конструкцій породоруйнівного інструменту. Технологічний процес буріння свердловин із застосуванням подвійної бурильної колони відрізняється від традиційного колонкового способу буріння відсутністю періодичного підйому на поверхню забійного снаряду для витягання з нього керна. Снаряд піднімають лише для заміни породоруйнівного інструменту, що прийшов в непридатність, або в аварійних ситуаціях.

Таблиця 2.6

## Технічна характеристика комплексу КГК

Найменування бурової установки	УРБ-2А-2 ГК 100
Глибина буріння, м	100
Діаметр: початковий/кінцевий, мм	190/76
Тип обертача	рухомий з гідроприводом
Частота обертання, об/хв	140; 225; 325
Швидкість підйому обертача, м/с	0 - 0,6
Висота щогли, м	8,37
Довжина бурильних труб, м	4,5
Номінальне навантаження на гаку, кН	40
Зусилля подачі, кН	26
Хід подачі	5,2
Буровий насос	НБ - 32
Транспортна база	ЗІЛ - 131

Відмітною особливістю методу буріння із гідротранспортом кернашла-

мового матеріалу є його безперервна подача на поверхню - шляхом транспортування внутрішньою трубою подвійної бурильної колони, і за вміло організованого процесу відбору проб на поверхні, можливе досить чітко прив'язування отриманих зразків до конкретного інтервалу глибини, що і є основним завданням інженерно-геологічних вишукувань [15, 27]. Таким чином, побудова технологічного регламенту виконання бурових інженерно-геологічних вишукувань, за використання прийомів гідротранспорту, зводиться до визначення швидкісних співвідношень в системі «продукти руйнування - потік рідини» та з'ясування впливу останніх на хід таких процесів: відбір проб гірських порід на гирлі свердловини, їх літологічна інтерпретація.

При бурінні з гідротранспортом керн і шламу, основними параметрами режиму буріння є осьове навантаження, частота обертання, інтенсивність промивання, частота і висота ходіння; в табл. 2.7 приведені технічні і технологічні параметри процесу буріння з гідротранспортом керн та шламу, яких необхідно дотримуватися при спорудженні свердловин, причому, для геологічних умов на проектованій ділянці робіт, приймаємо одноколонну її конструкцію, що забезпечується особливостями застосування подвійної бурильної колони [28].

Таблиця 2.7

**Параметри режиму буріння і ходіння за умов застосування комплексу КГК - 100**

Породи	Тип бурильних труб	Тип породоруйнівного інструменту	Буріння			Ходіння	
			Частота обертання, хв <sup>-1</sup>	Навантаження на забій, даН	Подача рідини, л/хв	Інтервал, м	Висота, м
Глини і суглинки	ТБДС - 75	КГ-93 МС	225	560 - 900	200	1 - 1,5	1 - 1,5
Піски, супіски			225	450 - 900	125	2 - 2,5	0,5
Щільні глини			140	700 - 1200	180	0,3 - 0,5	0,1 - 0,5

Непрямими показниками правильності режиму буріння є інтенсивність та завантаження висхідного потоку промивальної рідини, а також рівень рідини в затрубному просторі і стан кернового матеріалу.

3. Буріння свердловин шнековим способом є різновидом безкернового способу буріння, устаткування для якого включає спеціальну шнекову колону (гвинтовий транспортер) і породоруйнівний інструмент (як правило, лопатеве долото) [27]. Залежно від типу ґрунту, колона може включати декілька обважнених шнеків і комплектуватися колонковим долотом. Шнековий транспортер є трубою з різьбовими або безрізьбовими з'єднаннями на кінцях. До зовнішньої стінки труби приварена спіралеподібна стрічка із сталі завтовшки 4 - 6 мм. Крок спіралі залежить від типу породи, що транспортується, і варіюється від 0,5 до одного діаметру шнека. Як тільки порода сколюється породоруйнівним буровим інструментом, вона одразу потрапляє на шнек, що обертається з високою швидкістю. За рахунок відцентрової сили, що виникає в процесі обертання, зруйнована порода відкидається до стінок свердловини і швидко доставляється шнеком на поверхню. Частина породи, що залишилася, вминається в стінки ребордою шнека, звільняючи забій і знімаючи навантаження з силового агрегату бурової установки.

Колонковий шнековий транспортер використовують у випадку необхідності витягання на поверхню керна з непорушеною його структурою. У колонковому шнеці є великий прохідний отвір, а сам шнек порожнистий. При бурінні kern поступає в спеціальну гільзу, яка витягається після відгвинчення бурової коронки.

Таблиця 2.8

**Параметри техніко-технологічного регламенту спорудження інженерно-геологічних свердловин шнековим способом**

Тип бурової установки	Породи	Тип шнекових труб	Тип породоруйнівного інструменту	Режимні параметри буріння	
				Частота обертання шнеку, хв <sup>-1</sup>	Навантаження на забій, даН
УРБ-2А2Д	Глини і суглинки	БТШ - 180	ДБШ - 160	140	600
	Піски, супіски			140	600
	Щільні глини			60	800

У табл. 2.8 представлено техніко-технологічний регламент спорудження інженерно-геологічних свердловин шнековим способом на ділянці проектованих робіт.

4. Буріння свердловин ударним способом із застосуванням пневмоударників. Пневмоударне інженерно-геологічне буріння здійснюється за допомогою занурюваних розвідувальних пневмоударників або занурюваних пневмопробійників (у останньому випадку тільки в м'яких породах) [25]. При інженерно-геологічних дослідженнях використовуються в основному занурювані пневмопробійники. Суть способу полягає в тому, що породоруйнівний інструмент занурюється у свердловину за допомогою розміщеного над ним пневмопробійника. Стиснене повітря до пневмопробійника подається по бурильних трубах (через сальник) або по шлангу. Зазначений спосіб дозволяє отримувати зразки ґрунту майже з непорушеною структурою, проте його ефективність значно знижується в умовах водопроявів, а в окремих випадках (значних водопритоках), його застосування унеможлиблюється.

Режимні параметри та інструментальне забезпечення пневмоударного інженерно-геологічного буріння представлено в табл. 2.9.

Таблиця 2.9

**Параметри та інструментальне забезпечення пневмоударного способу буріння**

Тип бурової установки	Породи	Тип бурильних труб	Тип пневмоударної машини	Тип породоруйнівного інструменту	Режимні параметри буріння		
					Частота обертання коронки, хв <sup>-1</sup>	Навантаження на забій, даН	Витрата повітря, м <sup>3</sup> /хв
УРБ-2А2Д	Глини і суглинки	СБТ - 73	РП-138А	СТ2 - 132	60	800	8
	Піски, супіски				60	800	8
	Щільні глини				60	1000	8

Регулюванням витрати стисненого повітря та налаштуванням клапанної системи пневмоударної машини можна бурити свердловини в режимі ударно-обертальному або вібраційно-обертальному.



## 2.2 Побудова уточненого кореляційного плану геологічної будови промислової ділянки

Відповідно до завдань проекту, в процесі проведення інженерно-геологічних бурових робіт здійснювалось уточнення геолого-літологічної характеристики ділянки відносно проектного геологічного розрізу. Основним інструментом проведення кореляційних робіт стосовно літологічних даних, слугував відбір кернових проб або зразків шламу з точним інтервальним прив'язуванням. Керн, що витягався з колонкової труби після кожного рейсу, очищався від часток м'якої породи і шламу, а у випадку гідротранспорту - бурового розчину. Керн пухких або розчинних порід очищався від забруднення без промивання. Керн укладався в кернові ящики зліва направо, на яких зверху на бічних стінках і подовжніх перегородках нанесено стрілки напрямку укладання керна. На рис. 2.3 представлено наглядні зразки гірських порід різних горизонтів інженерно-геологічних свердловин.

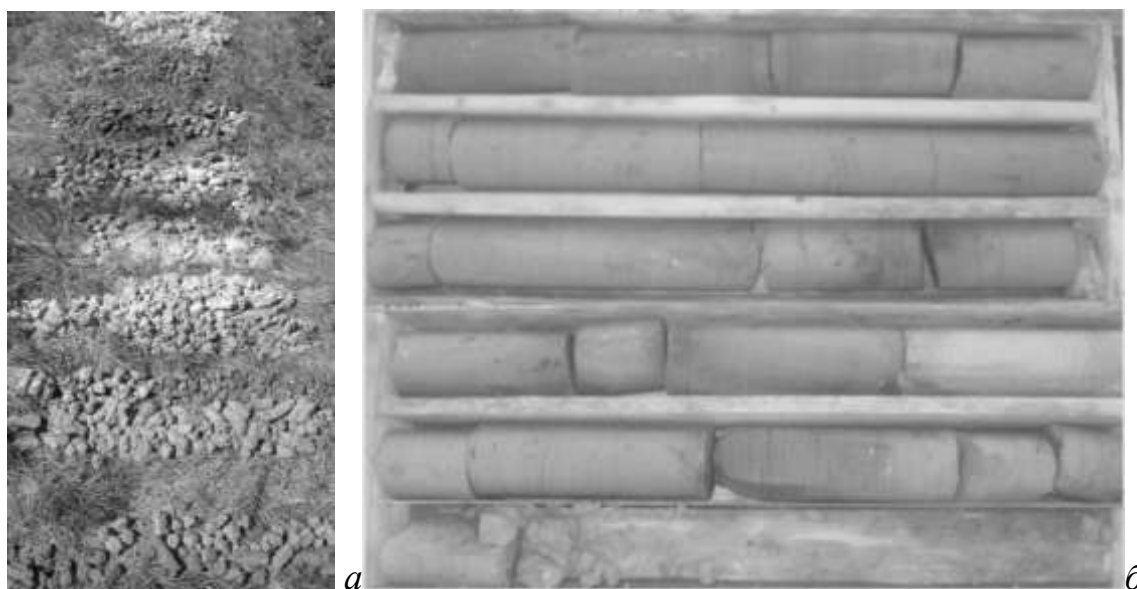


Рисунок 2.3. Геологічні зразки перебурих гірських порід на ділянці Василівського НГКР: суглинки (а) та щільні глини (б)

Успішне рішення геологічних завдань з використанням інформації по шламу може бути здійснене, якщо при проводці свердловини дотримуються наступних основних умов і вимог: режим очищення забезпечує оперативний під-

йом вибуреного шламу з забою свердловини до місця збору, режим буріння - об'ємне руйнування породи; після припинення буріння перед підйомом інструменту циркуляція триває протягом часу, необхідного для винесення шламу з забою на поверхню; шлам відбирається по усьому досліджуваному інтервалу в строго певному місці одним і тим же способом [27].

Першочергове розчленовування розрізу виробляється за даними механічного каротажу, тобто за швидкістю буріння порід з різними фізичними властивостями (виключаючи вплив технологічних параметрів і допустає залежність швидкості буріння тільки від літології) визначається літологія цих порід, ще не бачить їх навіть в шламi, але маючи перед очима (і в думці) прогнозний розріз.

Свердловинним методом визначення властивостей гірських порід при інженерно-геологічних вишукуваннях може виступати механічний каротаж – метод заснований на зміні швидкості буріння або зворотної її величини - тривалості буріння заданого постійного інтервалу; цілком очевидно, що за інших рівних умов, ці параметри залежать від літологічного складу порід. Механічний каротаж проводиться шляхом виміру часу буріння заданого інтервалу (0,1; 0,2; 0,5; 1,0 м) або механічної швидкості через 0,5; 1,0 м за допомогою відповідних датчиків. При проведенні механічного каротажу за тривалістю проходки інтервалу необхідно дотримуватися наступної умови: величина вибраного інтервалу повинна кратно (не менше чим в 5 - 6 разів) перевищувати максимально можливу подачу інструменту на забій. Механічна швидкість буріння залежить як від властивостей розбурюваних порід, так і від ряду технологічних чинників (режиму буріння, вживаного бурового розчину, технічного стану стовбура свердловини), тобто є узагальненим параметром, що характеризує процес руйнування гірської породи. З технологічних факторів найбільший вплив чинять осьове навантаження на породоруйнівний інструмент, частота його обертання, витрата бурового розчину. При постійному режимі буріння механічна швидкість визначатиметься критичною напругою гірських порід, яка характеризує їх фізико-механічні властивості. Оскільки на швидкість буріння, окрім літологічного складу порід, чинять вплив різноманітні технологічні чинники, останні не-

обхідно обов'язково враховувати. Для виключення впливу на дані механічного каротажу змін в режимі буріння, слід розраховувати нормалізовану механічну швидкість буріння [25].

