

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Факультет природничих наук та технологій  
(факультет)  
Кафедра гідрогеології та інженерної геології  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Зайцева Данила Ігоревича

академічної групи 103-20-1  
(шифр)

спеціальності 103 Науки про Землю  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Геологія  
(офіційна назва)

на тему «Оцінка інженерно-геологічних умов заплави р. Дніпро з обґрунтуванням системи дренажного водозниження на ділянці проектованої забудови»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Тимошук В.І.			
розділів:				
Загальний	Тимошук В.І.			
Спеціальний	Тимошук В.І.			
Рецензент	Довбніч М.М.			
Нормоконтролер				

Дніпро  
2024

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

гідрогеології та інженерної геології

(повна назва)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 року

**ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу  
ступеню бакалавра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Зайцеву Данилу Ігоровичу

(прізвище та ініціали)

академічної групи 103-20-1

(шифр)

спеціальності Науки про Землюза освітньо-професійною програмою Геологіяна тему «Оцінка інженерно-геологічних умов заплави р. Дніпро з обґрунтуванням системи дренажного водозниження на ділянці проектованої забудови»затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 15.04.2024  
№ 333-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Загальний	Аналіз геолого-гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов досліджуваної території, геолого-технічна характеристика ділянки будівництва	15.04.2024- -30.04.2024
Спеціальний	Оцінка несучої здатності пальового фундаменту та ґрунтової основи на ділянці будівництва	01.05.2024- -25.05.2024
	Обґрунтування вибору системи дренажного водозниження для захисту ділянки будівництва від підтоплення та розрахунок параметрів дренажної системи	25.05.2024- -25.06.2024

Завдання видано

(підпис керівника)

Тимощук В.І.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

15.04.2024

Дата подання до екзаменаційної комісії

25.06.2024

Прийнято до виконання

(підпис студента)

Зайцев Д.І.

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 54 стор., 10 рис., 4 табл., 13 джерел.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є інженерно-геологічні і гідрогеологічні умови ділянки проектного будівництва в межах заплавної частини правого берега р. Дніпро.

Метою роботи є оцінка інженерно-геологічних умов заплавної частини р. Дніпро для обґрунтування дренажного водозниження на ділянці будівництва багатифункціонального комплексу в м. Дніпро.

У вступі наведено актуальність та мета кваліфікаційної роботи, поставлені завдання, які необхідно вирішити в роботі.

У загальній частині виконаний аналіз інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов досліджуваної території, надана геолого-технічна характеристика ділянки проектного будівництва.

В спеціальній частині виконаний розрахунок несучої здатності ґрунтової основи, визначені комплексні заходи для захисту території проектного будівництва від підтоплення.

За результатами виконаних розрахунків обґрунтована раціональна схема дренажного водозниження на території будівництва та визначені гідродинамічні параметри дренажної системи.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ, ГЕОТЕХНІЧНІ РОЗРАХУНКИ, ПІДЗЕМНІ ВОДИ, ПІДТОПЛЕННЯ, ДРЕНАЖНЕ ВОДОЗНИЖЕННЯ

## ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	6
1.1 Фізико-географічні умови .....	6
1.2 Геологічна будова і тектоніка .....	8
1.3 Гідрогеологічні умови .....	13
1.4 Інженерно-геологічні явища і процеси .....	21
2 АНАЛІЗ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ДІЛЯНКИ ПРОЕКТОВАНОГО БУДІВНИЦТВА .....	23
2.1 Геологічна будова і гідрогеологічні умови ділянки проектованого будівництва .....	23
2.2 Геотехнічна характеристика ділянки проектованого будівництва .....	26
2.3 Оцінка несучої здатності пальового фундаменту та ґрунтової основи .....	29
3 ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЇ ПРОЕКТОВАНОГО БУДІВНИЦТВА ВІД ПІДТОПЛЕННЯ .....	33
3.1 Вибір раціональної схеми дренажу території будівництва .....	34
3.2 Обґрунтування параметрів дренажної системи .....	37
3.2.1 Горизонтальний систематичний дренаж .....	37
3.2.2 Вертикальний дренаж .....	40
ВИСНОВКИ .....	48
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	50
ДОДАТОК А. Відзив керівника кваліфікаційної роботи .....	52
ДОДАТОК Б. Рецензія на кваліфікаційну роботу .....	53
ДОДАТОК В. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи .....	54

## ВСТУП

Ділянка проектного будівництва адміністративно розташована в Собо-рному районі м. Дніпро. В геоморфологічному відношенні ділянка будівництва приурочена до заплави правого берега р. Дніпро.

За положенням рівня підземних вод досліджувана ділянка відноситься до категорії природно і постійно підтоплених і періодично затоплюваних підзем-ними водами територій.

У зв'язку з цим метою кваліфікаційної роботи є оцінка інженерно-геологічних умов заплавної частини р. Дніпро для обґрунтування дренажного водозниження на ділянці проектного будівництва багатофункціонального комплексу в м. Дніпро.

Об'єктом дослідження є інженерно-геологічні і гідрогеологічні умови ді-лянки проектного будівництва в межах заплавної частини правого берега р. Дніпро.

Для досягнення поставленої в роботі мети вирішенні наступні завдання:

- виконати оцінку гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов ділян-ки будівництва;
- провести аналіз геотехнічного стану ділянки будівництва з метою вибо-ру доцільного типу фундаменту;
- виконати оцінку несучої здатності пальового фундаменту і ґрунтової ос-нови;
- визначити раціональну схему дренажного водозниження на ділянці буді-вництва;
- обґрунтувати гідродинамічні параметри дренажної системи.

При виконанні роботи використані матеріали інженерно-геологічних ви-шукувань і гідрогеологічних досліджень ДП «ДніпроДПНТР».

**Ключові слова:** ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ, ГЕОТЕХНІЧНІ РОЗРАХУНКИ, ПІДЗЕМНІ ВОДИ, ПІДТОПЛЕННЯ, ДРЕНАЖНЕ ВОДОЗНИ-ЖЕННЯ

## 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1 Фізико-географічні умови

У фізико-географічному відношенні досліджуваний район входить до складу Сурсько-Дніпровського ерозійного району степової області південних відрогів Наддніпрянської височини.

Сурсько-Дніпровський ерозійний район простягається на правобережжя Дніпра від південної границі лісостепу до північного краю поширення звичайних малогумусних чорноземів. Район виділяється великою ерозійною розчленованістю поверхні. Яружно-балочні місцевості з еродованими чорноземами займають більшу половину території району. Широко поширені крутосхильні берегові яри. У їх верхів'ях спостерігаються вертикальні обриви висотою 8...10 м, іноді 15 м. Поперечний профіль ярів трапецієподібний. У тих місцях, де на схилах виступають стійкі до розмиву породи, профіль набуває ступінчастого вигляду. Балки, хоч і короткі, але глибокі і розгалужені. Часто зустрічаються дво- і трифазні балки з терасованими схилами. Яри і балки врізаються до кристалічних порід.

Глибина розчленування на ряді ділянок перевищує 100 м, густина яружно-балкової мережі на низці ділянок складає близько 1,0 км/км.

Широкий розвиток яружно-балочної мережі та її глибока врізаність сприяють хорошій дренажності вододільних ділянок, у зв'язку з чим підземні води ґрунтових водоносних горизонтів характеризуються малою потужністю і низькою водозбагаченістю. Поряд з гарною дренажністю території ускладненню їх живлення сприяють також і кліматичні фактори, на вплив яких вказувалося вище. Тільки на вирівняних вододілах можливе утворення ґрунтових вод в основі лесової товщі на глибинах від 5,0...10,0 м до 10,0...20,0 м.

Інтенсивність розвитку ерозійних процесів часто робить непридатними для сільськогосподарського використання значні площі родючих земель, ставить під загрозу залізничні та автомобільні дороги.

Найбільш продуктивні землі приурочені до вододільно-горбистих місць з крутістю схилів 1...3°. Тут ґрунтовий покрив утворюють слабозмиті звичайні чорноземи, за механічним складом пилюваті середньосуглинисті. Вміст гумусу в орному горизонті 4...5%.

Середня густина річкової мережі межах описаної області, з урахуванням річок довжиною менше 10 км – 0,15...0,20 км/км . До основних водних артерій відносяться р. Дніпро та його притока р. Мокра Сура. Річкові та ґрунтові води степової зони мають відносно підвищену мінералізацію – від 1,0...3,0 до 5,0...10 г/л.

Гідрологічний режим річок характеризується різко вираженою короткочасною весняною повінню і низькою літньою меженню. Більшість річок має течію лише навесні під час танення снігів або влітку під час зливових дощів.

Ухили річок, включаючи р. Дніпро, як правило, не перевищують 0,4...0,01 м/км.

Абсолютні позначки денної поверхні знаходяться у межах 150,0...170,0 м.

Кліматичні умови мають деякі відмінні риси. Середні січні температури повітря в межах області змінюються з півночі на південь від  $-6,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , середні липневі температури повітря зростають з північного заходу на південний схід від  $20,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Тривалість періодів із температурою повітря вище  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  – 247...260 днів, вище  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  – 206...217 днів, понад  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  – 168...178 днів. Тривалість безморозного періоду 170...180 днів при середніх датах останнього морозу у повітрі 21 квітня, першого морозу – 11-15 жовтня. Найпізніша дата заморозків, що спостерігалася – 5 вересня. Сума температур протягом року вище  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  коливається від 2847 до 3216.

Сумарна сонячна радіація у районі становить від 110 до 125 ккал/см<sup>2</sup>.

Річна кількість атмосферних опадів на території області розподіляється нерівномірно і коливається від 388 до 476 мм. Більше 2/3 річної суми опадів приходить на теплий період року. Літні опади у більшості випадків носять зливовий характер, що сприяє утворенню інтенсивного поверхневого стоку, ро-

звитку ерозії.

Величини випаровування з поверхні суші і водної поверхні для території, що розглядається, становить відповідно 500...505 мм і 825...850 мм, що обумовлює недолік вологи для живлення ґрунтових водоносних горизонтів.

Середня відносна вологість повітря у вегетативний період змінюється від великих значень до менших з квітня по вересень місяці і не перевищує 46...55%. Середньорічні значення дефіциту вологості повітря сягають 3,5...4,0 мм.

По зволоженню територія, що описується, відноситься до зони недостатнього зволоження при коефіцієнті зволоження  $K_{зв} = 0,5...0,75$ , що виділяється по відношенню річних сум опадів і випаровуваності.

Для області характерні посушливі періоди, тривалістю до 30...40 днів. У більшості випадків вони припадають на весну і другу половину літа, а в окремі роки набувають загрозливого характеру (1920, 1932, 1946, 1963 рр.). ймовірність років із інтенсивними суховіями від 65% до 80%.

Число днів зі сніговим покривом – 60...65, випадання снігу часто супроводжується сильним вітром, що призводить до нерівномірного розподілу його на полях. Сніговий покрив утворюється у другій половині грудня. Руйнування його відбувається в першій декаді березня.

Нерівномірний розподіл опадів і випадання їх основної частки в теплий період року, високі значення випаровування, а також зливовий характер опадів створюють в цілому несприятливі умови для живлення водоносних горизонтів, що мають розвиток в описуваному районі.

## 1.2 Геологічна будова і тектоніка

За геологічною будовою територія Дніпропетровської області відноситься до докембрійської та кайнозойської ер. Через територію області проходить Докембрійська залізородна провінція України, яка відноситься до архейського періоду. Більша частина території області утворена у кайнозою, а саме у серед-



ньому й пізньому палеогені та неогені. Лише частково західна частина території області утворена у палеозою під час карбону.

Територія Дніпропетровської області знаходиться на Східно-Європейській платформі. За геологічними умовами Дніпропетровська область поділяється на два субрегіони: Український кристалічний щит (65% площі області) та Дніпровсько-Донецька западина (решта 35%). Український щит займає правобережну частину Дніпропетровщини та південь лівобережної частини. Кристалічний фундамент залягає на глибині від 0 м до кількох десятків метрів під денною поверхнею. В межах області представлені його наступні мегаблоки: Кіровоградський на крайньому заході, Придніпровський у центрі та Приазовський на південному сході. Ці блоки розбиті глибинними розломами. Антиклінальні структури щита поділяються на лінійні та куполоподібні з переважним поширенням метасоматичних гранітоїдів, що виникли в умовах амфіболітової і гранулітової фазій регіонального метаморфізму, а також пізньоорогенних мікроклінічних гранітів.

Дніпровсько-Донецька западина представлена своїм південним бортом і відділена від щита глибинними розломами. Кристалічні породи занурюються тут на глибину від 100 до 1500 м.