Таблиця 2.10

**Рекомендовані маса та об'єм зразків породи для інженерно-геологічних лабораторних досліджень**

Показники стану фізико-механічних властивостей породи	Склад і стан породи	Маса або об'єм породи
Гранулометричний склад	Глинисті породи порушеної структури, що не зберегли природної вологості в повітряно-сухому стані	10 - 20 г, отримані квартуванням з об'єму 250см <sup>3</sup>
	Супіщані породи, що не зберегли природної вологості і структури	10 - 20 г, отримані квартуванням з об'єму 250 см <sup>3</sup>
	Піски в повітряно-сухому стані	100 г, отримані квартуванням з об'єму 1000 см <sup>3</sup>
Щільність	Піщано-глинисті породи порушеної структури в повітряно-сухому стані	20 - 30 г, отримані квартуванням з об'єму 200 - 300 см <sup>3</sup>
Об'ємна маса	Піски в повітряно-сухому стані	250 - 300 см <sup>3</sup>
	Глинисті породи непорушеної структури з природною вологістю	Шматочок породи об'ємом до 150 см <sup>3</sup> або моноліт
Природна вологість	Глинисто-піщані породи порушеної структури з природною вологістю	20 - 30 г
Максимальна молекулярна вологоємність	Піщано-глинисті породи порушеної структури	50 г, отримані квартуванням з об'єму 500 см <sup>3</sup>
Повна вологоємність	Піски	200 - 300 г
Межа плинності	Глинисто-піщані породи порушеної структури з природною вологістю	60 - 100 г
Набрякання	Глинисті породи непорушеної структури з природною вологістю	Моноліт
Розмокання	Глинисті породи непорушеної структури з природною вологістю	Моноліт
Коефіцієнт фільтрації	Піски і супіски порушеної структури	300 см <sup>3</sup>
	Глинисті породи непорушеної структури з природніше вологістю	Моноліт
<b>Механічні властивості гірських порід</b>		
Стисливість	Глинисті породи непорушеної структури з природною вологістю	Моноліт
Опір зрушенню	Глинисті породи непорушеної структури з природною вологістю	Моноліт
Кут природного укосу	Пісок з природною вологістю в повітряно-сухому стані	1200 - 1500 см <sup>3</sup>

Можливість проведення більш репрезентативних лабораторних досліджень забезпечується за дотримання умов щодо відбору дослідних проб (табл. 2.10).

Характеристика уточненого геологічного розрізу проекрованої ділянки робіт приведена в табл. 2.11.

Таблиця 2.11

**Уточнений геологічний розріз проекрованої ділянки Василівського НГКР**

Шкала глибин, м	Геолого-стратиграфічний індекс	Літологічна характеристика породи	Максимальна категорія порід		Міцність порід за методом Шрейнера, МПа
			за твердістю	за абразивністю	
1-2	prQ	Гумусований суглинок	I	I	<100
3-6	lQ	Грубопесчаний суглинок	II	II	100 - 250
7-9	alQ	Пісок середньозернистий обводнений	II	II	<100
10-13		Суглинок	III	I	100 - 250
14-19		Глина бура щільна	IV	II	250 - 500
20-22	al-dlQ	Пісок дрібнозернистий	I	I	<100
23-25		Глина щільна	IV	II	250 - 500
26-27		Суглинок щільний	IV	II	100 - 250
28-30	RQ	Глина алевритна	IV	II	250 - 500

В цілому уточнений геологічний розріз ділянки робіт можна охарактеризувати як такий, що має уразливі зони – об'єкти потрапляння шкідливих речовин промислової діяльності на Василівському НГКР, саме тому необхідно вжити заходів щодо організації пунктів моніторингу стану підземних вод та ґрунтів.

### 2.3 Розрахунок параметрів технології спорудження гідрогеологічних дослідних свердловин

В цілому рух води у гірських породах може характеризуватися постійністю в часі. У зв'язку з цим виділяють сталий і несталий його види [15]. За умо-

вами дренажування і специфікою напрямку руху води розрізняють потоки плоскі та радіальні. Плоский потік може мати місце в міжріччях; поміж паралельно розташованими річкою і дренажем; у випадку дренажування ґрунтових вод субгоризонтальними гірничими виробками (канавами, штольнями). У радіальному потоці гідроізогіпси мають вигляд системи кривих ліній, а лінії току – радіусів. Наочним прикладом радіального потоку може бути приплив води до свердловини під час інтенсивного водовідбору. Радіальний потік може розходитись (наприклад, біля закруту річки), а також сходиться (до водозабору). У потоці, що розходиться, ширина його в напрямку руху збільшується, а у потоці, що сходиться, навпаки, зменшується.

Під режимом підземних вод розуміють зміни рівнів і напору, витрат, хімічного і газового складу, температури та інших якісних і кількісних показників параметрів підземних вод. У відповідності з цим може йти мова про рівневий, температурний, сольовий режими тощо. Основними факторами, які зумовлюють режим підземних вод, є: геологічна будова, яка визначає літологічний склад водоносного горизонту, умови його залягання, живлення і дренажу; геоморфологічні особливості, а також клімат; біосферний та антропогенний вплив.

Всі перераховані фактори діють повсюди, але роль кожного з них на різних територіях є неоднаковою [16].

Природний режим підземних вод часто не відповідає потребам господарської діяльності, що викликає необхідність зміни його в той чи інший бік. У зоні надлишкового зволоження головні зусилля направлені на зниження рівня ґрунтових вод. У зоні недостатнього зволоження, зусилля з регулювання підземних вод направлені на утримання рівня ґрунтових вод на певній глибині від поверхні.

Режим підземних вод залежить від впливу природних та господарських факторів. До природних належать кліматичні (температура, кількість опадів, об'єми випаровування тощо), гідрологічні (коливання рівнів річок, озер та боліт, морські припливи та відпливи), біологічні (транспірація), геологічні (су-

часні сейсмічні явища) та інші фактори. Господарські фактори проявляються у штучному зрошенні і осушенні земель, видобуванні підземних вод, будівництві водосховищ, штучному поповненні запасів підземних вод, поверненні пластових вод при нафтогазовидобуванні, впливі шахтних вод тощо [33].

Режими підземних вод, які визначаються лише природними факторами, називаються природними, а режими, які обумовлені одночасно природними та господарськими факторами, називають порушеними. Порушені режими підземних вод мають місце під час будівництва водосховищ, на зрошуваних та осушуваних площах, у районах водозабірних свердловин, на площах штучного поповнення підземних вод, в районах вугільних шахт, промислових кар'єрів, на забудованих площах тощо [15].

Єдино можливим ефективним способом моніторингу стану підземних пластових вод є спорудження спеціальних гідрогеологічних свердловин та відбір і вивчення зразків рідини з них [34]. Саме тому на проектованій ділянці робіт передбачається спорудження чотирьох гідрогеологічних дослідних свердловин, завданням яких буде вивчення стану експлуатованих водоносних горизонтів.

В районі промислової ділянки Василівського НГКР виділяються такі водоносні горизонти: водоносний горизонт сучасних алювіальних відкладів; водоносний комплекс в алювіальних відкладах нижнього-середнього неоплейстоцену і відкладах середнього неоплейстоцену; водоносний комплекс у відкладах канівського та бучацького регіоjarусів палеогену; водоносний горизонт у відкладах альбського ярусу нижньої крейди; водоносний горизонт у відкладах байоського ярусу середньої юри.

Для промислово-господарського водопостачання в районі ділянки проєктованих робіт використовують води алювіального водоносного горизонту. За гідрогеологічним визначенням [15] даний водоносний горизонт відноситься до незахищених від забруднення з поверхні землі. Водоносний комплекс в алювіальних відкладах нижнього-середнього неоплейстоцену і відкладах середнього неоплейстоцену має широке розповсюдження. Глибина залягання водоносного

комплексу змінюється від 1,5 до 10 - 12,0 м і, в середньому, складає 2 - 5 м на першій терасі, на другій і третій - 1 - 4 м, на четвертій - 20 - 25 м. Водовмісні породи представлені алювіальними пісками. Потужність їх змінюється від 10 - 12 м до 40 - 50 м. Дебіти свердловин комплексу змінюються від 1 - 2 л/с до 13 - 18 л/с. За хімічним складом підземні води гідрокарбонатні кальцієво-магнієві, або магнієво-кальцієві з мінералізацією 0,2 - 0,8 г/л. Води помірно жорсткі та жорсткі з показником жорсткості 0,003 - 0,015 моль/л, слабо лужні або нейтральні і, в рідких окремих випадках, слабо кислі з показником рН 6,4 - 8,4. Підстелений водоносний комплекс піщано-глинистими відкладами палеогену.

Стисло проектний геологічний розріз можна охарактеризувати так: категорія порід за буримістю - I - VI (м'які та середні гірські породи). Водоносний горизонт потужний (14 м), складений дрібнозернистим піском.

1. Тип водоприймальної частини свердловини залежить від характеру порід водоносного горизонту. Оскільки водоносний горизонт складний дрібнозернистим піском II - III категорії за буримістю, то приймаємо фільтрову водоприймальну частину. Відповідно до рекомендацій СНтаП II - 31-74 з вибору фільтрів приймаємо трубчастий фільтр з дротяною обмоткою і одношаровим піщано-гравійним обсіпанням (гравійний фільтр) [35].

2. Діаметр фільтру визначається за формулою

$$d_{\phi} = (d_k + 2 \cdot \delta_{II} + 2 \cdot \delta_{OB}) + 2 \cdot \delta \text{ мм}, \quad (2.4)$$

де  $d_k$  - діаметр каркаса, за ДСТ на обсадні труби [36], приймаємо  $d_k = 114$  мм – це забезпечить можливість спуску вимірювальних приладів у фільтрову колону та виконання ремонтно-відновних робіт;  $\delta$  - мінімальна рекомендована товщина гравійного обсіпання;  $\delta_{II}$  - діаметр підкладних прутків;  $\delta_{OB}$  - діаметр дротяної обмотки.

$$d_{\phi} = (114 + 2 \cdot 6 + 2 \cdot 2) + 2 \cdot 50 = 230 \text{ мм}.$$

Відповідно до ДСТ на лопатеві долота приймаємо  $d_{\phi} = 243$  мм [37].

Підпір обсіпання при обладнанні гравійного фільтру є одним з найбільш відповідальних етапів в комплексі робіт, пов'язаних з проектуванням, спорудженням і експлуатацією гідрогеологічних (у т. ч. і дослідних) свердловин. Як

гравійне обсіпання належить застосовувати піщано-гравійну суміш. Підбір розмірів часток матеріалу для гравійного обсіпання здійснюють по співвідношенню:  $D_{50} / d_{50} = 8 - 12$ . Таким чином, для дрібнозернистого піску з переважаючою великою часток від 0,25 до 0,5 мм (більше 50% по масі) розмір часток гравійного обсіпання дорівнює від 2 - 4 до 3 - 6 мм.

3. Спосіб буріння гідрогеологічної дослідної свердловини – роторний з прямим промиванням. При роторному бурінні обертання долота передається через колону бурильних труб (порожнистий вал) від ротора, що встановлений на гирло свердловини. Ротор використовується і для утримання на вазі колони бурильних і обсадних труб при їх спуску, підвісці, відгвинчуванні.

4. Проектування конструкцій дослідної гідрогеологічної свердловини на воду ведеться за наступною методикою [38]. Приймаємо діаметр водоприймальної частини свердловини:  $d_{BЧ} = 243$  мм, оскільки при установці гравійного фільтру його діаметр дорівнює діаметру водоприймальної частини свердловини. Уточнюємо діаметр долота для буріння водоприймальної частини за ДСТ на долота:  $d_{BЧ} = 243$  мм.

Внутрішній діаметр експлуатаційної колони:

$$d_{ЕК} = d_{BЧ}^B + 6 = 243 + 6 = 249 \text{ мм.} \quad (2.5)$$

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

$$d_{ЕК}^{BH} = 259 \text{ мм.}$$

$$d_{ЕК}^{3H} = 273 \text{ мм.}$$

Діаметр долота для буріння під експлуатаційну колону:

$$d_{ЕК}^{\partial} = d_{ЕК}^M + 2\delta, \quad (2.6)$$

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

$$d_{ЕК}^{\partial} = 299 + 2 \cdot 20 = 339 \text{ мм.}$$





На інтервалі 0 - 50 м:  $d_{\delta m} = 0,45 \cdot 0,3492 = 0,157$  м; приймаємо  $d_{\delta m} = 168$  мм (оскільки це максимально можливий з тих, що випускаються).

На інтервалі 50 - 64 м:  $d_{\delta m} = 0,45 \cdot 0,243 = 0,11$  м; приймаємо  $d_{\delta m} = 114$  мм.

#### 6. Діаметр обважених бурильних труб (ОБТ):

На інтервалі 0 - 50 м:  $d_{обт} = 0,75 \cdot d_{\delta} = 0,75 \cdot 0,3492 = 0,262$  м; приймаємо ОБТ з діаметром - 273 мм (ОБТ С1 - 273, з вагою 1 м - 397,9 даН).

На інтервалі 50 - 64 м:  $d_{обт} = 0,75 \cdot d_{\delta} = 0,75 \cdot 0,243 = 0,182$  м; приймаємо ОБТ з діаметром - 0,203 м (ОБТ С2 - 203, з вагою 1 м - 214,6 даН).

7. Вибір типорозмірів породоруйнівного інструменту здійснюється залежно від властивостей гірських порід і діаметрів буріння по проектній конструкції свердловини з урахуванням існуючої номенклатури інструменту по діючих ДСТ і галузевих нормалях.

За матеріалами [37] приймаємо наступні долота:

- для буріння під направляючу трубу - 45Д490С;
- для буріння під експлуатаційну колону - Ш 349,2М-ЦВ і Ш 349,2С-ЦВ;
- для буріння водоприймальної частини свердловини - ЗЛ- 243.

#### 8. Розробка параметрів технології буріння.

Забурювання свердловини здійснюється долотом діаметром 490 мм до глибини 6 м. Після чого, отриманий інтервал обсаджується трубами діаметром 426 мм з повною цементациєю затрубного простору. Буріння по непродуктивних товщах в інтервалі 6 - 50 м ведеться долотами діаметром 349,2 мм з наступною установкою експлуатаційної колони діаметром 273 мм і з повною цементациєю затрубного простору. Подальше буріння ведеться по водоносній породі долотом діаметром 243 мм до проектної глибини 64 м.

Осьове навантаження при забурюванні свердловини створюватиметься лише власною вагою бурового снаряда. Частота обертання приймається з діапазону мінімальних значень:  $n = 60$  об/хв. Подача промивальної рідини при забурюванні, для попередження інтенсивного руйнування пригирлової частини свердловини, приймається з діапазону мінімальних значень:  $Q = 105$  л/хв.

Осьове навантаження створюватиметься ОБТ діаметром 245 мм з вагою одного метра труби  $q_1 = 232$  даН, тоді довжина необхідного комплексу ОБТ,  $L_{ОБТ}$  (м) складатиме:

$$L_{ОБТ} = \frac{P \cdot k}{q_1 \cdot \left(1 - \frac{\rho_p}{\rho_m}\right)}, \quad (2.9)$$

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

Осьове навантаження на інтервалі залягання порід I - IV категорій за буримістю

$$P_{oc} = p \cdot D = 150 \cdot 34,92 = 5238 \text{ даН}, \quad (2.10)$$

де  $p$  - питоме осьове навантаження [35],  $D$  - діаметр долота, см. При глибині буріння менше за 100 м осьове навантаження слід зменшити в 2 рази; приймаємо  $P = 2600$  даН.

$$L_{ОБТ} = \frac{2600 \cdot 1,25}{397,9 \cdot \left(1 - \frac{1,2}{7,85}\right)} = 9,6 \text{ м},$$

з урахуванням довжини труб приймаємо  $L_{ОБТ} = 9$  м.

Осьове навантаження на інтервалі залягання порід VI категорії за буримістю:

$$P_{oc} = p \cdot D = 250 \cdot 34,92 = 8730 \text{ даН},$$

При глибині буріння менше за 100 м осьове навантаження слід зменшити в 2 рази; приймаємо  $P = 4300$  даН.

$$L_{ОБТ} = \frac{4300 \cdot 1,25}{397,9 \cdot \left(1 - \frac{1,2}{7,85}\right)} = 15,6 \text{ м},$$

з урахуванням довжини труб приймаємо  $L_{ОБТ} = 18$  м.

Частота обертання породоруйнівного інструмента. Відповідно до технічної характеристики установки приймаємо  $n = 60; 140$  об/хв.

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

$$Q = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot v_n, \quad (2.11)$$

$D$  - найбільший діаметр свердловини або обсадних труб (зазвичай на гирлі), м;  
 $d$  - зовнішній діаметр бурильних труб, м;  $v_n$  - швидкість висхідного потоку, м/с  
(приймаємо  $v_n = 0,4$  м/с [31].

Отримані і уточнені значення параметрів режиму буріння свердловини зводимо до табл. 2.12.

Таблиця 2.12

Параметри режиму буріння дослідної гідрогеологічної свердловини на проєктованій ділянці Василівського НГКР

Тип породоруйні- вного інструмен- ту	Значення параметрів			Примітка
	$P_{oc}$ , даН	$n$ , об/хв	$Q$ , л/хв	
45Д490С	вага бу- рового снаряда	60	105	При забурюванні осьове наванта- ження підтримувати на мінімально- му рівні з помірною подачею про- мивальної рідини і частотою обер- тання
ІІІ 349,2М-ЦВ ІІІ 349,2С-ЦВ	2600	60; 140	180	-
3Л- 243	4300	140	180	-

9. Розрахунок цементування виконується за схемою, що представлена на рис. 2.5.

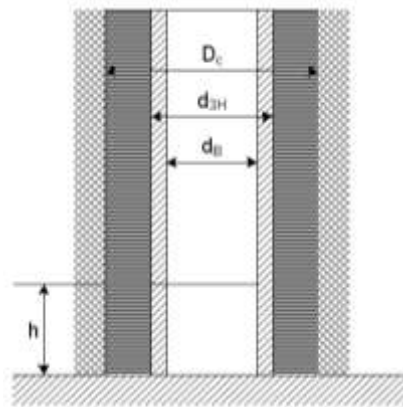


Рисунок 2.5. Розрахункова схема цементування дослідної свердловини

Густина цементного розчину, кг/м<sup>3</sup>:

$$\rho_{цр} = \rho_{ц} \cdot \rho_{в} \cdot (1 + m) \cdot (\rho_{в} + m \cdot \rho_{ц}), \quad (2.12)$$

де  $\rho_v$  - густина води;  $\rho_u$  - щільність цементу;  $m$  - водоцементне відношення;

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

$$q_u = \frac{\rho_{up}}{(1+m)} \cdot \quad (2.13)$$

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

$$V_{up} = 0,785 \cdot [(K_1 \cdot D_c^2 - D^2) \cdot h_u + d^2 \cdot h], \quad (2.14)$$

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

Необхідна кількість сухого цементу, т:

$$Q_u = K_u \cdot q_u \cdot V_{up}, \quad (2.15)$$

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

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

$$V_B = \frac{m \cdot Q_u}{K_v \cdot \rho_v}, \quad (2.16)$$

де  $K_v$  - коефіцієнт, що враховує втрати води.

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

$$V_{pp} = 0,785 \cdot K_2 \cdot d^2 \cdot (L - h), \quad (2.17)$$

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

Для закачування цементного розчину будуть застосовані насоси, що входять до складу бурової установки УРБ-2А2Д.

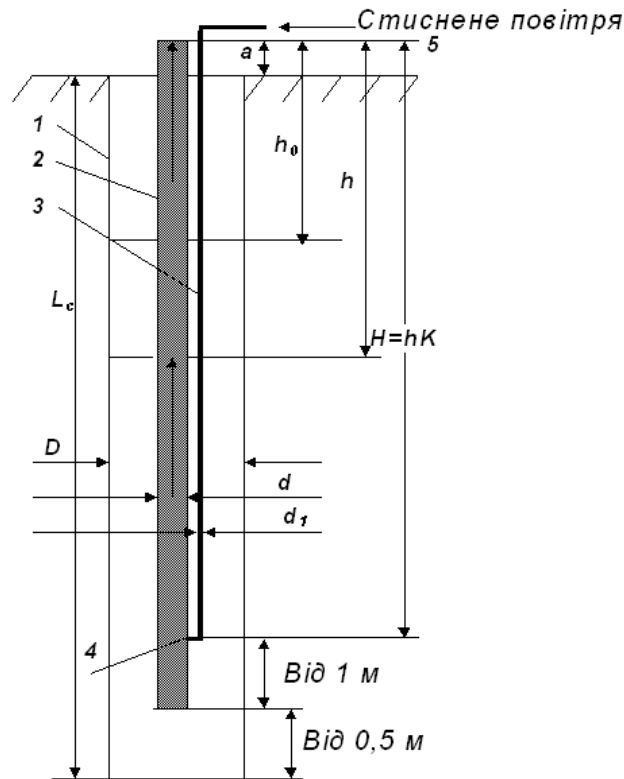
Основні розрахункові параметри процесу цементування експлуатаційної обсадної колони дослідної гідрогеологічної свердловини, зведено до табл. 2.13.

**Таблиця 2.13**

**Параметри режиму цементування дослідної гідрогеологічної свердловини**

Густина цементного розчину, кг/м <sup>3</sup>	Об'єм цементного розчину, м <sup>3</sup>	Питома витрата цементу, кг/м <sup>3</sup>	Необхідна кількість сухого цементу, т	Необхідна кількість води, т	Об'єм протискувальної рідини, м <sup>3</sup>
1830	3,12	1220	4	1,82	2,46

10. Визначення параметрів ерліфтного водопониження дослідної гідрологічної свердловини, що передує дослідно-фільтраційним роботам, ведуть за наступною методикою (рис. 2.6).



**Рисунок 2.6. Розрахункова схема ерліфтного водопониження: 1 – експлуатаційна колона обсадних труб; 2 - водопідіймальна труба; 3 - повітропровідна труба; 4 - змішувач; 5 - рівень виливу**

Глибина занурення  $H$  змішувача:

$$H = h \cdot k, \quad (2.18)$$

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

Визначення питомої витрати повітря:

$$v_0 = \frac{h}{c \cdot \lg \frac{h \cdot (k - 1) + 10}{10}}, \quad (2.19)$$

де  $c$  - дослідний коефіцієнт, приймаємо.

Повна витрата повітря:

$$W = \frac{Q \cdot v_0}{60}, \quad (2.20)$$

де  $Q$  - дебіт.

Пусковий тиск повітря:

$$p_0 = 0,01 \cdot (k \cdot h - h_0 + 2), \quad (2.21)$$

де  $h_0$  - глибина статичного рівня води.

Робочий тиск повітря:

$$p = 0,01 \cdot [h \cdot (k - 1) + 5], \text{ МПа.} \quad (2.22)$$

Внутрішній діаметр водопідіймальної труби:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \omega_2}{\pi}}, \text{ м.} \quad (2.23)$$

Продуктивність компресора:

$$W_k = 1,2 \cdot W, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (2.24)$$

Робочий тиск компресора:

$$p_k = p + 0,05, \text{ МПа.} \quad (2.25)$$

Розрахункова і дійсна потужність на валу компресора:

$$N_k = N_0 \cdot p_k \cdot W_k, \quad (2.26)$$

де  $N_0$  - питома потужність;

$$N_d = 1,1 \cdot N_k \text{ кВт.} \quad (2.27)$$

Коефіцієнт корисної дії установки:

$$\eta = 1000 \frac{Q \cdot h}{1,36 \cdot N_d \cdot 75}. \quad (2.28)$$

Розрахункові і уточнені дані параметрів ерліфтного водопониження зведені до табл. 2.14.

**Таблиця 2.14**

**Параметри ерліфтного водопониження дослідної гідрогеологічної свердловини**

Показник	Значення
Глибина занурення змішувача, м	46
Питома витрата повітря м <sup>3</sup> на один м <sup>3</sup> піднятої води	12,8
Робочий тиск компресора, МПа	0,24
Зовнішній діаметр водопідіймальних труб, мм	102
Діаметр повітропровідних труб, мм	33,5
Продуктивність компресора, м <sup>3</sup> /хв	3,2
Коефіцієнт корисної дії установки, %	12

За підрахованими значеннями робочого тиску компресора та витрати стисненого повітря, приймаємо компресор КОЕ - 5М (табл. 2.15) [38].

Таблиця 2.15

## Технічна характеристика пересувного компресору КОЕ - 5М

Тип компресору	Подача, м <sup>3</sup> /хв	Робочий тиск, МПа	Потужність на валу компресора, кВт	Тип приводного двигуна
КОЕ - 5М	5	0,8	34	електричний

У додатку Б наведено розроблену спеціальну інженерну прикладну програму розрахунку параметрів ерліфтного водопониження дослідної гідрогеологічної свердловини.

#### 2.4 Складання регламенту проведення заходів з інженерної підготовки території

Оскільки територія промислової ділянки Василівського НГКР розташована на ґрунтах, що не володіють достатньою здатністю до несення навантажень, необхідне проведення комплексних заходів з покращення якостей ґрунтового масиву; останнє буде досягнуто шляхом влаштування в масиві більш міцніших елементів, які працюватимуть з ґрунтом [39].