Геологічні відклади мають специфічний характер у кожній з зазначених тектонічних областей, зважаючи на відмінності у геологічній історії розвитку. Український щит вкритий незначним шаром осадових порід палеогену-неогену, представлених вапняками, пісками, глинами, алевритами, залізистими кварцитами тощо. Корінні магматичні породи архею-протерозою – гнейси, граніти, кварцити, діорити тощо відслонюються у долинах річок.

На схилі щита наявне потужніше нашарування осадових порід, але на поверхню виходять неогенові міоценові та пліоценові відклади – глини, алеврити, піски.

Антропогенові відклади представлені плейстоценовими делювіальними суглинками та лесами. У долині р. Дніпро їх змінюють еоценові еолово-делювіальні та елювіальні відклади, а безпосередньо на терасах р. Дніпро та

його притоків залягають алювіальні піски плейстоценового віку.

Область знаходиться в зоні низької сейсмічної активності, сила землетрусів зазвичай не перевищує 2,0...2,5 балів.

В межах даної території найбільш розповсюджені плагіограніти та їх мігматити нерозчленованих архею та нижнього протерозою, розчленовані серією жилуватих утворень у вигляді дайок. У районі м. Дніпро кристалічні породи фундаменту представлені діоритами та гранодіоритами.

Потужність кори вивітрювання кристалічних порід, представленої каолінізованими продуктами руйнування, змінюється від декількох метрів до декількох десятків метрів, рідко досягає більше 100 метрів.

У геологічній будові покривного чохла кристалічного масиву приймають участь палеоген-неогенові та четвертинні утворення кайнозойської групи, що залягають на еродованій поверхні кристалічних порід та продуктах їх вивітрювання.

Палеогенова система ( $P$ ). Відкладення палеогенової системи розвинуті у північній частині району у долині річки Дніпро. До них відносяться відкладення буцацького ярусу, що виділяються умовно, та київського ярусу середнього відділення, а також харківського ярусу верхнього відділу.

Буцацький ярус ( $P_2 bc$ ). Відкладення буцацького ярусу представлені товщею кварцових пісків, пластичних та піщаних глин, часто вуглистих, і вторинних каолінів, залягаючих безпосередньо на породах кристалічного фундаменту, в заглибленнях його поверхні.

Київський ярус ( $P_2 kv$ ). У товщі відкладень київського ярусу виділяють три стратиграфічні горизонти, які змінюють один одного без слідів перериву.

Нижній горизонт має найбільш різноманітний петрографічний склад і представлений вапняковими глауконітовими, пісками від дрібно- до крупнозернистих, потужністю до 13 м.

Середній горизонт в найбільш типовому представленні складений товщею білих та зеленувато-сірих мергелів, що заміщають один одного, при наближенні до найбільш піднятих ділянок кристалічного фундаменту, зеленувато-сірими,

більш-менш піщаними, вапняковими глинами. Повна товщина мергелів досягає 17 м. В верхній частині горизонту в районі м. Дніпро часто переважають детритусові піски.

Верхній горизонт верхнього ярусу представлений товщею вапнякових піщаників, піщанистих мергелів та слабо вапнякових глин. Найбільш характерною його фацією є вапнякові піщаники.

Загальна потужність київського ярусу складає приблизно 20 м.

Харківський ярус ( $P_3 hr$ ). У складі відкладень харківського ярусу виділяються два горизонти. Нижній представлений різнозернистими глауконітовими пісками з концентрованими глибами кременистого піщаника. Верхній – представлений глауконітовими зеленувато-сірими різнозернистими пісками. Потужність осадової товщі харківських відкладень досягає 20 м, частково 30 м та більше.

Неогенова система ( $N$ ). Відклади неогенової системи розповсюджені практично на всій території і залягають на осадових утвореннях палеогену або на породах кристалічного масиву.

Полтавська світа. Має значну область розповсюдження, покрій якої розчленований сучасною річковою та частково балочною мережею. Потужність порід полтавської світи по всій території їх розповсюдження змінюється від 0 до 50 м, рідко досягаючи 60 м. Мінімальні потужності – від 0 до 10 м, рідко до 19 м, зазвичай характерні для піднятих ділянок, а максимальні – до найбільш понижених ділянок кристалічного фундаменту.

Літологічні відклади полтавської світи представлені пісками з підлеглими їм піщаникам та глинами. Вивчені вони дуже нерівномірно та неповно у зв'язку з тим, що у багатьох районах спостерігаються окремі горизонти всієї товщі, а там, де вони залягають глибоко, вивчення їх ускладнене досить низьким виходом керну.

Сарматський ярус ( $N_2 s$ ). У покрівлі пісків полтавської світи залягають пістряві глини сарматського ярусу нижнього відділу неогену, для якого властивий майже по всій області розповсюдження поступовий перехід з підстилаючими

пісками.

На всій території свого розповсюдження яскраві глини мають потужність від декількох до 10 м. Середній сармат, представлений на даній території глинами, пісками, мергелями та вапняками, не має широкого розповсюдження і залягає у товщі глин чи пісків у вигляді малопотужних прошаровувань. У басейні р. Мокра Сура спостерігається постійний перехід вапняків чи мергелів середньосарматського підярусу в покриваючі їх сіро-зелені глини.

Загальна потужність сарматського ярусу 15...20 м.

Понтичний ярус ( $N_2 p$ ). Відклади понтичного ярусу розповсюджені на більшій частині території, відсутні в долинах балок, де вони розмиті. Представлені зеленувато-сірими і світло-сірими глинами і пісками загальною потужністю від 2,5 до 16 м.

Пліоцен-нижньочетвертинні відклади ( $N_2-Q_1$ ). Представлені червоно-бурими глинами, що мають розповсюдження практично на всій території в межах вододільних схилів балок.

Потужність їх досягає в середньому 5...10 м, рідко більше.

Четвертинна система ( $Q_{I-IV}$ ). Відклади четвертинного віку на вододільних ділянках складені суглинками, що покривають у вигляді плащу незначної товщини всю територію району, залягаючи на кристалічних породах, відкладах сармату чи червоно-бурих глинах. Відсутні лише в річкових долинах та давніх балках.

У найбільш повних розрізах лесова товща розділяється двома горизонтами похованих рослинних ґрунтів три частини у відповідності з трьома відділами четвертинного періоду: давнім, середнім і новим. Лесовидні суглинки за морфологічними ознаками схожі з лесами, але відрізняються від них більш грубим гранулометричним складом. На схилах річкових долин часто спостерігаються лесовидні суглинки делювіального походження. Потужність лесовидної товщі складає від 0 до 10...20 м.

В річкових долинах розповсюджені алювіальні та озерно-алювіальні покладади, представлені всіма відділами четвертинної системи.

До давнього відділу відносяться алювіальні поклади давньочетвертинних терас річкової долини р. Дніпро та інших річок. Вони представлені потужними піщано-галечниковими і галечниковими породами.

Середній відділ представляють алювіальні і алювіально-озерні піщані і піщано-глинисті відкладення, розповсюджені на річкових терасах.

До нового відділу – річковий алювій, підстилаючий алювій сучасних відкладень.

До сучасного відділу відносяться піщано-глинисті відкладення заплавної терас річок, балок і боліт. У більшості випадків сучасний алювій представлений світло-сірими, темно-сірими і охристо-сірими різнозернистими пісками, частково або ж в різній ступені глинистими і шаруватими. Вони часто містять в собі гальку кристалічних і осадових порід. Суглинки і глини, які входять до складу алювію заплави, також шаруваті, часто з прошарками піску і мають зеленувато-блакитний, коричнево-сірий, темно-сірий і жовто-бурий колір. Загальна потужність сучасних алювіальних відкладень на заплавної терасах річок змінюється від 2 до 20 м, частіше всього їх потужність складає 3...7 м.

Загальним позитивом геологічної будови досліджуваної території є сейсмічність тектонічної основи, міцність підстилаючих антропогенних порід та кристалічного фундаменту, наявність передумов щодо залягання різноманітних рудних корисних копалин. Негативом є розташування в межах області системи глибинних розломів, які можуть загрожувати техногенній безпеці екологічно небезпечних підприємств, а також підвищений рівень природного радіаційного фону внаслідок впливу магматичних порід.

### 1.3. Гідрогеологічні умови

Дніпропетровська область повністю розташована в межах басейну р. Дніпро. Середня густота річкової мережі становить 0,27 км/км<sup>2</sup>, забезпеченість водними ресурсами – 460 тис. м<sup>3</sup> на км<sup>2</sup> площі, проте ресурси місцевого стоку

складають лише 20 тис. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>.

Довжина р. Дніпро в межах області складає 240 км. Річка представлена двома відокремленими ділянками течії, розмежованими територією Запорізької області. Вона протікає по асиметричній долині зі спадистим правим бортом та пологим лівим. Стік р. Дніпро є транзитним: середній багаторічний стік на вході в область становить 1690 м<sup>3</sup>/с, на виході з області – 1730 м<sup>3</sup>/с. Стік річки зарегульований каскадом Дніпровських водосховищ, а в межах Дніпропетровщини присутні три з них – південна частина Дніпродзержинського та північна частина Дніпровського, а також є вихід до Каховського водосховища. Між Каменським та Дніпром збереглась невелика 25 кілометрова ділянка природного русла р. Дніпро.

Води Дніпра активно використовуються для потреб населення (водозабезпечення міст Дніпро, Каменське, Новомосковськ, також Кривий Ріг через канал Дніпро-Кривий Ріг) та промисловості, передусім чорної металургії, електроенергетики, хімії та нафтохімії, подекуди для зрошення сільськогосподарських земель. На північному сході області дніпровська вода перекидається до Сіверського Дінця каналом Дніпро-Донбас.

В межах регіону Дніпро приймає численні, але маловодні притоки. Серед них праві – Томаківка, Солона, Базавлук, Кам'янка, та ліві – Оріль, Самара. Лише Самара має значне водогосподарське значення. Довжина річки 320 км, витрати води у гирлі 25 м<sup>3</sup>/с. Приймає власні значні притоки – Тернівку та Вовчу. При впадінні у р. Дніпро в міській смузі Дніпра Самара утворює широкий естуарій-озеро. Вода Самари використовується для забезпечення потреб сходу області, зокрема Новомосковська, Павлограда, Тернівки, Петропавлівки.

Річки Дніпропетровської області відзначаються значним рівнем забруднення. Для вод Дніпра та Самари характерний високий вміст (з перевищенням ГДК) сульфатів, сульфідів, окисів заліза та важких металів внаслідок інтенсивних промислових скидів. Малі річки регіону більш забруднені сільськогосподарськими стоками, як наслідок підвищена частка іонів амонію та нітратів.

Більша частина Дніпропетровської області розташована в межах гідрогео-

логічної провінції Українського щита, крайній північний схід – в межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Тому можливості видобутку підземних вод в регіоні обмежені.

В межах досліджуваної частини Українського кристалічного масиву виділяються водоносні горизонти в четвертинних відкладеннях, пісках і піщаниках неогену, піщаних різновидах палеогенового віку, кристалічних породах докембрію і продуктах їх вивітрювання (рис. 1.1, 1.2, 1.3).