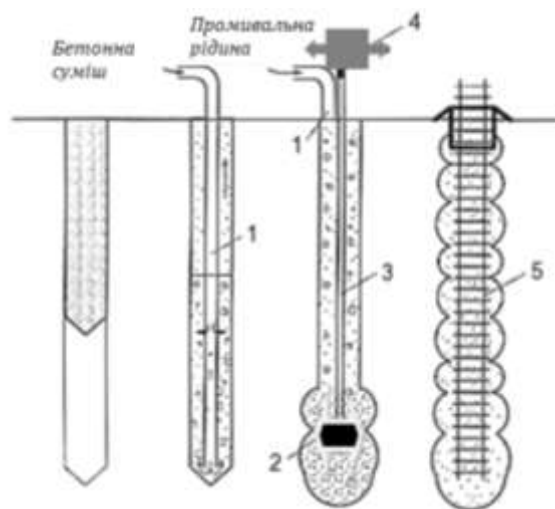
Враховуючи достатньо високий ступінь щільності розташування промислового обладнання і забудов на проектованій ділянці та складність інженерно-геологічних умов, приймаємо за спосіб зміцнення ґрунтів його армування. Армування масивів ґрунту засноване на взаємодії ущільнених та закріплених масивів, а також елементів підвищеної жорсткості з оточуючим ґрунтом. Досягнення необхідних якостей відбувається за рахунок введення в товщу ґрунту елементів підвищеної міцності, які добре працюють на стиснення або розтяг та мають високе зчеплення і тертя з оточуючим ґрунтом. В залежності від фізико-механічних характеристик ґрунтів та задач, які вирішуються при армуванні, вибирають характер розташування армувальних елементів та технологія їх використання. Основними задачами армування є зміцнення та підвищення стійкості



ґрунтів. Технологія виконання армування, в основному, залежить від геологічних параметрів та особливостей напластувань ґрунтів; армування знаходить застосування в структурно нестійких ґрунтах; армування товщ ґрунтів з метою підвищення їх міцності та несучої здатності повинно виконуватись виходячи з умови забезпечення сумісної роботи ґрунту та армуючих елементів. Для більш повного використання несучої здатності матеріалів доцільно застосовувати армуючі елементи з міцністю, яка зменшується від центру до краю.

Армування товщ ґрунтів може бути виконане, серед іншого, за технологією встановлення спеціальних набивних паль, перевагою яких, у відношенні до виробничих умов промислової ділянки Василівського НГКР, є максимальний ступінь локалізації виконання робіт з облаштування армування та відсутність механічного впливу на оточуючі об'єкти [40].

Технологія виготовлення набивних паль залежить від геологічних і гідрогеологічних умов (рис. 2.7). Характерною особливістю технології створення набивних паль є попереднє буріння свердловин до заданої відмітки і наступне формування стовбура палі. Застосовують такі способи облаштування паль: без спеціальних заходів з кріплення стінок свердловини; із забезпеченням стійкості стінок свердловини від обвалення надлишковим тиском глинистого розчину або води; з кріпленням стінок свердловини невитягуваними обсадними трубами.



**Рисунок 2.7. Схема свердловинного облаштування набивних паль: 1 – подавальні труби; 2 - розширювач; 3 – бурильні труби; 4 - обертач; 5 – армувальний каркас**

Залежно від матеріалу, конструкції і способів виготовлення розрізняють наступні види набивних паль: за матеріалом – бетонні, залізобетонні, піщані, ґрунтові, комбіновані із застосуванням металевих, азбоцементних і синтетичних оболонок, збірного залізобетону; за глибиною встановлення – короткі (до 6 м) і довгі (більше 6 м); від розташування паль в плані – поодинокі, кущі паль, смуги і поля; за способом закладення – з вільним верхнім кінцем і закладенням останнього в бетон; по відношенню осі до горизонтальної площини – вертикальні і похилі; за горизонтальним перерізом стовбура – круглі суцільні і кільцеві; за вертикальним перерізом стовбура – циліндричні, гофровані, конічні, з розширеною п'ятою; за характером роботи в ґрунті - висячі, палі-стійки і анкерні.

На практиці набули поширення такі основні способи утворення свердловин під набивні палі для наступного заповнення їх бетоном: буріння або пробивка ґрунту. За першим способом, залежно від властивостей ґрунту, свердловини бурять без зміцнення стінок (сухий спосіб) або із зміцненням їх глинистим розчином, а також під захистом обсадних труб. За другим способом свердловини пробивають сердечниками або трубами з глухим нижнім кінцем, трубами з башмаком, що втрачається, або трубами-оболонками з глухими нижніми кінцями, які залишаються в ґрунті.

Сухий спосіб облаштування, застосовуваний в стійких ґрунтах, що можуть тримати стінки свердловини, полягає в наступному: методами обертального буріння (шнекова колона або ковшовий бур) в ґрунті розбурюють свердловину необхідного діаметру і на задану глибину. Після досягнення проектної відмітки, в необхідних випадках, нижню частину свердловини розширюють за допомогою спеціальних розширювачів, що закріплені на буровій штанзі і входять в комплект бурового верстата. У свердловинах без розширень забою допускається ущільнення основи втрамбуванням шару щебеню або жорсткого бетону завтовшки 15 - 20 см за допомогою балансира, долота або віброштампу. При цьому стінки свердловини мають бути закріплені інвентарною обсадною трубою [41].

Спосіб облаштування паль під захистом глинистого розчину доцільно за-

стосовувати при проходці свердловин у водонасичених нестійких ґрунтах (глинисті, м'якопластичної і течійнопластичної консистенції) та таких, що обсипаються або опливають в незакріплених свердловинах [42].

Підготовка до облаштування палей включає також роботи з організації глинистого господарства; останнє складається з глиномішалки для приготування розчину, грязьового насоса, зумпфів для чистого і відпрацьованого глинистого розчину і системи траншей для скидання розчину, в яку він поступає через жолоба. Зумпфи слід розміщувати за контурами виробничої ділянки. Інакше їх доводиться переносити в процесі здійснення робіт. Необхідно також передбачати транспортні засоби для вивезення відпрацьованого розчину і місце його скидання.

Буріння свердловин і розбурювання розширень із застосуванням води замість глинистого розчину допускається в зв'язних ґрунтах (суглинках і глинах) тільки у тому випадку, якщо достатня стійкість стінок свердловини і технологічність зведення розширень встановлені попередніми роботами з облаштування палей і обумовлені проектом виконання робіт.

Таблиця 2.16

**Компонентний склад спеціальних бурових глинистих розчинів, що відповідають геологічним умовам проектованої ділянки Василівського НГКР**

Назва розчину	Компонентний склад
Нормальний	До 24% бентоніту + вода; до 30% глини інших категорій + вода
Покращений	Нормальний глинистий розчин + 10 - 20% рідкого ВЛР
Інгібований	Нормальний глинистий розчин + 1 - 2% інгібітору ( $\text{CaCl}_2$ ) + 0,1 - 0,2% регулятора лужності ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) + 5 - 10% стабілізатора КССБ
Малоглинисті розчини	До 8% бентоніту + 1) 0,5 - 1% ПАА; 2) 0,5 - 1% гідролізованого ПАА; 3) 0,5 - 1% М - 14; 4) 0,1 - 0,5 біополімеру БП-1
Обважені глинисті розчини	Нормальний глинистий розчин + 1) 25 - 70% баритового концентрату; 2) 30 - 50% крейди, вапняку + 5 - 8% ВЛР + 2 - 4% окзилу + 2 - 3% ФХЛС
Розчини на основі вибурених порід	Вода + 2 - 5% твердої фази, представленої вибуреними породами + 0,5 - 2% ПАР, що сприяють диспергуванню твердої фази + стабілізатори: 1 - 2% бентоніту, 0,5 - 2% рідкого скла
Примітки: ВЛР – вуглелужний реагент; КССБ – конденсована сульфід-спиртова барда; ПАА – поліакриламід; ФХЛС – ферохромлігносульфонат; М – спеціальний полімерний реагент; ПАР – поверхнево-активна речовина	

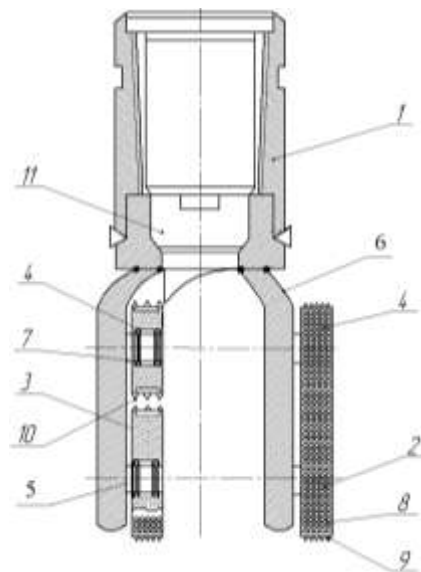
Склад глинистого розчину задається проектом і підбирається в лабораторних умовах, залежно від характеристики ґрунтів і вживаної глини. Глинистий розчин готують з бентоніту або місцевих глин. Рівень глинистого розчину у свердловині незалежно від способу буріння повинен перевищувати рівень ґрунтових вод не менше чим на 1 м за наявності обсадної труби, за відсутності обсадження - має бути не нижче за гирло свердловини.

В табл. 2.16 представлено композиції глинистих розчинів, розроблених для умов ділянки проєктованих робіт, що забезпечують стійкість стінок свердловини в осадових товщах.

Після розбурювання розширення свердловини промивають тим самим глинистим розчином, до повного винесення бурового шламу, але не менше 10 ніж хв.

Буріння свердловин під глинистим розчином можливе також за застосування верстатів ударно-канатного або обертально-всмоктуючого буріння; для розбурювання розширення робочий орган замінюють розширювачем спеціальної конструкції.

Оскільки геологічні умови ділянки проєктованих робіт допускають спорудження свердловин без використання глинистого розчину, пропонується наступна схема спорудження свердловин при застосуванні спеціального породоруйнівного інструменту (рис. 2.8) [43].



**Рисунок 2.8.** Схема спеціального породоруйнівного інструменту

Спеціальний породоруйнівний інструмент, схема якого приведена на рис. 2.8, містить: 1 – корпус, 2 – свердловиноформувальні породоруйнівні диски; 3 – керноформувальні породоруйнівні диски, зірочки – 4 закріплені нерухомо в цапфах 5 лап інструменту 6 за допомогою дворядних підшипників кочіння 7 зі змогою обертання. Ланцюги 8 оснащені породоруйнівними зубками 9 та кінематично пов'язані із породоруйнівними дисками 2 і 3, які також мають на своїй поверхні породоруйнівні зубки 10, і зірочками 4.

Породоруйнівний інструмент працює наступними чином: при постановці його на забій та обертанні навколо осі свердловини ланцюги 8, оснащені породоруйнівними зубками 9 і свердловиноформувальні 2 та керноформувальні 3 диски обробляють центральну і бокові зони кільцевого забою відповідно.

В центральній осевій частині свердловини формується керн, який поступає до керноприймальної частини 11. Обертання ланцюгів 8 та породоруйнівних дисків 2 і 3, обумовлено впливом сил реакції забою та стінок свердловини.

Збільшення контактної площі руйнівних елементів 2, 3, 8 сприяє встановленню ефективних умов ущільнення стінок свердловини за рахунок втрамбування в них зруйнованої породи (грунту). Транспортування керну на поверхню можливе за умов застосування шнекових бурильних труб із порожнистим внутрішнім каналом [27].

У табл. 2.17 представлено техніко-технологічний регламент спорудження свердловин під облаштування набивних паль.

**Таблиця 2.17**

**Параметри режиму спорудження свердловин під облаштування набивних паль**

Тип бурової установки	Породи	Тип шнекових труб	Тип породоруйнівного інструменту	Режимні параметри буріння	
				Частота обертання шнеку, хв <sup>-1</sup>	Навантаження на забій, даН
УРБ-2А2Д	Глини і суглинки	БТШ - 180	ГБ - 180	60	800
	Піски, супіски			60	600
	Щільні глини			140	1000

Забій свердловини та породоруйнівні елементи очищується та охолоджується внаслідок безпосередньої взаємодії із зруйнованою породою та втрамбування останньої у стінки свердловини.

## 2.5 Система забезпечення інженерно-геологічних і суміжних робіт

Роботи з інженерно-геологічних вишукувань виконують з метою вивчення та оцінки інженерно-геологічних умов території; прогнозування змін інженерно-геологічних умов під дією природних і техногенних факторів, визначення допустимих впливів на елементи геологічного середовища та способів досягнення потрібного стану цього середовища; оцінювання ризику життєдіяльності людини на конкретних територіях; розроблення проектів захисту територій та окремих об'єктів від несприятливих і небезпечних процесів [15].

Таблиця 2.18

### Класифікаційні категорії складності інженерно-геологічних умов

Категорія складності умов	Класифікаційні ознаки категорії складності
Прості	Наявність у межах зони взаємодії споруди і підземної гідросфери одного водоносного горизонту (комплексу), витриманого за проляганням. Фільтраційні параметри стійкі. Ознак можливого зв'язку з іншими водоносними горизонтами немає. Додаткові техногенні впливи відсутні. 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 ідентифікується за геологічними ознаками. Територія освоєна змішаною промисловою і селітебною забудовою. 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, що характеризуються нестійким літологічним складом водомістких ґрунтів, переходами один в одного. Граничні умови складні, кількість меж різного роду 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.

Підставою для складання програми виконання робіт з інженерно-геологічних вишукувань є технічне завдання, що додається до замовлення на інженерно-геологічні вишукування.

Програму виконання інженерно-геологічних вишукувань складають на основі відповідного технічного завдання, оцінки категорії складності інженерно-геологічних умов (табл. 2.18), ступеня вивченості ділянки (території) і порядку розроблення проектної документації.

За складом інженерно-геологічні вишукування є комплексними і включають види робіт, які направлені на вивчення геологічної будови, стану та властивостей ґрунтів, гідрогеологічних умов, інженерно-геологічних процесів і явищ, а також на розроблення основних видів прогнозів - пошукового і нормативного [24].

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 згідно з ДСТ 27751.

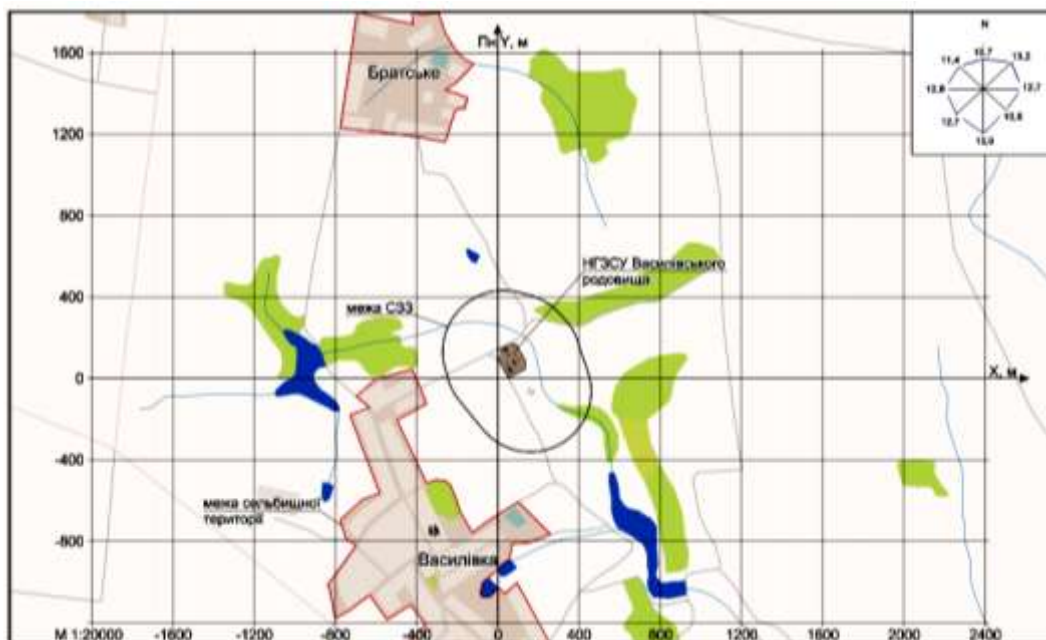
До складу комплексних інженерно-геологічних вишукувань входять такі види робіт:

- оцінка вивченості території;
- рекогносцирувальне обстеження;
- геофізичні роботи;
- бурові та гірничопрохідницькі роботи;
- геотехнічні вишукування, які включають лабораторні та польові дослідні роботи;
- гідрогеологічні вишукування;
- стаціонарні спостереження;

- вивчення інженерно-геологічних процесів і явищ;
- обробка матеріалів.

Для оцінки вивченості території виконують пошук та вивчення фондкових і архівних матеріалів, що містять відомості про структурно-тектонічні особливості території, орографію та гідрографію, геологічну будову, властивості ґрунтів, гідрогеологічні умови, інженерно-геологічні процеси та досвід будівництва, а також інші відомості, які дозволяють зробити оцінку складності інженерно-геологічних умов, ступеня їх вивченості і розробити програму подальших вишукувальних робіт [16].

Бурові та гірничопрохідницькі роботи 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.



**Рисунок 2.9. Карта-схема промислової ділянки Василівського НГКР**

Розміщення, кількість і глибину гірничих виробок (закопуш, розчисток,



канал, шурфів та дудок, свердловин) призначають виходячи з необхідності повного та достовірного відображення інженерно-геологічних умов ділянки (майданчика) будівництва залежно від складності інженерно-геологічних умов і конструктивних особливостей проєктованих ділянок (рис. 2.9).

Гірничі виробки (свердловини) розміщують по контурах і (або) осях проєктованих будівель та споруд. Крім того, у місцях різкої зміни навантажень на фундамент, глибини їх закладання, висоти споруд, а також на межах різних геоморфологічних елементів необхідно розміщувати додаткові виробки.

За необхідності вивчення сфери взаємодії проєктованих будівель і споруд з геологічним середовищем, існуючою забудовою, а також за наявності небезпечних процесів необхідно розміщувати додаткові виробки за межами контуру проєктованої будівлі (споруди).

Мінімальну кількість гірничих виробок у межах контурів кожної будівлі (споруди) і відстань між ними визначають із урахуванням раніше пройдених виробок. Для оконтурення невитриманих у плані лінз і прошарків сильно стискуваних ґрунтів або неоднорідних ґрунтів (торф, мул, елювіальні, техногенні ґрунти та ін.), при вивченні тектонічних порушень, виявленні карстових порожнеч і площин ковзання зсувних тіл, встановленні меж розвитку небезпечних геологічних процесів і явищ, а також при розміщенні виробок під окремі фундаменти (опори) допускається встановлювати відстані між виробками менше ніж 20 м.

У межах зон накопичування промислових відходів і стоків проходку додаткових гірничих виробок передбачають за необхідності уточнення результатів попередніх основних вишукувань. Глибини виробок приймають не менше 3 м нижче рівня підземних вод. Частина виробок (не менше 30 відсотків) необхідно проходити до витриманого водоупору або у всіх випадках не менше полуторної величини підпору.

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.

Діаметр буріння технічних свердловин повинен забезпечувати можливість відбору проб ґрунтів непорушеної структури та обладнання свердловин для гідрогеологічних, геофізичних і польових дослідних робіт [25, 27].

Початковий та кінцевий діаметри розвідувальних і технічних свердловин у нескельних ґрунтах призначають залежно від призначення та глибини свердловини, складу і стану ґрунтів, що проходяться, відповідно до даних табл. 2.19.

Таблиця 2.19

**Вимоги щодо конструкції розвідувальних і технічних свердловин інженерно-геологічного 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.

Кількість технічних свердловин повинна бути не менше 25% від загальної кількості свердловин, та не менше 30% для будівель і споруд підвищеного рівня відповідальності на ділянках із складними інженерно-геологічними умовами.

## 2.6 Гірничо-геологічні особливості спорудження свердловин в товщах осадових порід

Головною технологічною особливістю спорудження інженерно-геологічних свердловин є їх розташування, в переважній більшості випадків, в товщах осадових порід, і насамперед – глинах і глинистих різницях [15, 25]. Глини – це полімінеральні, полідисперсні, алюмосилікатні з'єднання, здатні при контакті з водою переходити в пластичний стан. Збільшення об'єму глинистої

частки за рахунок поглинання води (набрякання) є найбільш важливою властивістю глин [44].

При наявності в розрізі свердловини глинистих порід, за їхньою здатністю до набрякання визначають можливий ступінь звуження стовбура свердловини. Глини, що містять монтморилоніт, називаються бентонітовими. При набряканні вони можуть збільшуватися в об'ємі до декількох разів. Особливістю бентонітових глин є здатність утримувати між пакетами велику кількість води. Вони мають високий ступінь дисперсності і звідси - дуже велику сумарну поверхню.

Гідратація часток глини відбувається за рахунок проникнення води у міжпакетний простір й у тріщини, де вона розташовується у виді плівок, адсорбованих на твердій поверхні. Частина води протікає на площині спайності, а частина утримується на розламах. Різні обмінні комплекси можуть мати різні гідратуючі властивості. Так, при наявності іонів Na процес гідратації відбувається інтенсивно і швидко.

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 [45].

Усі катіони по різному впливають на ступінь повного набрякання глини. З цього погляду їх можна розташувати в наступний ряд: Li, Na, Ca, Mg, K, Ba, Al, Fe. По здатності впливати на набрякання бентоніту аніони солей розкладаються в наступній послідовності (табл. 2.20) [44].

**Таблиця 2.20**

**Хімічна активність аніонів солей по відношенню до глинистих порід**

ОН	Cl	SO <sub>4</sub>	(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>
100%	70%	50%	34%	29%

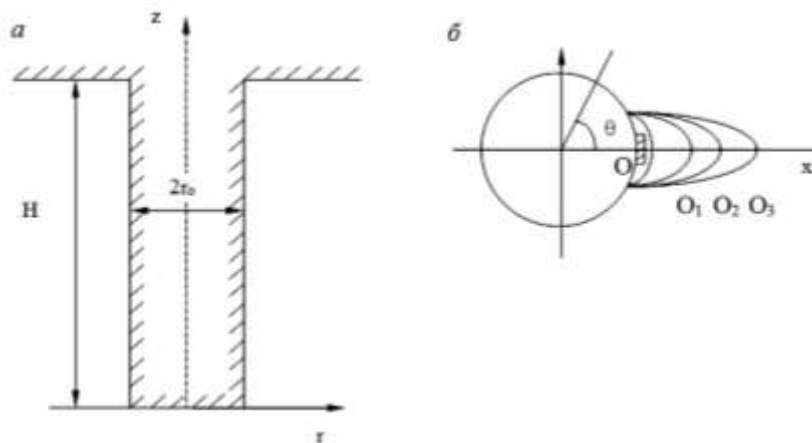
Кількість зв'язаної води залежить від величин рН середовища [46]. Зі зменшенням значення рН (нижче 8) гідратація глинистих часток зменшується. Для

того щоб гідрофільний колоїд добре адсорбувався поверхнею глинистої частки, він повинний мати однойменні з нею знак і заряд чи бути нейтральним.

При дисоціації глинистих часток у воді тільки частина катіонів залишається на глинистій частці, інша ж переходить у воду.

Накопичений досвід буріння свердловин різного призначення в цілому, та інженерно-геологічних зокрема, дозволяє виділити основні види порушень цілісності стінок свердловини.

Осипи і обвали відбуваються при проходженні ущільнених глин та глинистих різниць [47]. В результаті зволоження циркулюючою рідиною або її фільтратом знижується межа міцності порід, що веде до їх обвалення (осипів). Осипам і обвалам може сприяти набрякання. Проникнення вільної води, яка міститься у великих кількостях в розчинах, в пласти, складені глинами або глинистими сланцями, призводить до їх набрякання, випучування в стовбур свердловини і обвалення (осипання). Осипи можуть відбуватися також через механічний вплив бурильного інструменту на стінки свердловини. Осипи і обвали можуть статися також в результаті дії тектонічних сил, що обумовлюють стискування порід.



**Рисунок 2.10.** Розрахункова схема для визначення параметрів стійкості стінок свердловини: *a* – контури свердловини в масиві порід; *б* – розвиток локальної зони руйнування стінки свердловини

Для пояснення локальної нестійкості стінок запропоновано розглядати вертикальну свердловину, не захищену обсадною колоною поблизу забою на

відстані більше ста діаметрів [48]. При цьому фільтрація промивальної рідини в гірські породи не враховується. Свердловину представляють як циліндричну порожнину в земній корі з координатами  $r < r_0$ ;  $0 < z < H$  (рис. 2.10), забій свердловини (торець циліндра при  $z = 0$ ) руйнується під дією породоруйнівного інструменту.

Процес втрати стійкості стінок свердловини під впливом гірського тиску можна описати за допомогою наступних рівнянь, які є достатньо адекватною його математичною моделлю [49]. Позначивши через  $q$  вертикальний гірський тиск, а через  $\eta q$  - бічний гірський тиск (коефіцієнт бічного розпору  $\eta$  залежно від геотектонічних умов може бути як менше, так і більше одиниці) простір далеко від свердловини можна описати виразом

$$\sigma_z = -q; \sigma_r = \sigma_\theta = -\eta q \quad (q > 0), \quad (2.29)$$

де  $q = \rho g H$ ;  $g$  - прискорення сили тяжіння;  $\rho$  - середня щільність вищерозміщених гірських порід;  $H$  - відстань даної точки від поверхні Землі.