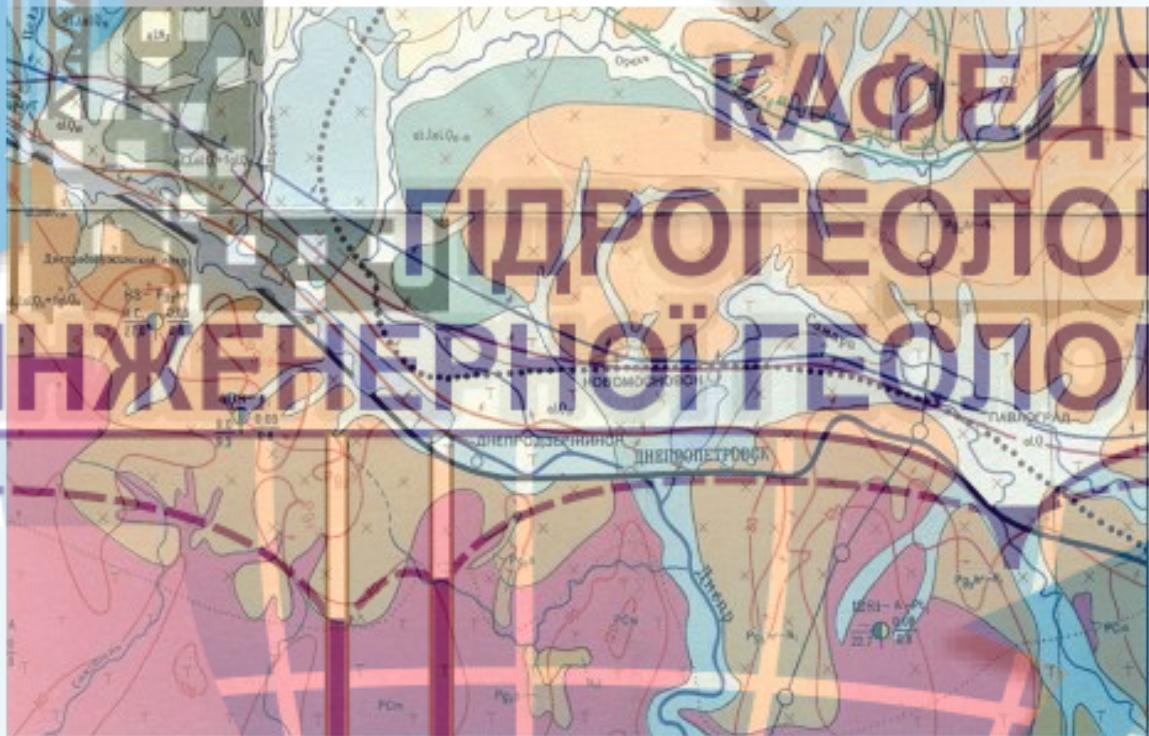


Рисунок 1.1 – Гідрогеологічна карта досліджуваної території

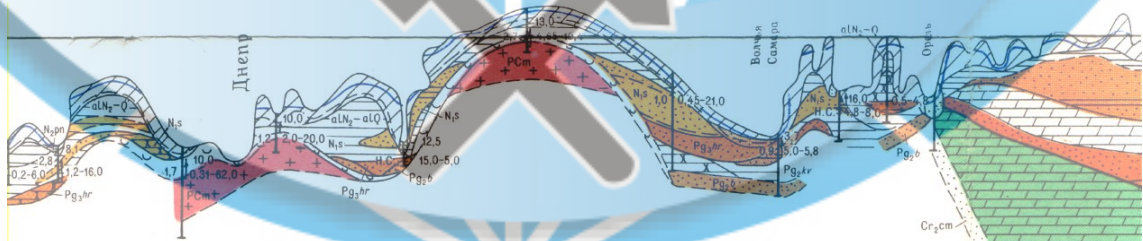


Рисунок 1.2 – Схематичний гідрогеологічний розріз по лінії 1-1

## Стратиграфічні:

<b>Pg<sub>3</sub>hr-N<sub>1</sub></b>	Водоносний горизонт у харківських-міоценових відкладеннях, представлений пісками, піщаниками, часто такими, що заміщуються глиною;
<b>Pg<sub>2</sub>hr</b>	Водоносний горизонт у харківських відкладеннях, представлений пісками глауконітовими, кварцевими, тонко-, мілко, середньозернистими алевролітами, піщаниками, прошарками глин;
<b>Pg<sub>2</sub>kv</b>	Водоносний горизонт у київських відкладеннях, представлений різнозернистими пісками, місцями глинистими відкладеннями, алевролітами;
<b>Pg<sub>2</sub>b<sub>1</sub></b>	Водоносний горизонт у бучакських відкладеннях, представлений різнозернистими пісками, місцями аргілітами, алевролітами;
<b>P<sub>2</sub>cm</b>	Водоносний горизонт у крейдових сеноманських відкладеннях, представлений крейдою, мергелеподібними утвореннями, пісками та піщаниками;
<b>P<sub>1</sub>cm</b>	Водоносний горизонт у кристалічному масиві архей-протерозойського віку (докембрій).

## Літологічні:

	Суглинки		Мергеле-крейджана товща
	Глини		Піщаники
	Глини піщаністі		Ефузиви
	Піски		Аргіліти, алевроліти
	Піски с галькою та гравієм		Глинисті сланці
	Глибо-щербенисто-суглинисті		Гіпси та ангідріти
	Конгломерати		Кристалічні сланці
	Вапняки		Каолін первинний
	Вапняки кремністі		Породи кристалічного фундаменту

Рисунок 1.3 – Умовні позначення до гідрогеологічної карти і гідрогеологічного розрізу

За умовами залягання і ступенем водонасичення товща четвертинних відкладень представлена алювіальним водоносним горизонтом і водоносним горизонтом в лесових породах.

Алювіальний водоносний горизонт широко розповсюджений в долинах багатьох річок і балок. Водовмісні породи неоднорідні за літологічним складом. Представлені вони нерівнозернистими пісками, які часто перешаровуються з



глинами і суглинками, з включеннями гальки, гравію і великоуламкового матеріалу. Глибина залягання в заплавах змінюється від 0,1 до 10 м, в межах надзаплавних терас – від 0,5 до 40...50 м. Товща водоносного алювію в долинах мілких річок і балок зазвичай не перевищує 2...3 м, інколи досягає 10...50 м. В долині р. Дніпро вона в деяких випадках збільшується до 30...40 м.

Зазвичай це ґрунтові води, які мають вільну поверхню. Невеликий напір (1,0...7,0 м) зафіксовано тільки в пониженнях, де на поверхні водоносного горизонту залягають водонепроникні суглинки.

Водоносність алювіальних відкладень непостійна. Дебіти свердловин в долинах дрібних річок змінюється від 0,001 до 0,5 л/с, збільшуючись в долинах крупних до 2...4, рідше до 6 л/с. Великою водонасиченістю відрізняється древній алювій, який представлений добре відсортованими крупнозернистими гравелистими пісками значної потужності.

Води зазвичай гідрокарбонатно-сульфатні і сульфатно-гідрокарбонатні, з мінералізацією 1...2 г/л. У зв'язку з неглибоким заляганням і відсутністю витриманого водотриву води часто піддаються забрудненню.

Водоносний горизонт в лесах і лесовидних суглинках виділяється на вододільних територіях. Їх водоносність пов'язана в основному з вертикальною макропористістю і наявністю піщаних прошарків, які розвинені, головним чином, в нижній частині товщі. Дебіти колодязів і свердловин складають в середньому 0,1 л/с.

У зв'язку з невитриманістю розповсюдження, слабкою водовіддачею, а місцями й поганою якістю, горизонт придатний тільки для водопостачання дрібних користувачів.

Регіональним водотривом в підґрунті водоносного горизонту лесових відкладень є товща червоно-бурих глин неоген-нижньочетвертинного віку, яка розмита тільки в долинах річок і глибоко врізаних балок.

Серед відкладень неогенового віку виділяють водоносні горизонти понтичного й сарматського ярусів і полтавської свити.

Водоносний горизонт у відкладеннях понтичного ярусу пов'язаний з вап-

няками-ракушняками і оолітовими, часто кавернозними, залягаючими на глибині 15...75 м. Піски внаслідок сильної глинистості практично безводні. Потужність водоносних вапняків змінюється від 1 до 13 м. Води, що зустрічаються, безнапірні. Водонасиченість помірна, місцями слабка. Дебіти свердловин складають 0,2...2,0 л/с при пониженні до 30 м. За хімічним складом це хлоридно-сульфатні і сульфатно-хлоридні натрієво-кальцієві води з мінералізацією 1,5...4,8 г/л. Величина загальної жорсткості досягає 27 мг/екв. Завдяки наявності в цих районах досить водонасичених горизонтів в сарматських і більш древніх породах води понтичних відкладень використовуються рідко.

Сарматський водоносний горизонт, пов'язаний з вододільним простором, відрізняється невеликою територією розповсюдження і відносно високою водонасиченістю. Відсутній в річкових долинах, де відкладення сармата розмиті.

Водовміщуючі породи представлені дрібно- і середньозернистими, місцями крупнозернистими, промитими пісками, піщаниками і вапняками, які залягають на глибинах від 1...8 м на схилах річкових долин і балок до 40...70 м на підвищених ділянках. Потужність водоносного горизонту змінюється від 1 до 20 м.

В залежності від умов залягання зустрічаються напірні і безнапірні води, причому величина напору рідко перевищує 20 м. Водонасиченість сарматських відкладень мінлива (дебіти свердловин змінюються від 0,1 до 2,0 л/с).

За якістю підземні води від сульфатно-гідрокарбонатних кальцієвих до хлоридно-сульфатних натрієвих. Їх мінералізація не перевищує 3...4 г/л.

Водоносний горизонт полтавської світи в межах території має обмежене розповсюдження і в зв'язку з поганою водовіддачею товщі тонко- і дрібнозернистих пісків практичного значення не має. Дебіт свердловин в середньому не перевищує 1...2 л/с.

Відкладення палеогену мають острівний характер розповсюдження і в межах території, що розглядається, відносяться до північної її частини.

Водоносні горизонти зв'язані з харківським, київським і буцацьким горизонтами. На ділянках відсутності розділяючих їх водотривів – київських мерге-

лів і бучацьких надвугільних каолінових глин, – ці горизонти гідравлічно зв’язані і утворюють єдиний водоносний горизонт.

Підземні води комплексу палеогенових відкладень зв’язані з тонко- і дрібнозернистими кварц-глауконітовими пісками харківського ярусу, які в нижній частині товщі переходять в середньо- і крупнозернисті піски з гравієм, галькою і прошарками піщаника; кварцевими пісками київського ярусу і бучацькими тонко- і дрібнозернистими глинистими пісками з прошарками глин.

Загальна потужність водовміщуючих відкладень палеогену складає як правило 13...50 м, якість вод в основному задовільна, підземні води гідрокарбонатно-кальцієві і гідрокарбонатно-сульфатні з мінералізацією до 1,0...1,4 г/л.

Бучацькі водоносні піски залягають на кристалічних породах докембрію або продуктах їх вивітрювання. У місцях розповсюдження водонепроникних порід водоносний горизонт має напір, величина якого не перевищує 40 м, інколи досягає 72...82 м. Дебіт свердловин змінюється від 0,01 до 15 л/с, частіше складає 1...2 л/с.

Завдяки неглибокому залягання, досить високій водонасиченості і хорошій якості підземні води палеогенових відкладень (переважно бучацького горизонту) використовується для централізованого водопостачання.

Водоносний горизонт кори вивітрювання кристалічних порід представлений, головним чином, каолінізованими різновидами. На ділянках, які покриті піщаними відкладеннями палеогенового, неогенового і четвертинного віку, підземні води цих товщ знаходяться в тісному гідравлічному зв’язку з водами кори вивітрювання.

Потужність кори вивітрювання і її водонасиченість змінюються відповідно від 0 до 50 м і від 0,1 до 3,0 л/с.

Водоносний горизонт кори вивітрювання у більшості випадків безнапірний, величина напору в середньому 20...22 м. Зазвичай він гідравлічно зв’язаний з водами тріщин кристалічних порід, і тоді величина напору збільшується в деяких випадках до 30 м.

Глибина залягання водоносного горизонту не перевищує 20...30 м, але в

окремих випадках може досягати 70...80 м і більше.

Води горизонту широко використовуються для сільського і міського водопостачання. Дебіт свердловин і колодязів змінюється в широких межах, в більшості випадків не перевищуючи 3 л/с.

Тріщинні води кристалічних порід не зв'язані з будь-яким окремим стратиграфічним комплексом, а утворюють спільний водоносний горизонт.

Глибина залягання тріщинних вод зумовлена рельєфом денної поверхні і гіпсометрією поверхні кристалічних порід. В долинах річок, де кристалічні породи перекриті невеликою товщею осадових або безпосередньо виходять на денну поверхню, водоносний горизонт залягає не глибоко: від 1...5 до 30 м. На вододілах і в пониженнях кристалічного фундаменту глибина залягання збільшується і змінюється від 10 до 140 м і більше.

Тріщинні води слабонапірні, величина напору складає 25...40 м. Водонасиченість кристалічних порід в значній мірі залежить від кліматичних і загальногеологічних умов.

Умови поповнення і розвантаження підземних вод району знаходяться в безпосередній залежності від фізико-географічних і геолого-структурних особливостей території.

Основним джерелом поповнення запасів підземних вод є атмосферні опади. Поповнення запасів водоносних горизонтів палеогенових відкладень відбувається як за рахунок атмосферних опадів, так і шляхом поповнення їх знизу напірними тріщинними водами.

Відкладення неогенового віку залягають під малопотужною товщею четвертинних піщано-суглинистих відкладень, тому ці ділянки часто є локальними областями поповнення запасів сарматського водоносного горизонту. Регіональною областю стоку сарматського ярусу є долина річки Дніпро.

Поповнення запасів підземних вод четвертинних відкладень відбувається за рахунок атмосферних опадів і частково річкових паводкових вод, а їх розвантаження – в річки і залягаючі нижче горизонти.

Режим підземних вод визначається в основному ландшафтно-

кліматичними умовами району і є переважно природним. В межах вододільних схилів і багатьох балок він характеризується динамічністю і величиною сезонних змін рівнів в межах від 0,1 до 0,6 м в степовій зоні, досягаючи в долинах річок 1,5 м.