Початковий круговий контур свердловини (рис. 2.10), створений породоруйнівним інструментом, в точці  $O$  буде знаходитися під дією тривісного стискування напругою, значення якої можна вирахувати за наступними виразами

$$\sigma_z = -q; \sigma_r = -p; \sigma_\theta = p - 2\eta q, \quad (2.30)$$

де  $p$  - гідростатичний тиск рідини у свердловині, який дорівнює  $p = \rho g H$ .

Величина окружної напруги  $\sigma_\theta$  може бути отримана з рішення задачі теорії пружності для кругового отвору. Можливі два випадки при яких характер локальних руйнувань в точці  $O$  буде різним і по різному протікатиме процес каверноутворення [50]:

$$|\sigma_\theta| > |\sigma_z| > |\sigma_r|, \text{ коли } \eta < 1 - \frac{q}{p}, \quad (2.31)$$

або

$$|\sigma_z| > |\sigma_\theta| > |\sigma_r|, \text{ коли } \eta > 1 - \frac{q}{p}. \quad (2.32)$$

Критерій локального руйнування може бути представлений у вигляді поверхні  $f(\sigma_z, \sigma_r, \sigma_\theta) = 0$ , що охоплює початок координат в просторі  $\sigma_z, \sigma_r, \sigma_\theta$ . В

області стискуючої напруги  $\sigma_z < 0, \sigma_r < 0, \sigma_\theta < 0$  при  $|\sigma_z| > |\sigma_r|, |\sigma_\theta| > |\sigma_r|$  ця поверхня може бути описана так [49]

$$\sigma_\theta = -\sigma_c + \delta \sigma_z + \sigma_r, \text{ за умови } |\sigma_\theta| > |\sigma_z| > |\sigma_r|, \quad (2.33)$$

або

$$\sigma_z = -\sigma_c + \delta \sigma_\theta + \sigma_r, \text{ за умови } |\sigma_z| > |\sigma_\theta| > |\sigma_r|; \quad (2.34)$$

де  $\delta$  і  $\sigma_c$  - емпіричні константи, підібрані так, щоб краще описати експериментальні дані в досліджуваному діапазоні напруги.

Підставляючи (2.30) в (2.33) та (2.34) знайдемо наступну умову локального руйнування в точці  $O$

$$2\eta - 1 \bar{q} = \sigma_c + p(1 + \delta), \text{ за умови } 2\eta q > q > p, \quad (2.35)$$

або

$$q - 2\delta\eta \bar{q} = \sigma_c, \text{ за умови } 2\eta - 1 \bar{q} < p < \eta q. \quad (2.36)$$

При  $2\eta - 1 \bar{q} > p$  зрушення в точці  $O$  стінки свердловини у момент локального руйнування відбуватиметься уздовж площини паралельної осі  $z$ , а при  $2\eta - 1 \bar{q} < p$  - уздовж площини, похилої до осі  $z$  під деяким кутом і паралельно дотичній до кола контура свердловини в точці  $O$ .

Для розробки надійних і доступних методів підтримки стійкості стовбура свердловини необхідно враховувати фізико-хімічні процеси, що протікають при взаємодії промивальної рідини з породами, які складають стінки свердловини [44]. До осипів і обвалів схильні в основному глинисті і глинувміщуючі породи, здатні до набрякання і мимовільного диспергування при контакті з водою або фільтратами промивальних рідин. Показники набрякання цих порід змінюються в широких межах залежно від мінералогічного складу, величини і складу обмінного комплексу, умов утворення, міри дисперсності, а також від хімічного складу середовища, температури, гідравлічного тиску і зволоженості гірських порід та ін.

Характерними ознаками осипів і обвалів є: різке підвищення тиску на викиді бурових насосів, інтенсивне винесення шматків породи, інтенсивне кавер-

ноутворення і недоходження бурильної колони до забою без промивання і опрацювання, зтягування і прихоплення бурильної колони.

Основними заходами з попередження і ліквідації осипів і обвалів є: буріння в зоні можливих осипів і обвалів з промиванням хімічно обробленим буровим розчином, що має мінімальну водовіддачу і максимально можливу високую густину; правильна організація робіт, що забезпечує високі швидкості буріння; спуск бурильної колони плавно, без різких гальмувань; недопущення значних коливань густини бурового розчину; регулювання густини бурового розчину, якщо в процесі буріння сталось її зниження; недопущення тривалого перебування бурильної колони без руху [50].

Табл. 2.21 містить рекомендації щодо вибору ефективних очисних агентів для спорудження свердловин в товщах осадових порід з метою облаштування набивних паль.

**Таблиця 2.21**

**Вказівки щодо вибору промивальних рідин при бурінні в товщах осадових порід**

Ускладнення	Типові породи	Рекомендовані промивальні рідини
Обвали, розмив	Піски	Глинясті розчини з підвищеною кількістю твердої фази, обважнені розчини
Обвали, набухання, пластична течія, розмив	Суглинки, глини, піщано-глинясті ґрунти	Інгібовані глинясті розчини
Обвали, осипи, слабе набухання, пластична течія, розмив	Сланці глинясті	Інгібовані глинясті розчини зі зниженою водовіддачею
Обвали, осипи, слабкий розмив, вивали	Сланці піщано-глинясті	Глинисті розчини, розчини на основі вибурених порід

При введенні в глинистий розчин хімічних речовин-реагентів (поверхнево-активних речовин, електролітів, захисних колоїдів), які, взаємодіючи з поверхнею дисперсної фази, змінюють будову оболонок гідратів, можна в широких межах регулювати механічні властивості і силу зчеплення глинистих часток між собою.

Таким чином, основний принцип управління властивостями глинистих розчинів зводиться до зміни товщини оболонок гідратів між частками дисперсної фази і до зміни кількості останніх в одиниці об'єму [51].

При приготуванні глинистих розчинів, а також безпосередньо на гирлі буримої свердловини, необхідно контролювати наступні основні технологічні параметри очисних агентів (табл. 2.22).

Таблиця 2.22

## Контрольовані технологічні параметри бурових промивальних розчинів

Тип промивальної рідини, розчина	Технологічні параметри розчину				
	Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Умовна в'язкість $T$ , с	Водовіддача $B$ , 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
Обважений	1600 - 1900	25 - 60	5 - 6	17 - 25	17 - 24
Розчин на основі вибурених глинистих порід	1020 - 1050	16 - 20	25 - 30	8 - 12	2,5 - 6

Підводячи висновок, необхідно зазначити наступне: існує цілком однозначний вплив геолого-технологічних умов на результати взаємодії бурового розчину із перебудурюваними осадовими породами, що в обов'язковому порядку повинно враховуватися при розробленні гідравлічної програми промивання свердловин інженерно-геологічного призначення.



### Розділ 3 Спеціальна частина роботи – проектування ефективної системи інженерно-геологічного випробування свердловин

Найголовнішою особливістю способу буріння із застосуванням подвійної бурильної колони є можливість точного геологічного прив'язування зразків порід до конкретного інтервалу глибини свердловини; зазначене обумовлене відсутністю, за вміло організованого режиму зворотної циркуляції очисного агента, переривчатості отримання геологічних проб.

Рух продуктів руйнування (керна і шламу) по внутрішньому каналу подвійної бурильної колони повністю характеризується їх абсолютною швидкістю  $V_{np}$ , яка пов'язана з середньою швидкістю потоку рідини в трубі  $\omega_0$  співвідношенням [31]:

$$V_{np} = \omega_0 - u, \quad (3.1)$$

де  $u$  - відносна швидкість керна або шламу, визначення останньої, для вказаних продуктів руйнування, відбувається за диференційованих підходів [30].

Рівняння, що визначає відносну швидкість керна в потоці рідини

$$u_k = \sqrt{\frac{\rho - \rho_p}{\rho_p} - 2gl_k \frac{(1-F)^2}{C_x K_1^2 \left(\frac{1-F}{1-\tau \cdot F}\right)^2 + F^2 + \frac{\lambda_k \cdot l_k}{d_2} + 0,5(F)^2}}, \quad (3.2)$$

де  $\rho$  – щільність продуктів руйнування, в даному випадку керна,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\rho_p$  – густина промивальної рідини,  $\text{кг/м}^3$ ;  $g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ ;  $l_k$  – довжина керна, м;  $C_x$  - коефіцієнт лобового опору тіла, залежний від форми тіла і параметра Рейнольдса;  $K_1$  - коефіцієнт нерівномірності швидкості потоку по його перерізу, залежний від параметра Рейнольдса;  $F$  – відношення площі перерізу потоку в трубі  $F_0$  до міделевої площі керна  $F_m$ ;  $\tau$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив форми тіла і обмеженість поперечного перерізу труби;  $\lambda_k$  – коефіцієнт опору по довжині керна;  $d_2$  – гідравлічний діаметр каналу, м.

Рух шламу, у внутрішньому каналі подвійної колони, описується наступним рівнянням, що визначає його відносну швидкість

$$u_{ш} = \sqrt{\frac{4g}{3C_x} d \left( \frac{\rho}{\rho_p} - 1 \right)}, \quad (3.3)$$

де  $d$  – характерний розмір транспортованої частки шламу, загалом форму останньої зводять до кулі, м.

Таким чином, розрахунок швидкості руху продуктів руйнування зводиться до рішення рівнянь (3.2) і (3.3), достатній ступінь складності яких викреслюється зі значної кількості їх вихідних параметрів та деякої невизначеності останніх.

У рівняння (3.2) входить складова  $\frac{\lambda_k \cdot l_k}{d_z}$ , що визначає величину гідравлічних опорів в кільцевому проміжку «кern - труба».

Безрозмірний коефіцієнт гідравлічного опору  $\lambda_k$ , який при промиванні свердловини ньютонівською рідиною (водою), можна розрахувати за формулою Блазіуса [32]:

$$\lambda_k = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{\text{Re}_{кп}}}, \quad (3.4)$$

де  $\text{Re}_{кп}$  – безрозмірний параметр Рейнольдса, який визначає режим течії ньютонівської рідини в кільцевому просторі:

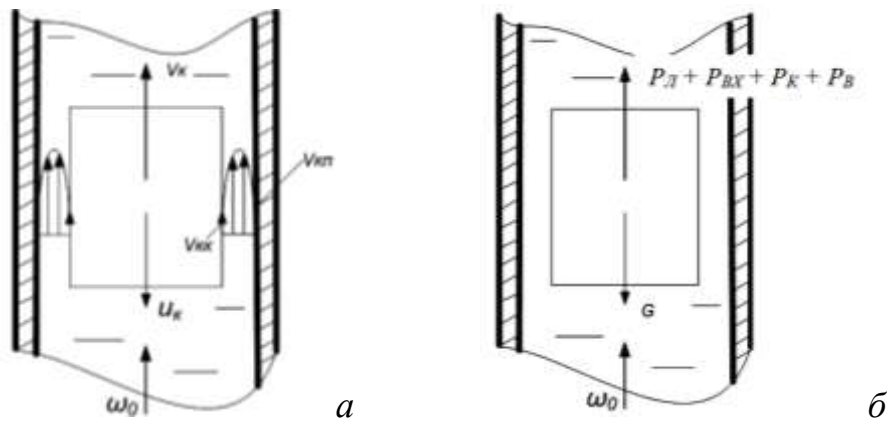
$$\text{Re}_{кп} = \frac{V_{кк} (d_z - d_k)}{\nu}, \quad (3.5)$$

де  $V_{кк}$  – швидкість потоку рідини відносно керну в кільцевому проміжку, утвореному керном та внутрішньою стінкою внутрішніх труб подвійної бурильної колони, м/с;  $\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості промивальної рідини, м/с<sup>2</sup>.

Рис. 3.1, а дає наочне уявлення про розподіл складових, визначених вище, при русі в транспортному каналі керну.

Слід підкреслити наступне: рівняння (3.2) було отримано за умови, що kern в потоці рідини під дією: сил лобового опору ( $P_L$ ), гідравлічного опору на виході потоку з кільцевого проміжку «кern - труба» ( $P_B$ ), гідравлічного опору в кільцевому проміжку між керном і трубою ( $P_K$ ), гідравлічного опору на вході потоку в кільцевий проміжок «кern - труба» ( $P_{BX}$ ) та власної ваги керна ( $G$ ),

знаходиться в стані рівноваги, тобто сума усіх діючих на kern сил дорівнює нулю та рух рідини і керна сталий (рис. 3.1, б).



**Рисунок 3.1.** Схема розподілу швидкостей (а) і сил (б) при русі керна у висхідному потоці промивальної рідини

У табл. 3.1 приведені результати розрахунку відносної швидкості керна  $u_k$  з урахуванням різних параметрів.

**Таблиця 3.1**

**Відносні швидкості керна  $u_k$  з урахуванням різних параметрів, що визначають перепад тиску на транспортування зразків породи**

Величина коефіцієнту $F$	Параметр, що враховується, в рівнянні визначення відносної швидкості керна			
	$P_L$	$P_L + P_K$	$P_L + P_K + P_B$	$P_L + P_K + P_B + P_{BK}$
0,807	0,22	0,20	0,20	0,19
0,764	0,31	0,28	0,28	0,27
0,729	0,38	0,35	0,34	0,33
0,686	0,47	0,44	0,43	0,41
0,65	0,55	0,54	0,49	0,47
0,607	0,64	0,59	0,57	0,56
0,571	0,71	0,66	0,64	0,62

Аналізуючи наведені дані, можна зробити висновок, що істотний вплив на відносну швидкість керна чинять тільки сили лобового опору і гідравлічного опору на виході потоку з кільцевого проміжку «кern - труба».

Отже, рівняння (3.2) можна представити у такому спрощеному вигляді:

$$u_k = \sqrt{\frac{\rho - \rho_p}{\rho_p} - 2gl_k} \frac{(1 - F)^2}{C_x K_1^2 \left( \frac{1 - F}{1 - \tau F} \right)^2 + F^2}. \quad (3.6)$$

Співвідношення (3.6) справедливе за умови довжина керна, що не перевищує 0,2 м, яка забезпечується конструкцією кернолому [31], проте, при бурінні глинистих різниць спостерігається активне збільшення довжини кернових проб унаслідок набрякання – це, з одного боку, ускладнює процес транспортування зразків, а з іншого, спотворює результати геологічного випробування. З огляду на зазначене, були проведені експериментально-теоретичні дослідження, за мету яких приймалося визначення закономірностей руху кернових проб у внутрішньому каналі подвійної бурильної колони при варіюванні довжини зразків. Результати вказаних досліджень проілюстровано в табл. 3.2, в якій представлено вклад визначальних складових (сили лобового опору і гідравлічного опору на виході потоку з кільцевого проміжку «кern - труба» у відносну швидкість керна  $u_k$  за різних довжин транспортованих зразків.

Таблиця 3.2

Відносна швидкість кернових зразків  $u_k$  за умов їх змінної довжини

Коефіцієнт $F$	Довжина кернових зразків $l_k$ , м										
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
0,807	0,20	0,25	0,28	0,32	0,35	0,38	0,40	0,43	0,45	0,47	0,49
	0,20	0,24	0,27	0,30	0,33	0,35	0,38	0,40	0,41	0,43	0,45
0,764	0,28	0,35	0,40	0,45	0,49	0,53	0,57	0,60	0,64	0,67	0,70
	0,28	0,34	0,38	0,42	0,46	0,49	0,52	0,55	0,57	0,59	0,61
0,729	0,35	0,43	0,50	0,55	0,61	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82	0,86
	0,34	0,41	0,47	0,52	0,56	0,60	0,64	0,67	0,70	0,72	0,75
0,686	0,44	0,54	0,62	0,69	0,76	0,82	0,88	0,93	0,98	1,03	1,07
	0,43	0,51	0,59	0,65	0,70	0,75	0,80	0,83	0,86	0,89	0,92
0,65	0,51	0,62	0,71	0,80	0,88	0,95	1,01	1,07	1,13	1,19	1,24
	0,49	0,59	0,68	0,74	0,81	0,86	0,91	0,95	0,99	1,03	1,06
0,607	0,59	0,73	0,84	0,94	1,03	1,11	1,18	1,26	1,32	1,39	1,45
	0,57	0,69	0,79	0,87	0,94	1,0	1,06	1,11	1,15	1,19	1,23
0,571	0,66	0,81	0,94	1,05	1,15	1,24	1,33	1,41	1,48	1,56	1,62
	0,64	0,78	0,88	0,97	1,05	1,12	1,18	1,24	1,29	1,33	1,38

Аналізуючи дані табл. 3.2 можна зробити такий висновок: головними чинниками, які визначають параметр  $u_k$  - відносну швидкість кернових зразків,

є  $P_D$  - сила лобового опору керна та  $P_B$  - сила гідравлічного опору на виході потоку з кільцевого проміжку «кern - труба», крім того, відносна швидкість менш інтенсивно зростає із збільшенням коефіцієнту  $F$ , а більш - із зростанням довжини керових зразків при постійному коефіцієнту  $F$ .

Тому, рівняння (3.6), для умов транспортування керових зразків змінної довжини можна представити наступним чином:

$$u_k = m \cdot \sqrt{\frac{\rho - \rho_p}{\rho_p} - 2gl_k \frac{(1-F)^2}{C_x K_1^2 \left( \frac{1-F}{1-\tau \cdot F} \right)^2 + F^2}}, \quad (3.7)$$

де  $m$  - поправочний коефіцієнт, залежний від довжини керових зразків, значення якого приведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Значення поправочного коефіцієнту  $m$ 

Довжина керових зразків $l_k$ , м					
0,2 – 0,4	0,4 – 0,7	0,7 – 0,9	0,9 – 1,0	1,0 – 1,1	1,1 – 1,2
0,96	0,92	0,9	0,88	0,87	0,86

Уточнена математична залежність (3.7) дозволяє досить точно прогнозувати швидкість винесення керових зразків та здійснювати геологічне прив'язування проб.

На підставі проведених польових досліджень також вдалось уточнити дані щодо гранулометричного складу шламу при бурінні із гідротранспортом керна (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Гранулометричний склад шламу при бурінні із застосуванням подвійної колони

Якісна характеристика порід	Категорія за буримістю	Розмір часток шламу, мм		
		мінімальний	максимальний	середній
Малої твердості	до V	1,0	3,5	2,0
Середньої твердості	до VII	0,30	2,2	1,25

Отримані дані (табл. 3.4) є базовими для розрахунку швидкісних співвідношень за рівнянням (3.3) та визначення інтервалу відбору шламових проб.

## Розділ 4. Охорона праці

Роботи з інженерно-геологічних вишукувань виконуються, як правило, за межами населених пунктів, на відкритому повітрі. Для них характерно розкиданість робіт, невелика кількість персоналу, залучення сезонних мало навчених робітників, відсутність постійного контролю за умовами праці, неможливість отримання швидкої кваліфікованої медичної допомоги у разі нещасного випадку. Ця специфіка інженерно-геологічних робіт призводить до того, що порушення вимог безпеки призводить до більш тяжких наслідків, ніж при роботі в стаціонарних умовах великого підприємства. Тому тут питанням охорони праці та профілактики травматизму необхідно приділяти більшу увагу [52].

Нормативні акти вказують на те, що 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.

ки. 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 паль 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, перекосях 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 вияв-



ленні 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'єднувати 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 опресувати 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% перевищує 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 напіваавтоматичних 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 [53].

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.

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

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

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

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

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

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

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

У разі відкачування занурюваним насосом з електроприводом забороняється: монтувати водопіднімальну колону насосу із застосування відповідних пристроїв і хомутів для труб; проводити спуск і підйом насосу при кабелі після зняття напруги; прокладати кабель до електродвигуна насосу в бік бригади, що працює, чи лебідки; кабель живлення закріплювати на водопідйомній колоні скобами, розташованими на відстані не більше 1,5 м одна від одної; пускові механізми електронавантажувальних насосів встановлювати у будках чи в приміщеннях, які зачиняються на замок.

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

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

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

## Розділ 5. Охорона навколишнього середовища

Виконання робіт з інженерно-геологічних вишукувань та подальшої розробки Василівського НГКР буде вестися у повній відповідності до вимог нормативних актів з охорони навколишнього середовища.

У відповідності до вимог вказаних законодавчих і нормативних документів під час подальшої промислової розробки Василівського родовища буде виконуватись комплекс заходів з охорони навколишнього природного середовища, у т. ч.: захисні, ресурсозберігаючі, охоронні та компенсаційні заходи [54].

Розробка родовища проводиться існуючим фондом свердловин з використанням наявного виробничого обладнання. Для забезпечення нормальної безпечної експлуатації об'єкту в подальшому передбачено наступні природоохоронні заходи.

Захисні заходи: постійний контроль за технічним станом виробничих об'єктів та додержання технологічних режимів їх роботи; проведення заміни відпрацьованих ділянок трубопроводів; застосування антикорозійного покриття, інгібіторів, катодного захисту для запобігання корозії обладнання свердловин, іншого нафтопромислового обладнання і трубопроводів; швидка ліквідація аварійних розливів пластових флюїдів; запобігання потраплянню на землю, у поверхневі і підземні води кислот, лугів, поверхнево-активних речовин, полімерних розчинів та інших хімічних реагентів, що використовуються при роботах з інтенсифікації експлуатаційних свердловин [55].

Відновлювальні заходи: дотримання технологічного режиму роботи свердловин та регламенту використання техніки і обладнання; виконання всіх регламентних робіт, пов'язаних з нормативною експлуатацією технологічного обладнання та устаткування (капітальні ремонти, поточні ремонти, повірка тощо).

Охоронні заходи: застосування закритої герметичної системи збору, промислової підготовки і транспортування продукції свердловин; застосування при проведенні ремонтних робіт на свердловинах промивного розчину з питомою вагою, що забезпечує перевищення гідростатичного тиску стовпа розчину над

пластовим тиском; заборона експлуатації свердловин з порушеною герметичністю колон, відсутністю цементного каменю у за колонному просторі, пропусками на фланцевих з'єднаннях; експлуатацію видобувних свердловин проводити у відповідності до затверджених технологічних режимів їх роботи; здійснення контролю гідроізоляції технологічних площадок, відведення виробничих та господарсько-побутових стоків у гідроізольовану ємність; організація регулярного контролю за технічним станом свердловин і трубопроводів; проведення систематичного контролю герметичності клапанів, сальників, фланців; фарбування зовнішньої поверхні обладнання; регулярний контроль вмісту забруднюючих речовин у приземному шарі атмосферного повітря та моніторинг навколишнього середовища в районі робіт [56].

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 [25, 55].

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 розповсюженості, 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 свердло-

вини 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 витокам у водоймища і водостоки забруднених промивальних рідин, нафтопродуктів, 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, рекультивация 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.



## Розділ 6 Організація та економіка бурових робіт

Побудова системи організації роботи підприємства з інженерно-геологічних вишукувань повинна бути спрямована на безумовне досягнення цілі досліджень [25]. Результати інженерно-геологічних вишукувань повинні відповідати таким критеріям якості: відповідність проведених вишукувань технічному завданню замовника; відповідність складу та змісту звіту цільовому призначенню робіт і нормативним документам; наявність посилань на використані літературні і фондові матеріали (або вказівка на їх відсутність); наявність документів про метрологічну повірку та підтвердження відповідності приладів і устаткування, які використані при вишукуваннях; кількість і розміщення гірничих виробок, точок польових дослідних робіт забезпечують одержання обґрунтованої інформації про інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови території (ділянки) вишукувань і прогнозування можливих загроз від небезпечних процесів; глибини проходки гірничих виробок, зондування, каротажу забезпечують вивчення активної зони та можливість багатоваріантного проектування основ і фундаментів; відбір проб ґрунтів порушеної та непорушеної структури забезпечує вивчення фізико-механічних властивостей шарів ґрунту і виділення інженерно-геологічних елементів; відповідність методики та технології польових і лабораторних випробувань ґрунтів нормам національних стандартів; відповідність складу й обсягу гідрогеологічних робіт категорії складності гідрогеологічних умов території; обґрунтованість пошукового та нормативного прогнозів результатами вишукувань; відповідність складу й оформлення звітної документації нормативним вимогам.

Усі способи буріння, що використовують очисні агенти, в тій чи іншій мірі характеризуються значними витратами енергії при створенні циркуляції - до 80% від сумарного енергоспоживання [31]. У найбільшій мірі сказане відноситься до гідротранспорту керна. Невідповідність циркуляційних параметрів процесу очищення гірничо-геологічним умовам буріння ведуть до того, що практично увесь період роботи насоса здійснюється в режимі перевантаження,

а це у свою чергу тягне кратне підвищення витрат енергії. Не обґрунтовано великі і енерговитрати на так зване "очікування винесення керна", які безпосередньо пов'язані з нераціональним режимом очищення. Ту ж природу мають і енерговитрати, необхідні при ходінні снаряда, здійснюваного за схемою скидання бурильної колони з деякої висоти, вироблюване виключно при самозаклинюванні керна усередині бурильної колони; сюди ж необхідно віднести і різке зменшення проходки на коронку.

Узагальнюючи дані за техніко-економічними показниками приймаємо наступні базові показники.

Робота насоса НБ 4:

- в нормальному режимі 140 кВт.

Робота насоса НБ 4:

- в режимі перевантаження 260 кВт.