У багатолітньому розрізі переважають хвильові зміни рівнів підземних вод зони інтенсивного водообміну з періодом 2...5 років, зв'язані з кліматичними змінами. Води уповільненого водообміну також характеризуються багатолітніми змінами рівнів, які часто не виявлені за короткий період порівняння.

#### 1.4 Інженерно-геологічні явища і процеси

Розвиток фізико-географічних явищ і інженерно-геологічних процесів в досліджуваному районі обумовлено геологічно-літологічною будовою території, кліматичними умовами регіону і структурними особливостями рельєфу.

До найбільш виражених фізико-географічних явищ можна віднести розвиток ерозійних процесів, які сприяють формуванню глибоко розчленованих форм рельєфу. Формування яружно-балкової системи відбувається під дією процесів змиву і струмкової ерозії. Сприятливі умови для останньої створюються переважно короткочасними опадами зливого характеру, а з відносно глибоким положенням базису ерозії пов'язані інтенсивний розмив ґрунтів і глибокий уріз ерозійних форм.

Відносно посушливий клімат степової зони і часті суховії сприяють руйнуванню родючого шару, що завдає удару сільськогосподарським угіддям.

Серед інших найбільш виражені зсувні процеси, ерозійна діяльність річок і переробка берегових зон. Зсуви і обвали мас ґрунтів зв'язані з яружними структурами і з наявністю в підшві ґрунтової товщі лесовидних суглинків пліоцен-нижньочетвертинних глин. Розвитку цих процесів сприяє також глибокий, до 10...15 м, уріз яружної системи.

Ерозійна діяльність малих річок у більшості випадків визначається павод-

ковим режимом їх поповнення. Так, зафіксований підйом рівня води в р. Мокра Сура в період паводку досягав 7,0 м, що сприяло різкому збільшенню в цей період втрати річки і швидкості потоку, які супроводжуються інтенсивним змивом на затоплених ділянках і розмивом берегових схилів.

Переробка берегових зон р. Дніпро, в значній мірі, обумовлена спорудженням в його нижній течії Дніпровського водосховища. Процеси ерозійного руйнування берегової зони зв'язані в цьому випадку з формуванням профілю берегового схилу в результаті хвильової діяльності води у водосховищі.

Особливо слід зупинитися на таких інженерно-геологічних процесах, як просадка ґрунтової товщі, представленої лесовидними суглинками. Наявність потужного розрізу (до 10...20 м) цих порід призводить до формування в межах слабо дренованих ділянок, особливих, понижених форм рельєфу «подів», з пониженнями в них від декількох до десяти-двадцяти сантиметрів, які в окремих випадках можуть слугувати локальними областями стоку.

Розвиток просідаючих ґрунтів слід враховувати при проектуванні ділянок зрошення і спорудженні різного роду будівель і споруд, при цьому особливу увагу слід приділяти можливості замочування ґрунтів в основі фундаменту.

На основі візуальних досліджень ґрунтів в товщі четвертинних відкладень встановлено, що суглинки і глини перевідкладені характеризуються сірими, темно-сірими кольорами, суглинки лесовидні легкі – світло-жовтого і жовтого відтінку, макропористі, слабо зв'язані. Суглинки лесовидні середні жовтого, бурожовтого, коричневого відтінків, щільність їх збільшена, макропористість зменшена. Характерним для цих суглинків є карбонатність, наявність залізо-марганцевих включень та гіпсу.

## 2 АНАЛІЗ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ДІЛЯНКИ ПРОЕКТОВАНОГО БУДІВНИЦТВА

### 2.1 Геологічна будова і гідрологічні умови ділянки проектованого будівництва

Геологічний розріз досліджуваного майданчика до глибини 25,0 м представлений комплексом сучасних, верхньо-середньочетвертичних старичних, алювіальних відкладень, що підстилаються потужною товщею ґрунтів кори витрювання скельних порід та власне скельними породами. З поверхні покривні відкладення перекриті техногенними насипними ґрунтами.

Опис виділених геолого-літологічних шарів наведено зверху донизу.

*Техногенні відкладення.*

Шар 1 (*t IV*). Насипні ґрунти – асфальтове покриття, з глибини 0,1 м – суміш доменних шлаків із щебенем з включенням уламків бетону, цегли, асфальту, шматків деревини; суміш супісків, пісків з ґрунтово-рослинними домішками, темно-сірі до чорних, від твердої консистенції вище за рівень підземних вод до текучої в зоні капілярної облямівки і нижче за рівень підземних вод, з корінням рослин і з включенням будівельного сміття. Потужність насипних ґрунтів у межах майданчика від 1,5 до 5,6 м.

*Четвертинні сучасні старичні відкладення.*

Шар 2 (*a III-IV st*). Суглинки – чорні, від м'якопластичної до текучепластичної консистенції, із вмістом органічних речовин від 2,9 до 4,1%. Поширені в районі св. №№ 3а, 6, 7а, 11, 15 потужністю 0,4...1,4 м.

*Верхньочетвертинні відкладення.*

Шар 3 (*ad III*). Супіски жовтувато-сірі, сірувато-жовті, від пластичної до плинної консистенції, з прошарками пісків пилуватих і дрібних. Потужність шару змінюється від 0,2 м до 3,7 м.

Шар 4 (*ad III*). Суглинки сірувато-жовті, жовтувато-сірі, в окремих інтервалах темно-сірі, від тугопластичної до текучепластичної консистенції, з гніз-

дами пилюватих пісків, з тонкими прошарками супісків, з вмістом органічних речовин від 1,0 до 8,1%. Потужність змінюється від 0,4 до 5,4 м.

Супіски та суглинки шарів 3 і 4 мають не повсюдне поширення, фаціально заміщають один одного.

Шар 5 (а III). Піски кварцові, сірувато-жовті до жовтих, дрібні, однорідні, насичені водою, з прошарками суглинків тугопластичних, супісків пластичних, з лінзами пісків пилюватих та середньої крупності, з включенням раковин моллюсків та плямами гідроксидів заліза. Мають поширення.

Потужність дуже невитримана та змінюється від 0,4 м до 7,2 м.

Шар 6 (а II). Піски кварцові, жовтувато-сірі, сірі, середньої крупності, однорідні, щільні, насичені водою, з прошарками суглинків сірих, твердих та пісків пилюватих, із включенням дерева та гравію скельних порід від 5...7 до 15...25%. Поширені повсюдно, відсутні лише у районі свердловини № 5. Потужність змінюється від 0,8 до 7,6 м.

*Палеозой-кайнозойські відкладення.*

Шар 7 (PZ-KZ). Дисперсна зона кори вивітрювання скельних порід (підзона глинистих продуктів вивітрювання) – каоліни первинні (за номенклатурою суглинки, рідше супіски), світло-сірі, сірувато-білі, твердої та напівтвердої консистенції, з включенням залишкових зерен кварцу, деревини та щебеню 20...40%. Поширені повсюдно. Покрівля каолінів нерівна, залягає на глибинах 9,8...16,8 м (абс. відм. 36,80...43,70 м), спостерігається її зниження в районі св. № 3 і св. № 15. Розкрита потужність складає 1,5...15,2 м. Мінімальне значення потужності 1,7 м спостерігається в районі куполоподібного підняття скельних порід (св. № 11).

*Архей-протерозойські скельні породи.*

Шар 10 (AK-PK). Плагіограніти світло-сірі, темно-сірі, рожево-сірі, середньокрупнозернистої структури, масивні, середньотріщинуваті, тріщини заповнені кварцом, епідотом, хлоритом. Зустрінуті в районі св. № 11 у вигляді куполоподібного підняття на глибині від 11,6 м (абс. відм. 41,83 м) знижуючись до 14,0...19,3 м (абс. відм. 34,50...39,56 м) в районі свердловин №№ 3а, 7а, 11а. Ма-



ксимально розкрита потужність шару 2,4 м.

Гідрогеологічні умови майданчика будівництва, що проектується, характеризуються двома водоносними горизонтами:

- водоносний горизонт у сучасних та четвертинних відкладах;
- водоносний горизонт тріщинуватої зони скельних порід.

Водовмісними ґрунтами першого від поверхні четвертинного безнапірного водоносного горизонту слугують техногенні та осадові супіщано-суглинисті та піщані відкладення (шари 1...5, 5а...6), що характеризуються різними фільтраційними властивостями (коефіцієнти фільтрації для суглинків 0.23...0,30 м/добу, для супісків – 0.71 м/добу, для пісків 3.1...5.0 м/добу).

Станом на листопад-грудень 2006 року підземні води розкриті на глибинах 0,0...2,05 м (абс. відм. 53,16...54,96 м) від поверхні землі.

Відносним водотривом є каоліни (шар 7), коефіцієнт фільтрації 0,01 м/добу. Водоносний горизонт поповнює свої запаси за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, витоків з водонесучих комунікацій, припливу з боку вищерозташованих забудованих територій. Потужність водоносного горизонту 9,6...16,7 м. Розвантаження здійснюється у східному напрямку в р. Дніпро (НПГ = 51,40 м).

Водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід розкритий у свердловинах №№ 3а, 7а, 11, 11а. Тріщинні води у долині Дніпра є безнапірними. Водоносність порід характеризується нерівномірністю та обумовлюється ступенем тріщинуватості та станом тріщин. Верхнім водотривом горизонту слугують каоліни (шар 7), нижній водотрив – нетріщуваті різниці скельних порід. Коефіцієнт водопровідності для плагіогранітів змінюється в залежності від ступеня тріщинуватості в межах 0,031...35,90 м<sup>2</sup>/добу.

Водоносний горизонт поповнює свої запаси за рахунок перетікання з четвертинного водоносного горизонту через гідравлічні вікна (за межами майданчика проектного будівництва). Розвантаження здійснюється в східному напрямку в Дніпро (НПГ = 51,40 м), а також у зони тектонічних порушень скального масиву.

Вода – середовище четвертинного водоносного горизонту – прозоре, безбарвне, без запаху, за вмістом сульфатів ( $SO_4 = 260,1...888,8$  мг/л;  $CO_3 = 10,2...11,6$  мг-екв/л) неагресивне до бетонів марок W8 за водонепроникністю на портландцементі. За вмістом хлоридів ( $Cl = 53,3...156,2$  мг/л) неагресивна до арматури залізобетонних конструкцій при постійному зануренні та слабоагресивна при періодичному змочуванні.

За вмістом водневого показника, сумою сульфатів і хлоридів середньоагресивна до металевих конструкцій при вільному доступі кисню.

Рівень підземних вод у межах досліджуваного майданчика знаходиться на глибинах 0,0...2,05м, таким чином майданчик відноситься до категорії природно та постійно підтоплених та періодично затоплюваних територій підземними водами.

При порівнянні глибини залягання рівня підземних вод у різні роки не спостерігається чітко вираженої закономірності, що пояснюється порушенням режимом водоносного горизонту через витoki з водонесучих комунікацій, підтоку з боку гіпсометрично вищезрештованих забудованих територій, підсилення території насипними ґрунтами з анізотропними фільтраційними властивостями.

Гідрогеологічні умови на досліджуваному майданчику несприятливі для будівництва і експлуатації будівель та підземних комунікацій.

## 2.2 Геотехнічна характеристика ділянки проектного будівництва

Досліджувана товща ґрунтів за номенклатурною ознакою та властивостями розділена на дев'ять інженерно-геологічних елементів (ІГЕ), у межах яких товща є статистично однорідною за складом та властивостями. Нумерація виділених ІГЕ відповідає нумерації геологічних шарів. Піски шару 5 через різну щільність складання розділені на два інженерно-геологічні елементи, відповід-

но: ІГЕ-5 – піски середньої щільності; ІГЕ-5а – піски щільні.

Нижче наведені найбільш характерні особливості властивостей ґрунтів, які будуть знаходитися в активній зоні фундаментів, що проектуються.

Суглинки ІГЕ-2. Природна вологість 0,26...0,28 дол.од. (нормативне значення 0,27 дол.од.), консистенція від м'якопластичної до текучепластичної (за нормативними показниками м'якопластичної консистенції), з домішкою органічних речовин так як відносний їх вміст становить 2,9...4,1%. Щільність ґрунту 1,90...1,96 г/см<sup>3</sup> (нормативне значення 1,93 г/см<sup>3</sup>), щільність сухого ґрунту 1,50...1,54 г/см<sup>3</sup> (нормативне значення 1,52 г/см<sup>3</sup>). Питомий опір ґрунту при статичному зондуванні 1,47 МПа.

Нормативне значення модуля загальної деформації становить 6,0 МПа (за даними пресіометричних випробувань).

Показники міцності ґрунту: нормативне значення кута внутрішнього тертя 17°, питомого зчеплення – 19,0 кПа.

Супіски ІГЕ-3. Природна вологість 0,20...0,29 дол.од. (нормативне значення 0...25 дол.од.), консистенція від пластичної до текучої (за нормативними показниками текучої консистенції). Щільність ґрунту 1,80...1,88 г/см<sup>3</sup> (нормативне значення 1,85 г/см<sup>3</sup>), щільність сухого ґрунту 1,41...1,55 г/см<sup>3</sup> (нормативне значення 1,48 г/см<sup>3</sup>). Питомий опір ґрунту при статичному зондуванні 1,26 МПа.

Нормативне значення модуля загальної деформації становить 5 МПа (за даними пресіометричних випробувань).

Показники міцності ґрунту: нормативне значення кута внутрішнього тертя 18°, питомого зчеплення – 9,0 кПа.

Суглинки ІГЕ-4. Консистенція від тугопластичної до текучепластичної (за нормативними показниками м'якопластичної консистенції), з домішкою органічних речовин, так як відносний їх вміст становить 1,0...8,1%, природна вологість 0,23...0,38 дол.од. (нормативне значення 0,28 дол.од.). Щільність ґрунту 1,73...2,00 г/см<sup>3</sup> (нормативне значення 1,87 г/см<sup>3</sup>), щільність сухого ґрунту 1,25...1,61 г/см<sup>3</sup> (нормативне значення 1,46 г/см<sup>3</sup>). Питомий опір ґрунту при статичному зондуванні 1,65 МПа.

Розмір нормативного значення модуля загальної деформації дорівнює 7,0 МПа (за даними пресіометричних випробувань).

Показники міцності: нормативне значення кута внутрішнього тертя –  $16^\circ$ , питоме зчеплення – 16,0 кПа.

Піски кварцові ІГЕ-5 – дрібні, однорідні, насичені водою. Природна вологість 0,21 дол.од. У гранулометричному складі переважає піщана фракція розміром 0,10...0,25 мм вмістом 91,13%. За питомим опором ґрунту при статичному зондуванні 7,77 МПа та коефіцієнтом пористості 0,65 – середньої щільності складання. У товщі пісків виділяються малопотужні прошарки суглинків тугопластичних, супісків пластичних та лінзи пісків пилюватих та середньої крупності, зустрінуті включення раковин моллюсків.

Нормативне значення модуля загальної деформації дорівнює 36,0 МПа, кута внутрішнього тертя  $35^\circ$ , питомого зчеплення – 3,5 кПа.

Піски кварцові ІГЕ-6 – середньої крупності, однорідні, насичені водою. У гранулометричному складі піщана фракція розміром 0,25...0,5 мм становить 54,81%, великоуламкова фракція розміром 2,0...200 мм – 4,32%. Коефіцієнт пористості 0,54, питомий опір ґрунту зануренню конуса зонда при статичному зондуванні 19,03 МПа – ґрунти відносяться до щільних. Містять включення деревини та гравію скельних порід (до 15...25%). Значно рідше зустрічаються малопотужні прошарки суглинків сірих твердої консистенції та лінзи пилюватих пісків.

Нормативне значення модуля загальної деформації дорівнює 40,0 МПа, кута внутрішнього тертя  $38^\circ$ , питомого зчеплення 2,0 кПа.

Каоліни ІГЕ-7 твердої та напівтвердої консистенції при природній вологості 0,16...0,26 дол.од. (нормативне значення 0,21 дол.ед.), щільність ґрунту 1,85...2,09 г/см<sup>3</sup> (нормативне значення 1,96 г/см<sup>3</sup>), щільність сухого ґрунту 1,49...1,74 г/см<sup>3</sup> (нормативне значення 1,62 г/см<sup>3</sup>). З включенням залишкових зерен кварцу, жорстви та щебеню материнської породи містяться у кількості від 20 до 40%. Величина нормативного значення модуля загальної деформації в інтервалі навантажень 0,1...0,2 МПа становить 14,0 МПа, 0,2...0,3 МПа – 17,0

МПа, 0,3...0,4 – 22 МПа.

Показники міцності: нормативне значення кута внутрішнього тертя  $26^\circ$ , питоме зчеплення 15,0 кПа.

Плагіограніти ПГЕ-8 – потужні, середньотріщинуваті, слабовивітрілі. За межею міцності на одновісний стиск у водонасиченому стані 75,0 МПа відносяться до міцних. Щільність складає  $2,67 \text{ г/см}^3$ , щільність частинок –  $2,71 \text{ г/см}^3$ .

### 2.3 Оцінка несучої здатності пальового фундаменту та ґрунтової основи

Враховуючи індивідуальність проекту, конструктивні особливості проєктованого комплексу, місце розташування об'єкта будівництва, особливості геологічної будови, гідрологічних умов, а саме: знаходження у верхній частині геологічного розрізу насипних ґрунтів (ПГЕ-1), супіщано-суглинистих ґрунтів (ПГЕ-2...4) з низькими деформаційними і характеристиками міцності, а також досвід будівництва та експлуатації будівель в аналогічних інженерно-геологічних умовах, найбільш доцільним є застосування пальового типу фундаменту. Це дозволить зробити повну прорізку недоущільнених насипних і слабких ґрунтів, перенести навантаження від будівель на малостискувані природні основи.

Для розрахунку пальового фундаменту необхідно визначити несучу здатність палі і визначити кількість палей, необхідних для будівництва будівлі.

Несучу здатність  $F_d$ , кН, висячої забивної палі, що працює на стискаюче навантаження, згідно з Додатком Н ДБН В.2.1-10-2009 [8] слід визначати як суму сил розрахункових опорів ґрунтів підстави під нижнім кінцем палі і на її бічній поверхні за формулою (3.1):

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + u \sum \gamma_{cf} f_i h_i), \quad (2.1)$$

де  $\gamma_c$  – коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті, що приймається в  $\gamma_c = 1$ ;  $R$  – розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі, кПа, що приймається з табл.

Н.2.1 Додатку Н ДБН В.2.1-10-2009 [8];  $A$  – площа обпирання на ґрунт палі,  $\text{м}^2$ , що приймається за площею поперечного перетину палі брутто або за площею поперечного перерізу камуфлетного розширення по його найбільшому діаметру, або за площею палі-оболонки нетто;  $u$  – зовнішній периметр поперечного перерізу палі, м;  $f_i$  – розрахунковий опір  $i$ -го шару ґрунту підстави на бічній поверхні палі,  $\text{кПа}$ , що приймається з табл. Н.2.2 Додатку Н ДБН В.2.1-10-2009 [8];  $h_i$  – товщина  $i$ -го шару ґрунту, що стикається з бічною поверхнею палі, м;  $\gamma_{cR}$  і  $\gamma_{cf}$  – коефіцієнти умов роботи ґрунту відповідно під нижнім кінцем і на бічній поверхні палі, що враховують вплив способу занурення палі на розрахункові опори ґрунту і приймаються з табл. Н.2.3 Додатку Н ДБН В.2.1-10-2009 [8].

У формулі (2.1) підсумовуються опори ґрунту послідовно за всіма шарами ґрунту, пройденими палею, за винятком випадків, коли проектом передбачається планування території зрізанням або можливий розмив ґрунту. У цих випадках слід підсумувати опори всіх шарів ґрунту, розташованих відповідно нижче рівня планування (зрізання) і дна водойми після його місцевого розмиву при розрахунковому паводку.

Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі  $R$  визначаємо, враховуючи глибину занурення нижнього кінця палі від ґрунтів. У даних умовах згідно з табл. Н.2.1 Додатку Н ДБН В.2.1-10-2009  $R = 2600 \text{ кПа}$ .

Розміри палі  $0,3 \times 0,3 \text{ м}$ , отже площа спірання на ґрунт  $A = 0,09 \text{ м}^2$  і зовнішній периметр поперечного перерізу палі  $u = 1,2 \text{ м}$ .

Розрахунковий опір  $i$ -го шару ґрунту основи на бічній поверхні палі  $f_i$  залежить від глибини розташування шару ґрунту та типу ґрунту.

При зануренні палі дизельними молотами коефіцієнти умов роботи ґрунту під нижнім кінцем  $\gamma_{cR}$  та на бічній поверхні  $\gamma_{cf}$  палі приймається рівними 1.

Схема закладення пального фундаменту показана на рис 2.1.

Для розрахунку несучої здатності палі ґрунтова товща в межах стисливої товщі розбита 6 шарів по 1...2 м відповідно до літологічного складу і стану ґру-

нтів в межах виділених інженерно-геологічних елементів.

Вихідні значення та результати розрахунків наведені у таблиці 2.1. Розрахунок виконано за допомогою програми Microsoft Excel.



Рисунок 2.1 – Схема закладення висячих паль у вертикальному перерізі

Згідно з виконаними розрахунками при вазі будівлі 90000 кН необхідна кількість висячих паль для забезпечення несучої здатності пального фундаменту складає не менше 196 паль. Відповідно при площі будівлі 600 м<sup>2</sup> і рівномірному розташуванні паль відстань між ними становить 3,0 м.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунків несучої здатності висячої палі

№№ шарів	Інженерно-геологічний елемент	Товщина $i$ -го шару ґрунту, що дотикається до бічної поверхні палі, $h_i$ , м	Розрахунковий опір $i$ -го шару ґрунту основи на бічній поверхні палі, $f_i$ , кПа	Несуча здатність палі, $F_d$ , кН
1	ІГЕ-1 Супісок і пісок (насипний ґрунт)	2,0	4,0	459,6
2	ІГЕ-3 Супісок м'якопластичний	2,0	8,0	
3	ІГЕ-3 Супісок м'якопластичний	1,0	10,0	
4	ІГЕ-4 Суглинок м'якопластичний	2,0	10,0	
5	ІГЕ-5 Пісок дрібний водонасичений	2,0	44,0	
6	ІГЕ-5а Пісок дрібний водонасичений	1,0	46,0	



### 3 ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЇ ПРОЕКТОВАНОГО БУДІВНИЦТВА ВІД ПІДТОПЛЕННЯ

Згідно з даними інженерно-геологічних вишукувань рівень підземних вод в межах досліджуваної ділянки знаходиться на глибинах 0,0...2,05м, в зв'язку з чим ділянка відноситься до категорії природно та постійно підтоплених та періодично затоплюваних територій підземними водами.

Відповідно до діючих нормативів гранична глибина залягання підземних вод в межах забудованих територій визначається величинами, наведеними в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Граничні глибини залягання ґрунтових вод згідно з ДБН В.1.1-25-2009 [9]

Призначення території	Гранична глибина до рівня ґрунтових вод, м	Примітка
Багатоповерхова капітальна забудова:		
якщо глибина промерзання 0,7 м і більше	Не менше 2,0	Не менше 0,5 від подошви фундаментів споруд
те саме менше 0,7 м	Не менше 1,5	Те саме
з підвальними приміщеннями	Від підлоги підвалів не менше 1,0	»
із розвинутим підземним простором (підземні пішохідно-транспортні споруди, комунікаційні тунелі, колектори та канали)	Від підлоги заглиблених споруд не менше 0,5	»
Малоповерхова садибна забудова	Не менше 1,5	Не менше глибини промерзання

В зв'язку з цим в межах досліджуваної території слід передбачити будівництво гідродинамічно доцільної системи водозниження, яка забезпечить підтримку рівня підземних вод на глибині не вище гранично допустимої, і яка для

умов проектованої капітальної забудови складає 3,0 м.

### 3.1 Вибір раціональної схеми дренажу території будівництва

Вибір системи захисних заходів складає основу воднобалансових, фільтраційних і гідравлічних розрахунків, і навіть техніко-економічного порівняння варіантів. При цьому вони не повинні призводити до таких несприятливих наслідків:

- порушення фізико-механічних властивостей ґрунтів в основі існуючих будівель і споруд при зниженні рівнів ґрунтових вод;
- зниження продуктивності підземних водоносних горизонтів, що використовуються для водопостачання;
- збільшення фільтраційних втрат зі штучних технічних водойм;
- забруднення підземних водоносних горизонтів при організації скидання

в них дренажних вод.

Дренажні системи на підтоплених територіях повинні забезпечити необхідне зниження рівнів ґрунтових вод, що визначається заглибленням підвальних приміщень, тунелів, комунікацій та інших підземних споруд.

При захисті від підземних вод заглиблених споруд знижений рівень ґрунтових вод повинен бути нижчим за основу цих споруд не менше, ніж на висоту капілярного підняття води в осушуваних ґрунтах. Планове розташування дренажу того чи іншого типу залежить від того, забудована територія, що захищається, чи тільки передбачається до освоєння.