Простій пов'язаний з ОВК:

- діючий 30 кВт.

- проєктований 15 кВт.

Ходіння снаряда при самозаклинюванні:

- діючий 40 кВт.

- проєктований 10 кВт.

Проходки на коронку, м:

- діюча 50.

- проєктована 100.

**Таблиця 6.1**

**Баланс витрат на 1 м буріння свердловини за існуючими прийомами і методами**

Найменування витрат	Одиниця виміру	Натуральні показники	Витрати грн.
Стираючі матеріали			
Інструмент (коронки)			
Проходка	м	50	1.4
вартість	грн.	70	
Споживання електроенергії:			
талевої системою	кВт	400	5.76
насосом НБ 4 при ОВК	кВт	300	4.32
насосом НБ 4	кВт	2600	37,44
Вартість 1 м	-	-	48,92

Таблиця 6.2

## Баланс витрат на 1 м буріння свердловини за проєктованими прийомами і методами

Найменування витрат	Одиниця виміру	Натуральні показники	Витрати грн.
Стираючі матеріали			
Інструмент (коронки)			
Проходка	м	100	0,7
вартість	грн.	70	
Споживання електроенергії :			
талевою системою	кВт	100	0,72
насосом НБ 4 при ОВК	кВт	150	1,08
насосом НБ 4	кВт	1400	10,08
Вартість 1 м	-	-	12,58

Дані приведені в табл. 6.1 і 6.2 показують, що витрати на буріння пов'язані із споживанням енергоресурсів і стираючих в проєктованому комплексі значно знижуються, а саме на 36,34 грн. або в процентному вираженні на 75%.

Ці дані свідчать про економічну обґрунтованість і доцільність застосування на етапах проєктування гідравлічної програми свердловини розробленої методики.

## Висновки

1. Створення комплексного проекту інженерно-геологічного супроводження видобувних робіт на Василівському нафтогазоконденсатному родовищі є складовою частиною плану розвитку паливно-енергетичного комплексу України, що забезпечує паливом промисловість і побутові потреби та сприяє вирішенню соціальної проблематики місцевого населення.

2. Запропоновані і технологічно обґрунтовані в проекті інженерні рішення базуються на об'єктивних даних щодо геолого-стратиграфічної будови промислової ділянки, фізико-механічних властивостей ґрунтів, гірничо-геологічних умов спорудження свердловин та гідрогеологічних особливостей режиму ґрунтових вод.

3. Розробка проекту супроводження видобутку вуглеводневої сировини сприяла вирішенню ряду важливих практичних завдань: логічна побудова виробничого циклу вишукувальних робіт на проектованій ділянці; уточнення кореляційного плану геологічної будови гірського масиву; розрахунок параметрів техніки та технології спорудження гідрогеологічних дослідних свердловин; керівні принципи системи забезпечення інженерно-геологічних і суміжних робіт.

4. Надано конкретні режимно-технологічні рекомендації щодо без аварійного спорудження свердловин в товщах осадових порід.

5. Роботу відрізняють ґрунтовність і комплексність підходів до вирішення наступних конкретних питань: прогнозування міцності і деформативності ґрунтів та підтримки зазначених показників в необхідних межах; проектування високотехнологічних заходів щодо унеможливлення негативного впливу на оточуюче середовище промислової діяльності з розробки родовищ вуглеводнів; наявність економічного і організаційного обґрунтування варіантів технічних рішень; можливість застосування результатів в якості методичного забезпечення розробки ефективних проектів виконання робіт для ділянок з однойменними гірничо-геологічними умовами.

6. Практична значимість роботи полягає у створенні методичних основ комплексного удосконалення технології інженерно-геологічних досліджень.

## Перелік посилань

1. Історія та перспективи нафтогазовидобування: навчальний посібник / Білецький В.С., Гайко Г.І., Орловський В.М. - Львів: Видавництво «Новий Світ - 2000», 2019. - 302 с.
2. Витвицька У.Я. Ресурси нафтовидобутку України і ефективність їх використання // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, 2002, № 2 (3). – С. 117 – 122.
3. Суярко В.Г. Загальна та нафтогазова геологія: навч. посібник / В.Г. Суярко, О.О. Сердюкова, В.В. Сухов. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – 212 с.
4. Мірзоян Л.Е. Концепція розвитку і складання програми впровадження сучасних технологій підвищення нафтовіддачі на родовищах ВАТ “Укрнафта”: Звіт про НДР / УкрНГІ. – Дог. 95.519.95. – К., 1995. – 190 с.
5. Нафтогазова механіка: навч. посібник / О.В. Потетенко, Н.Г. Шевченко, К.А. Миронов та ін. – Харків: НТУ ХПІ, 2013. – 160 с.
6. Бойко В.С. Розробка та експлуатація нафтових родовищ. - К.: Реал-Принт, 2004. - 695 с.
7. Геологія з основами геоморфології / О.М. Адаменко, Г.І. Рудько, О.В. Чепіжко [та ін.]. – Чернівці: Букрек, 2010. – 398 с.
8. Михайлов В.А. Горючі корисні копалини України: Підручник / В.А. Михайлов, М.В. Курило, В.Г. Омельченко та ін. – К.: «КНУ», 2009. – 376 с.
9. Маєвський Б.Й. Нафтогазоносні провінції світу / Б.Й. Маєвський, М.І. Євдошук, М.І. Лозинський. – К.: Наукова думка, 2002. – 403 с.
10. Гудзевич А.В. Регіональна фізична географія / А.В. Гудзевич. – Вінниця: Віндрук, 2005. – 464 с.
11. Корнус А.О., Удовиченко І.В., Леонтьєва Г.Г., Корнус О.Г. Географія Сумської області: природа, населення, господарство. Суми: ФОП Наталуха А.С., 2010. - 184 с.

12. Масляк П.О., Шищенко П.Г. Географія України: навч. посібник. К.: Зодіак-ЕКО, 1996. - 432 с.
13. Промисловість Сумської області (економіко-географічне дослідження) / А.О. Корнус, О.Г. Корнус; Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка. – Суми: СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2017. – 136 с.
14. Корективи технологічних показників розробки Васи́лівського нафтогазоконденсатного родовища». НДП ПАТ «Укрнафта», 2014 р. – 467 с.
15. 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.
16. Костюченко М.М. Гідрогеологія та інженерна геологія / М.М. Костюченко, В.С. Шабатин. – К.: Київ. університет, 2005. – 159 с.
17. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд.
18. 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.
19. Ивлиев Е.А. Электроосмотическое осушение и закрепление грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2008. № 6. С. 14 - 19.
20. Ганичев И.А. Устройство искусственных оснований и фундаментов. М.: Стройиздат, 1981. – 513 с.
21. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименко. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
22. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1998. - 376 с.
23. ДБН В.1.2-14-2008 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.
24. Ананьев В.П. Инженерная геология / В. П. Ананьев, А.Д. Потапов. – М.: Высшая школа, 2005. – 575 с.

25. Ребрик Б.М. Справочник по бурению инженерно-геологических скважин. – М.: Недра, 1983. – 288 с.
26. Разведочное бурение / А.Г. Калинин, О.В. Ошкордин, В.М. Питерский и др. – М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2000. – 748 с.
27. Ребрик Б.М. Бурение инженерно-геологических скважин. Справочник. – М.: Недра, 1990. – 336 с.
28. Буровой инструмент для геологоразведочных скважин: Справочник / Под ред. Н.И. Корнилова. - М.: Недра, 1990. – 395 с.
29. Справочник по бурению геологоразведочных скважин. – СПб.: Недра, 2000. – 712 с.
30. Давиденко А.Н., Игнатов А.А. Прямая и обратная схемы очистки при бурении скважин. – Д.: РВК НГУ, 2012. – 101 с.
31. Давиденко А.Н., Игнатов А.А., Полищук П.П. Транспортировка продуктов разрушения при бурении скважин. – Д.: РВК НГУ, 2016. – 116 с.
32. Чугаев Р.Р. Гидравлика. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 672 с.
33. Колодій В.В. Нафтогазова гідрогеологія: підручник для ВНЗ / В.В. Колодій, Б.Й. Маєвський – Івано-Франківськ: Факел, 2009. – 141 с.
34. Мандрик Б.М., Чомко Д.Ф., Чомко Ф.В. Гідрогеологія. – К.: Либідь, 2005 – 197 с.
35. Башкатов Д.Н., Роговой В.Л. Бурение скважин на воду. – М.: Колос, 1976. – 208 с.
36. Иогансен К.В. Спутник буровика. – М.: Недра, 1990. – 380 с.
37. Башкатов Д.Н. Справочник по бурению скважин на воду. – М.: Недра, 1979. – 565 с.
38. 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.
39. ДБН В.1.2-14-2008 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.

40. Пьянков С.А. Свайные фундаменты / С.А. Пьянков. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 105 с.
41. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименко. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
42. Буріння свердловин: Довідник: У 5-ти т.: т. 2: Промивання свердловин. Відробка доліт / М.А. Мислюк, І.Й. Рибчич, Р.С. Яремійчук / АТ "Агронафта". – К.: "Інтерпрес ЛТД", 2002. – 301 с.
43. Патент на винахід № 102282 Україна Е21В 11/00 (2006.01). Бурильна головка / А.О. Ігнатів, С.С. Вяткін. – Опубл. 25.06.13, Бюл. № 12.
44. Сеид-Рза М.К., Фараджев Т.Г., Гасанов Р.А. Предупреждение осложнений в кинетике буровых процессов. - М.: Недра, 1991 - 272 с.
45. Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. Адсорбция на глинистых минералах. – К.: Наукова думка, 1975. – 351 с.
46. Ковальчук Є. П., Решетняк О. В. Фізична хімія: Підручник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 800 с.
47. Сеид-Рза М.К., Исмайылов Ш.И., Орман Л.М. Устойчивость стенок скважины. – М.: Недра, 1981. - 175 с.
48. Черепанов Г.П. Механика разрушения горных пород в процессе бурения. – М.: Недра, 1987. – 308 с.
49. Войтенко В.С. Прикладная геомеханика в бурении. - М.: Недра, 1990. - 252 с.
50. Кудряшов Б.Б., Яковлев А.М. Бурение скважин в осложненных условиях. – М.: Недра, 1987. – 269 с.
51. Кистер Э.Г. Химическая обработка буровых растворов. – М.: Недра, 1972. – 321 с.
52. 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.



53. Справочное руководство мастера геологоразведочного бурения / Г.А. Блинов, Б.И. Васильев, Ю.В. Бакланов и др. - Л.: Недра, 1983. - 400 с.

54. ДСТУ 41-00 032 626-00-007-97. Охорона довкілля. Спорудження розвідувальних і експлуатаційних свердловин на нафту і газ на суші. Правила проведення робіт.

55. ДСТ 17.1.3.13-86. «Охорона природи. Гідросфера. Загальні вимоги до охорони поверхневих вод від забруднення».

56. ВБН В.2.4-00013741-001:2008. Споруджування свердловин на газ і нафту. Основні положення.

## ДОДАТОК А

## Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1					
2			Документація		
3					
4	A4	НГІБ.КР.20.09.ПЗ	Пояснювальна записка	92	
5					
6		НГІБ.КР.20.09.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 дослідної гідрогеологічної свердловини

Розрахунок ерліфтного водопониження дослідної гідрогеологічної свердловини										
1	Розрахунок ерліфтного водопониження дослідної гідрогеологічної свердловини									
2	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			102					
20	Швидкість руху суміші при изливе									
21	Повна витрата повітря			14,1	25,0	35,2				
22	Діаметр повітропроводних труб			33,5						
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 системи комплексного забезпечення інженерно-геологічних свердловинних вишукувань для умов промислових ділянок»

студента групи 184м-19-1 ГРФ, Літвінова Владислава Миколайовича

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

2. Комплексний проект інженерно-геологічного супроводу видобувних робіт на Василівському нафтогазоконденсатному родовищі є складовою частиною плану розвитку паливно-енергетичного комплексу України, що забезпечує паливом промисловість і побутові потреби та сприяє вирішенню соціальної проблематики 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 створенні логічно побудованого комплексного регламенту виконання інженерно-геологічних і суміжних робіт, що унеможливорює негативний вплив на оточуюче середовище промислової діяльності з розробки родовищ вуглеводнів.

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

7. Відповідність оформлення кваліфікаційної роботи стандартам належна і задовільна.

8. Ступінь самостійності виконання кваліфікаційної роботи високий.

9. За умов відповідного захисту, кваліфікаційна робота заслуговує оцінки «відмінно» (92 бали).

10. Значних недоліків, які б слугували підставою для зниження зазначеної оцінки, кваліфікаційна робота не містить.

Керівник кваліфікаційної роботи,  
доц. кафедри НГІБ

\_\_\_\_\_ А.О. Ігнатів