У першому випадку розміщення дренажних споруд визначається взаємним розташуванням будівель, споруд, комунікацій. Дренажна система трасується ділянками, вільними від забудови. У другому випадку розміщення дренажу обґрунтовується гідрогеологічними та техніко-економічними розрахунками.

Тип дренажу – горизонтальний, вертикальний або комбінований – залежить головним чином від літологічної будови ґрунтів.

Горизонтальний дренаж може бути представлений дренами відкритого та закритого типів. Горизонтальні дрени відкритого типу – канали та лотки. До горизонтальних дрен закритого типу відносяться кротові, траншейні з суцільним фільтруючим заповненням їх поперечного перерізу, трубчасті, галереї і штольні.

Горизонтальний дренаж застосовується для захисту від підтоплення ґрунтовими водами значної території, невеликих ділянок або окремих споруд і як самостійний елемент інженерного захисту, що укладається на глибинах до 6...8 м. У сучасних умовах промислової та міської забудови влаштовується закритий дренаж трубчастого типу. Можливість горизонтального дренажу на вже забудованих територіях обмежена через цілу низку незручностей, пов'язаних із зведенням дренажних траншей (загроза рухів будівель в їх бік, виведення з ладу підземних комунікацій, перекриття шляхів руху транспорту, пошкодження дорожніх покриттів тощо).

Систематичний дренаж горизонтального типу застосовується:

- при живленні водоносного пласта, що осушується, за рахунок інфільтрації атмосферних опадів або господарсько-промислових вод;
- при порівняно неглибокому заляганні дзеркала підземних вод від поверхні землі та при відносно невеликій потужності осушуваного пласта;
- при необхідності здійснення на осушуваній території невеликого зниження рівня ґрунтових вод.

Різновидом горизонтального дренажу є пластовий дренаж.

Вертикальний дренаж представляє собою ряд або групу вертикальних свердловин, призначених для відбору підземних вод і зниження їх рівня, і застосовується у тих випадках, коли облаштування горизонтального дренажу є економічно недоцільним, або є скрутним або навіть неможливим внаслідок високої щільності забудови території, що підтоплюється, і насиченості її інженерними комунікаціями.

У деяких випадках необхідне зниження рівнів ґрунтових вод може бути забезпечене облаштуванням одиночної свердловини.

За геолого-гідрогеологічними умовами вертикальний дренаж доцільно за-

стосовувати:

- в обводнених ґрунтах досить високої проникності, потужності обводнених порід, що перевищує кілька метрів, і глибини залягання водотриву понад 8,0...10,0 м;

- при двошаровій будові обводненої товщі порід, коли верхній шар складений слабопроникними глинистими породами потужністю кілька метрів, а нижній – добре проникними породами;

- при багатошаровій будові обводненої товщі порід значної (понад 10 м) потужності.

В окремих випадках можуть влаштовуватися комбіновані дренажі, що представляють собою поєднання горизонтальної дрени з рядом свердловин, що самовиливаються. При цьому горизонтальна дрена укладається на глибині, що зазвичай не перевищує 6,0...8,0 м.

Розташування дренажних пристроїв у плані визначає схему осушення чи дренажу. Залежно від розташування у плані дренажі класифікуються на лінійні, кільцеві (контурні) та систематичні (площинні).

Головними видами запобіжних заходів є:

- штучне підвищення планованих відміток території з обов'язковим попереднім відсіпанням дренажного шару;
- нормативне стиснення ґрунту при засипанні котлованів та траншей;
- забезпечення відведення стоку поверхневих вод;
- забезпечення ретельного виконання робіт з будівництва водонесучих комунікацій, штучних водойм;
- організація гідроізоляції фундаментів, заглиблених споруд та комунікацій;
- спорудження протифільтраційних екранів під промисловими накопичувачами та завіс навколо них;
- будівництво берегових, головних та інших видів дренажів для запобігання підтопленню території.

## 3.2 Обґрунтування параметрів дренажної системи

### 3.2.1 Горизонтальний систематичний дренаж

Для обґрунтування раціональної системи дренажного водозниження на ділянці будівництва виконаний розрахунок гідродинамічних параметрів горизонтального та вертикального дренажів.

З метою захисту від підтоплення розглянуто спорудження недосконалого систематичного горизонтального дренажу (рис. 3.1) із закладенням дрен під природний рівень ґрунтових вод на 5,0 м та міждренною відстанню 180 м.

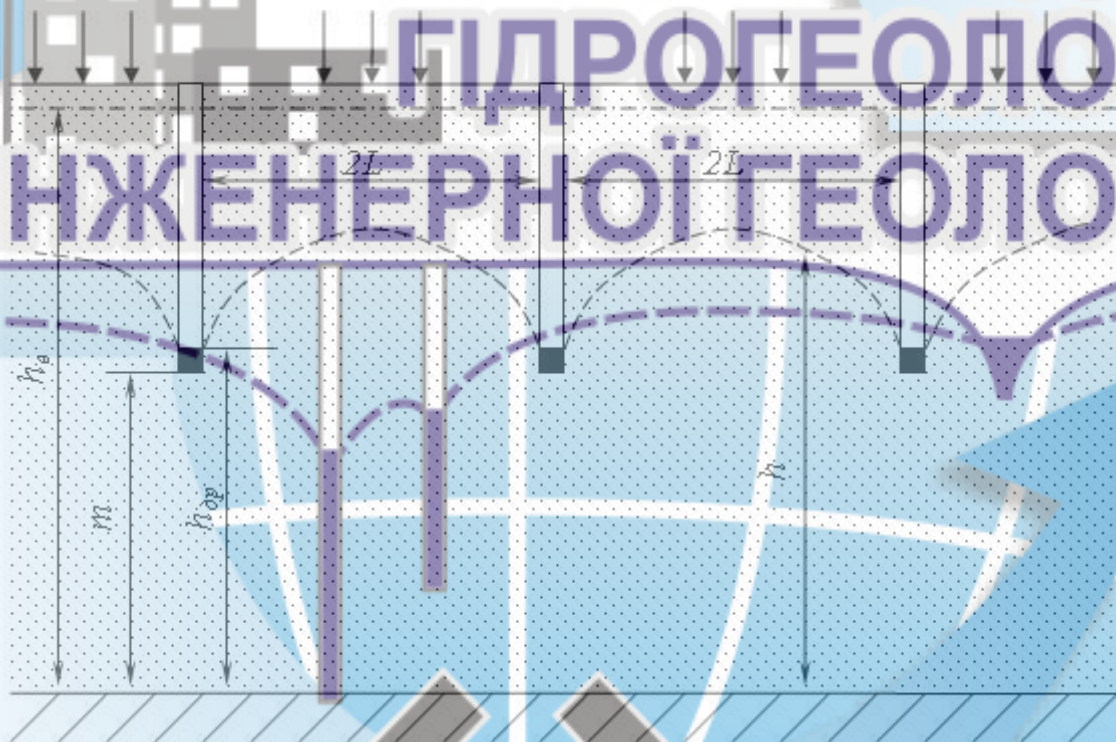


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема горизонтального систематичного дренажу

Водоносний горизонт одношаровий, з початковою потужністю  $h_e = 11,0$  м, коефіцієнт фільтрації водовмісних ґрунтів  $k = 1,35$  м/добу. Глибина залягання рівня підземних визначена за середнім значенням – 0,1 м.

Визначення положення ґрунтових вод на ділянці будівництва виконано на міждренні на розрахункові періоди 1, 5, 10, 25 та 50 років від початку роботи дренажу. В умовах роботи недосконалого систематичного дренажу в одношаровому водоносному пласті положення рівня ґрунтових вод на міждренні визначається за формулою:

$$h = h_e - (h_e - h_{dp}) O_6(x, f_0, Bi) + \frac{wL^2}{kh_c} * \left[ \frac{1}{Bi} + x - \frac{x^2}{2} - O_7(x, f_0, Bi) \right], \quad (3.1)$$

де  $h$  – максимально допустиме перевищення рівня у міждренному просторі над водотривом, м;  $w$  – інтенсивність інфільтрації, м/добу (для даної території дорівнює  $6 \cdot 10^{-4}$  м/добу);  $h_e$  – початкова потужність пласта, м;  $L$  – половина ширини міждрення, м;  $k$  – коефіцієнт фільтрації, м/добу;

$$\theta_6(x, f_0, Bi) = 1 - 2 \sum_{n=1}^{n=\infty} A_n \cos \mu_n (1-x) \exp(-\mu_n^2 f_0), \quad (3.2)$$

$$\theta_7(x, f_0, Bi) = 2 \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{A_n}{\mu_n} \cos \mu_n (1-x) \exp(-\mu_n^2 f_0), \quad (3.3)$$

де  $\mu_n$  – корені рівняння  $\mu_n = Bi \operatorname{ctgu}_n$ .

Значення  $\mu_n$  и  $A_n$  в залежності від  $Bi$  наведені в додатках 1 и 2 Довідкового посібника до БНІП [6], графіки функції  $\theta_6(x, f_0, Bi)$  для точок  $x = 1$  (міждрення) – на рис. 71 Довідкового посібника [6]. Для розрахунку  $\theta_7(x, f_0, Bi)$  при будь-яких величинах аргументів досить двох-трьох членів ряду:

$$x = \frac{x}{L};$$

$$f_0 = \frac{kh_c t}{L^2 n};$$

$$h_c = 0,5(h_e + h_{dp});$$

$$Bi = \frac{L}{2\Phi_H};$$

$$\Phi_n = h_c \Phi_1^*;$$

$$\Phi_1^* = f(m/h_c).$$

Значення додаткового опору  $\Phi_1^*$  приймається за даними [6]  $\Phi_1^* = 0,345$ .

Розрахунок зниження виконується за формулою:

$$S = h_e - h. \quad (3.4)$$

Для території багатоповерхової забудови згідно з ДБН В.1.1-25-2009, таблиця 1 [9] гранична глибина до рівня підземних вод складає не менше 2,0 м.

Розрахунок виконано за допомогою програми *Microsoft Excel*. Результати розрахунків наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок горизонтального систематичного дренажу

Потужність пласта $h_e$ , м	$h_{op}$ , м	Половина ширини між- дрення, $L$ , м	Коефіцієнт фільтрації, $k$ , м/добу	Час, $t$ , доба	$\Phi_n$	$f_0$	$B_i$	Максимально допустиме перевищення рівня, $h$ , м	Зниження рівня, $S$ , м
11	6,2	90	1,35	365	2,967	0,67	15,16	7,81	3,19
11	6,2	90	1,35	1835	2,967	0,34	15,16	6,48	4,51
11	6,2	90	1,35	3650	2,967	6,69	15,16	6,43	4,56
11	6,2	90	1,35	9125	2,967	16,73	15,16	6,43	4,56
11	6,2	90	1,35	18250	2,967	33,46	15,16	6,43	4,56

Як видно з виконаних розрахунків, станом на 10 років від початку роботи горизонтального систематичного дренажу режим фільтрації наближається до усталеного.

Отримані результати відповідають поставленим умовам щодо забезпечення необхідного зниження рівня підземних вод на ділянці проектного будівництва.

Схема розташування горизонтальних дрен систематичного дренажу наве-

дено на рис. 3.2.

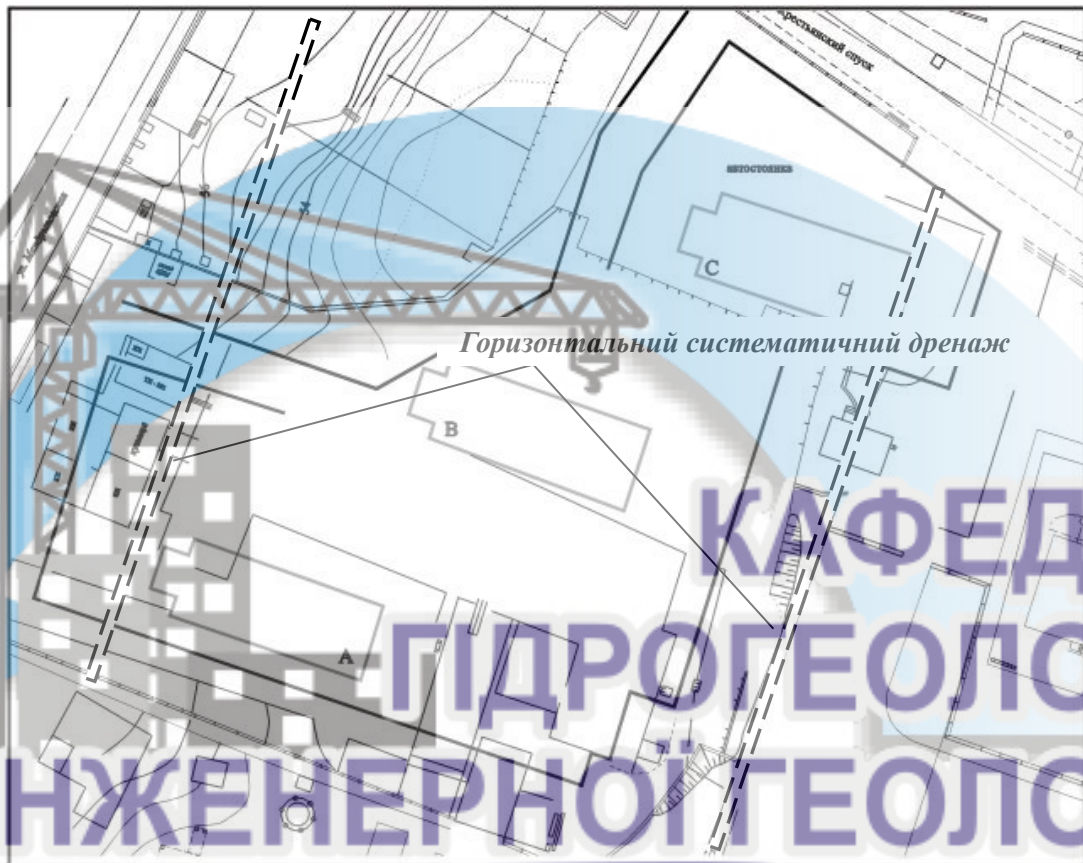


Рисунок 3.2 – План розташування дрен горизонтального систематичного дренажу

### 3.2.2 Вертикальний дренаж

Для оцінки роботи експлуатаційного водозниження використані гідродинамічні розрахунки систем свердловин, що працюють в умовах безнапірного необмеженого водоносного пласта.

В основу виконаних розрахунків покладено рівняння для радіального фільтраційного потоку до одиночної досконалої свердловини в умовах безнапірного необмеженого пласта, що має такий вигляд:

$$S_0 = h_e - \sqrt{h_e^2 - \frac{0,366Q}{k} \lg \frac{2,25at}{r_0^2}}, \quad (3.5)$$



або

$$S_0 = h_e - \sqrt{h_e^2 - \frac{0,366Q}{k} \lg \frac{R_n}{r_0^2}}, \quad (3.6)$$

та

$$S = h_e - \sqrt{h_e^2 - \frac{0,366Q}{k} \lg \frac{2,25at}{r^2}}, \quad (3.7)$$

або

$$S = h_e - \sqrt{h_e^2 - \frac{0,366Q}{k} \lg \frac{R_n}{r^2}}. \quad (3.8)$$

У формулах (3.5) – (3.8):  $S_0$  – зниження рівня води в свердловині, м;  $S$  – зниження рівня води в розрахунковій точці пласта, м;  $Q$  – постійний заданий дебіт свердловини, м/добу;  $k$  – коефіцієнт фільтрації, м/добу;  $h_e$  – потужність пласта, м;  $a$  – коефіцієнт рівнепровідності, м<sup>2</sup>/добу;  $t$  – час, на який визначаються  $S_0$  і  $S$ , доба;  $r_0$  – радіус свердловини, м;  $r$  – відстань від свердловини до точки у пласті, в якій визначається  $S$ , м;

$$R_n = 1,5\sqrt{at},$$

$R_n$  – приведений радіус впливу, м.

У випадку систем взаємодіючих свердловин величина зниження у певній точці безнапірного необмеженого пласта розраховується за наступною формулою (рис. 3.3) :

$$S_M = h_e - \sqrt{h_e^2 - 0,732 \left( \frac{Q_1}{k_1} \lg \frac{R_n}{r_1} + \frac{Q_2}{k_2} \lg \frac{R_n}{r_2} + \dots + \frac{Q_n}{k_n} \lg \frac{R_n}{r_n} \right)}, \quad (3.9)$$

де  $k_1, k_2, \dots, k_n$  – коефіцієнти фільтрації на ділянках закладення відповідно свердловин 1, 2, ...,  $n$ , працюючих з дебітами  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ ;  $r_1, r_2, \dots, r_n$  – відстані відповідно від свердловин 1, 2, ...,  $n$  до точки  $M$ .

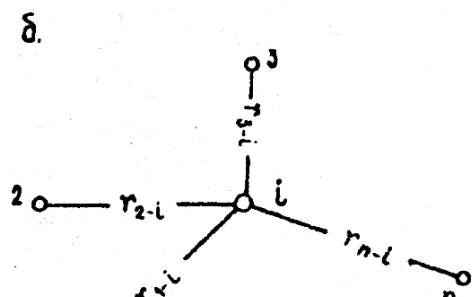
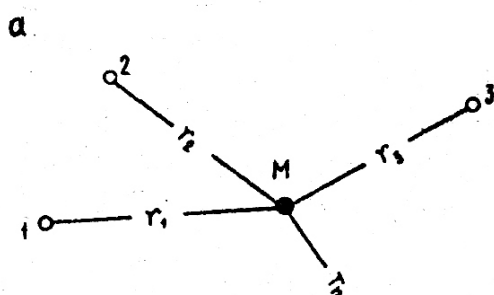


Рисунок 3.3 – Схема до розрахунку взаємодіючих свердловин в необмеженому водоносному пласті: а – для визначення зниження рівня в розрахунковій точці; б – для розрахунку зниження рівня в одній із взаємодіючих свердловин

При  $k_1 = k_2 = \dots = k_{cp} = k$ , маємо:

$$S_M = h_e - \sqrt{h_e^2 - 0,732 \left( \frac{Q_1}{k} \lg \frac{R_n}{r_1} + \frac{Q_2}{k} \lg \frac{R_n}{r_2} + \dots + \frac{Q_n}{k} \lg \frac{R_n}{r_n} \right)}. \quad (3.10)$$

Розрахунок зниження рівня в одній із взаємодіючих свердловин (див. рис.

3.3) виконується за формулою:

$$\Sigma S_i = h_e - \sqrt{h_e^2 - \frac{0,732}{k} \left( Q_1 \lg \frac{R_n}{r_{1-i}} + Q_2 \lg \frac{R_n}{r_{2-i}} + \dots + Q_n \lg \frac{R_n}{r_{n-1}} \right)}, \quad (3.11)$$

де  $r_{1-i}, r_{2-i}, r_{n-1}$  – відстані відповідно від свердловин 1, 2, ...,  $n$  до  $i$ -ої свердловини, в якій визначається зниження рівня, м.

Якщо задані зниження рівнів у взаємодіючих свердловинах  $S_{c1}, S_{c2}, \dots, S_{cn}$ , а шуканими є дебіти  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ , то складається система рівнянь:

$$\begin{cases} (2h_e - S_{c1})S_{c1} = \frac{0,732}{k} \left( Q_1 \lg \frac{R_n}{r_{01}} + Q_2 \lg \frac{R_n}{r_{2-1}} + \dots + Q_n \lg \frac{R_n}{r_{n-1}} \right) \\ (2h_e - S_{c1})S_{c1} = \frac{0,732}{k} \left( Q_1 \lg \frac{R_n}{r_{01}} + Q_2 \lg \frac{R_n}{r_{2-1}} + \dots + Q_n \lg \frac{R_n}{r_{n-1}} \right) \\ (2h_e - S_{cn})S_{cn} = \frac{0,732}{k} \left( Q_1 \lg \frac{R_n}{r_{n-1}} + Q_2 \lg \frac{R_n}{r_{n-2}} + \dots + Q_n \lg \frac{R_n}{r_{0n}} \right) \end{cases} \quad (3.12)$$

В цих формулах:  $r_{01}, r_{02}, \dots, r_{0n}$  – радіуси свердловин;  $r_{2-1}, r_{n-1}, \dots, r_{n-i}$  – відстані від свердловини, в якій визначається зниження рівня, до інших, які з нею взаємодіють.

Якщо ж задані дебіти взаємодіючих свердловин  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ , а шукани-

ми є зниження  $S_{c1}, S_{c2}, \dots, S_{cn}$ , то система рівнянь перетворюється до вигляду:

$$\begin{cases} Q_1 = 1,36k \left( \frac{(2h_e - S_{c1})S_{c1}}{\lg \frac{R_n}{r_{01}}} - \frac{(2h_e - S_{c2})S_{c2}}{\lg \frac{R_n}{r_{2-1}}} + \dots + \frac{(2h_e - S_{cn})S_{cn}}{\lg \frac{R_n}{r_{n-1}}} \right) \\ Q_2 = 1,36k \left( - \frac{(2h_e - S_{c1})S_{c1}}{\lg \frac{R_n}{r_{1-2}}} + \frac{(2h_e - S_{c2})S_{c2}}{\lg \frac{R_n}{r_{02}}} - \dots - \frac{(2h_e - S_{cn})S_{cn}}{\lg \frac{R_n}{r_{n-2}}} \right) \\ Q_n = 1,36k \left( - \frac{(2h_e - S_{c1})S_{c1}}{\lg \frac{R_n}{r_{1-n}}} - \frac{(2h_e - S_{c2})S_{c2}}{\lg \frac{R_n}{r_{2-n}}} + \dots + \frac{(2h_e - S_{cn})S_{cn}}{\lg \frac{R_n}{r_{0n}}} \right) \end{cases} \quad (3.13)$$

Рішення системи лінійних рівнянь проводиться з використанням ітераційного методу Гауса-Зейделя.

Оцінку роботи водознижувальних свердловин в умовах безнапірного необмеженого водоносного пласта виконано відповідно до параметрів водоносного горизонту, його фільтраційних характеристик та конфігурації системи водозниження.

Схема розташування водознижувальних свердловин в межах ділянки будівництва і розрахункових точок наведено на рис. 3.4.

Розрахунок виконаний за допомогою комп'ютерної програми для розрахунку систем взаємодіючих свердловин «Gidrik».

Вхідні дані для розрахунку:

- безнапірний водоносний горизонт;
- необмежений пласт;
- розрахунок зниження;
- кількість свердловин – 4;
- радіус свердловин –  $r = 0,1$  м
- потужність водоносного горизонту –  $h_e = 11,0$  м;
- коефіцієнт фільтрації –  $k = 1,35$  м/добу;

- коефіцієнт рівнепровідності –  $a = 75,0$  м/добу.

Результати розрахунків зниження рівнів води в свердловинах і розрахункових точках через 1, 5, 10, 25 і 50 років наведені в таблиці 3.3.

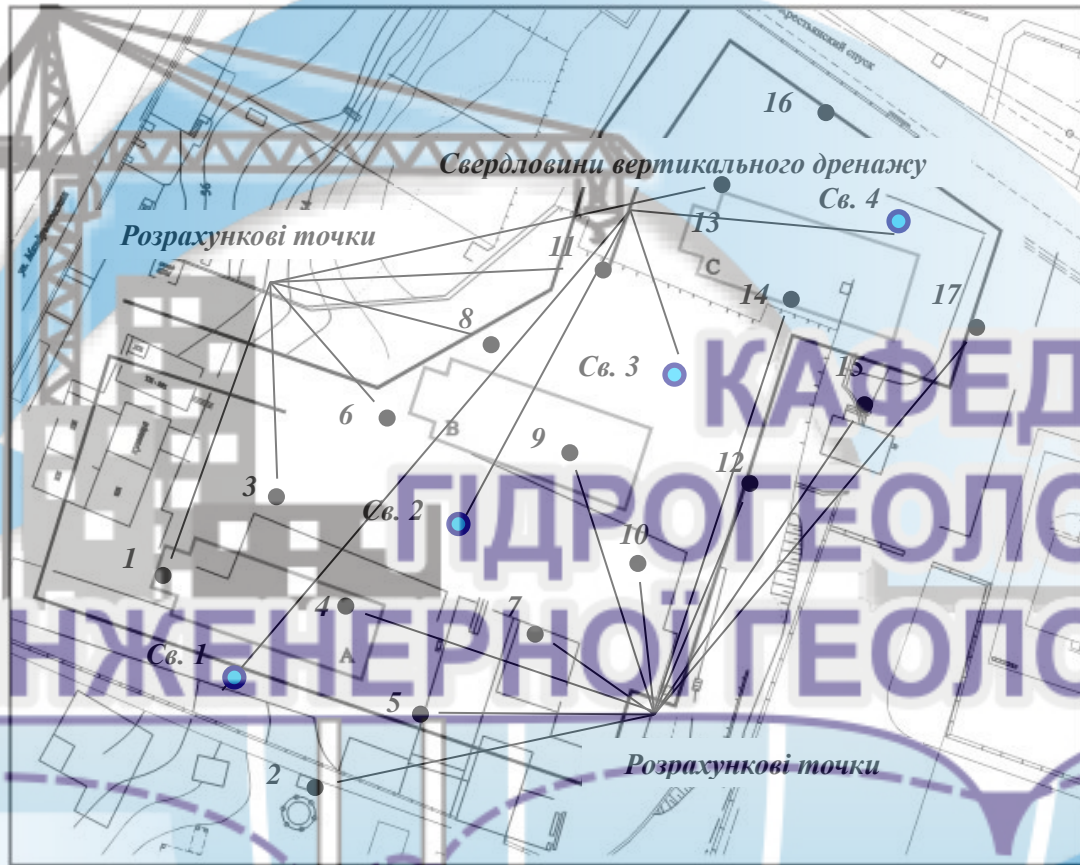


Рисунок 3.4 – План розташування водознижувальних свердловин і розрахункових точок

Як видно з результатів розрахунків, при заданому розташуванні свердловин на території проектного будівництва досягається необхідне положення рівня підземних вод на глибині не менше 2,0 м від поверхні.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунків знижень рівнів в свердловинах і розрахункових точках

№№ свер-	Дебіт сверд-	Зниження рівня, м
----------	--------------	-------------------

ДЛОВИН	ЛОВИНИ, М <sup>3</sup> /ГОД	$t = 365$ діб	$t = 1825$ діб	$t = 3650$ діб	$t = 9125$ діб	$t = 18250$ діб
1	1,0	3,075	4,323	4,938	5,865	6,696
2	1,0	3,478	4,806	5,475	6,511	7,491
3	1,0	3,478	4,806	5,475	6,511	7,491
4	1,0	3,075	4,323	4,938	5,865	6,696
Розрахункові точки						
1	-	1,204	2,183	2,639	3,284	3,811
2	-	1,204	2,183	2,639	3,284	3,811
3	-	1,365	2,362	2,829	3,490	4,032
4	-	1,593	2,617	3,098	3,784	4,350
5	-	1,365	2,362	2,829	3,490	4,032
6	-	1,498	2,510	2,985	3,661	4,216
7	-	1,498	2,510	2,985	3,661	4,216
8	-	1,507	2,520	2,996	3,672	4,229
9	-	1,748	2,791	3,283	3,987	4,571
10	-	1,507	2,520	2,996	3,672	4,229
11	-	1,498	2,510	2,985	3,661	4,216
12	-	1,498	2,510	2,985	3,661	4,032
13	-	1,365	2,362	2,829	3,490	4,216
14	-	1,593	2,617	3,098	3,784	4,350
15	-	1,365	2,362	2,829	3,490	4,032
16	-	1,204	2,183	2,639	3,284	3,811
17	-	1,204	2,183	2,639	3,284	3,811

Динаміка рівнеовго режиму на ділянці будівництва в умовах роботи вертикального дренажу при постійному дебіті (сумарний дебіт дренажної системи 4,0 м<sup>3</sup>/год або 96,0 м<sup>3</sup>/добу) наведена на рис. 3.5.

Зважаючи на роботу вертикального дренажу в умовах нестационарного режиму фільтрації розглянута можливість забезпечення роботи дренажної системи при постійному зниженні рівня води в свердловинах, рівному 6,0 м. В даному випадку динаміка рівнеовго режиму на ділянці будівництва буде наближена до стаціонарного режиму при зниженні дебітів у водозабірних свердловинах протягом часу експлуатації дренажної системи від 34,5...40,9 м<sup>3</sup>/добу до 20,0... 23,7 м<sup>3</sup>/добу (від 1,44...1,70 м<sup>3</sup>/год до 0,83...0,99 м<sup>3</sup>/год) – рис. 3.6.

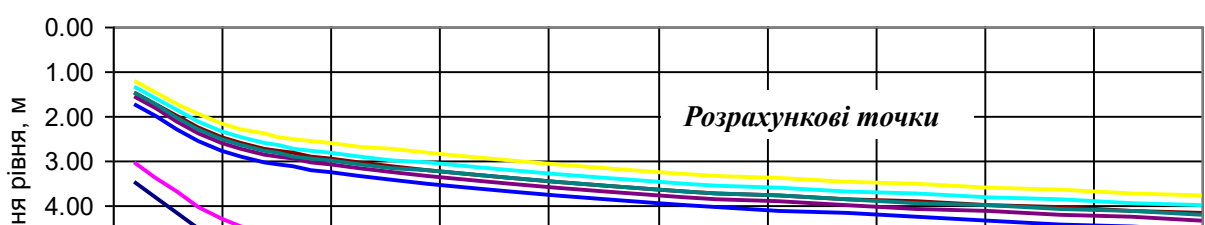


Рисунок 3.5 – Динаміка рівневого режиму при роботі вертикального дренажу з постійним дебітом  $1,0 \text{ м}^3/\text{год}$  (сумарний дебіт  $4,0 \text{ м}^3/\text{год}$  або  $96,0 \text{ м}^3/\text{добу}$ )

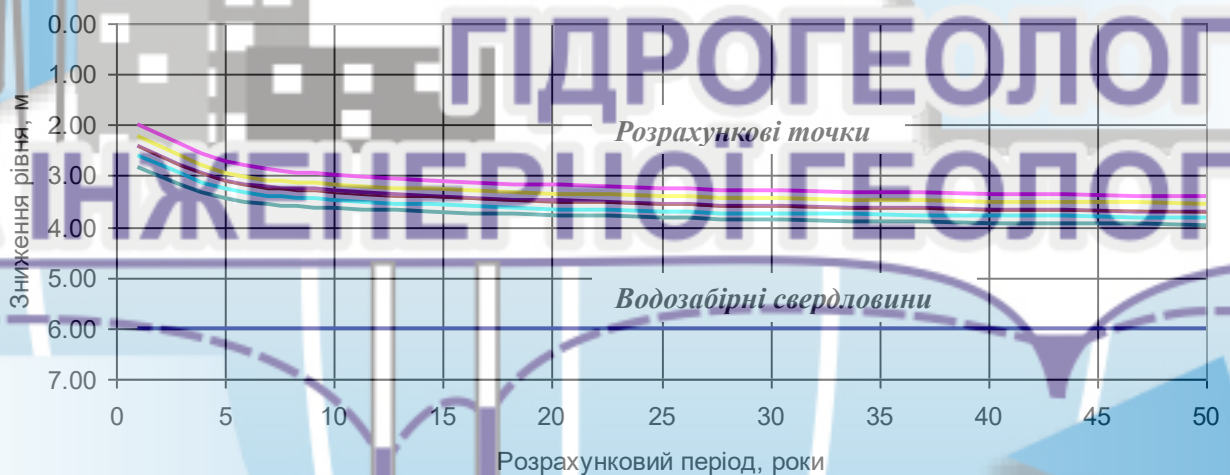


Рисунок 3.6 – Динаміка рівневого режиму при роботі вертикального дренажу з постійним зниженням рівня  $6,0 \text{ м}$

Виходячи з виконаних розрахунків можна зробити висновок, що наведені схеми горизонтального і вертикального дренажів є ефективними для водозниження в межах досліджуваної території. Однак, більш доцільним в умовах, що розглядаються, буде використання недосконалого горизонтального систематичного дренажу, так як при його роботі забезпечується необхідне зниження рівня підземних вод з меншими витратами, пов'язаними з реалізацією та експлуатацією дренажної системи.



КАФЕДРА  
ГІДРОГЕОЛОГІЇ  
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

The logo is a circular emblem with a light blue background. The top half features a grey silhouette of a construction crane and a building. The bottom half shows a cross-section of the Earth with a grid of latitude and longitude lines. Two vertical lines represent boreholes or wells extending into the ground. A large blue arrow curves from the bottom right towards the center. At the bottom center, two crossed hammers are depicted in grey.

## ВИСНОВКИ

В роботі виконана оцінка інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов заплави р. Дніпро у зв'язку з обґрунтуванням дренажного водозниження на ділянці проектованої забудови.

Геологічний розріз ділянки проектованого будівництва до глибини 25,0 м представлений комплексом сучасних, верхньо-середньочетвертинних старичних, алювіально-делювіальних, алювіальних супіщано-суглинних і піщаних відкладень, які підстилаються потужною товщею ґрунтів кори вивітрювання скельних порід і власне скельними породами.

Рівень підземних вод в межах досліджуваної ділянки знаходиться на глибинах 0,0...2,05 м, у зв'язку з чим ділянка відноситься до категорії природно і постійно підтоплених територій, що періодично підтоплюються підземними водами.

В умовах, що розглядаються, найбільш доцільним є пальовий тип фундаменту з поперечним перерізом паль 0,3x0,3 м і глибиною закладення висячих паль 10,0 м. З огляду на літологічний розріз ґрунтової товщі глибина закладення паль повинна відповідати поверхні пісків середніх (ІГЕ-6) і каолінів (ІГЕ-7). В межах ділянки проектованої споруди при несучій здатності висячих паль 459,6 кН і необхідній їх кількості не менше 196 крок розташування паль складає 3,0 м.

У зв'язку з віднесенням заплави р. Дніпро до категорії постійно підтоплених територій, в межах ділянки проектованого будівництва необхідним є закладення системи дренажного водозниження. Для забезпечення положення рівня води на глибині не вище 2,0 м запропоновано використання горизонтального систематичного дренажу і вертикального дренажу.

За результатами виконаних розрахунків встановлено, що необхідне зниження рівня підземних вод при роботі горизонтального дренажу досягається за рахунок розташування горизонтальних дрен на глибині 5,0 м на відстані 180 м між дренами. Розрахунками на періоди 1, 5, 10, 25 і 50 років показано, що ста-



лий режим фільтрації на ділянці будівництва досягається через 10 років після початку роботи дренажної системи.

За даними виконаних розрахунків вертикального дренажу встановлено, що необхідне зниження рівня води на ділянці проектного будівництва досягається при роботі чотирьох водозабірних свердловин зі зниженням рівня води у свердловинах до 4,3...4,8 м і сумарній величині дренажного водовідбору 5,84 м<sup>3</sup>/год або 140 м<sup>3</sup>/добу.

Забезпечення нормативного положення рівня підземних вод на ділянці будівництва досягається також при постійному зниженні у водозабірних свердловинах 6,0 м і величині водовідбору із свердловин, що зменшується протягом розрахункового періоду експлуатації дренажної системи від 34,5...40,9 м<sup>3</sup>/добу до 20,0... 23,7 м<sup>3</sup>/добу (зменшення сумарного водовідбору від 150,8 м<sup>3</sup>/добу до 87,4 м<sup>3</sup>/добу).

Згідно з результатами розрахунків як горизонтальний, так вертикальний дренаж забезпечують необхідне зниження рівня підземних вод протягом всього часу експлуатації проектного споруди. Однак, більш доцільним є застосування систематичного горизонтального дренажу, зважаючи на витрати, пов'язані з його експлуатацією.

У якості комплексу рішень, спрямованих на захист території від періодичного підтоплення, необхідно передбачити проведення планування території, водовідведення зливових вод, запобігання експлуатаційним витокам з водонесних комунікацій, а також забезпечення безперебійної роботи дренажної системи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

## Опублікована

1. Костюченко М.М., Шабатин В.С. Гідрогеологія та інженерна геологія: Підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. – 144 с.
2. Кошляков О.Є., Мокієнко В.І. Динаміка підземних вод. Головні поняття та визначення: Навчальний посібник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2004. – 32 с.
3. Кошляков О.Є., Мокієнко В.І. Практикум з динаміки підземних вод. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. – 77 с.
4. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: Підручник / М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, А. В. Яковлєв, О. О. Петраков, В. Б. Швець, О. В. Школа, С. В. Біда, Ю. Л. Винников. – Полтава: ПНТУ, 2003. – 446 с.
5. Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти: Підручник / В.Б. Швець, І.П. Бойко, Ю.Л. Винников, М.Л. Зоценко, О.О. Петраков, О.В. Солодянкін, В.Г. Шаповал, О.М. Шашенко, С.В. Біда. – Дніпропетровськ: «Пороги», 2014. – 231 с.
6. Довідковий посібник до БНіП. Прогнози підтоплення і розрахунок дренажних систем на забудованих і забудованих територіях. – М.: Стройвидаг, 1991. – 272 с.
7. ДБН-В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 107 с.
8. ДБН-В.2.1-10-2009. Зміна № 1. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 57 с.
9. ДБН В.1.1-25-2009. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 34 с.
10. ДБН В.2.1-10:2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 42 с.

11. ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016. Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 141 с.

12. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 20 с.

Фондова

13. Звіт про інженерно-геологічні умови на майданчику будівництва багатофункціонального комплексу по вул. Мандриківській, 44 у м. Дніпропетровську. – Дніпропетровськ: ДІНТР, 2006.

# КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



**КАФЕДРА  
ГІДРОГЕОЛОГІЇ  
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ**



**КАФЕДРА  
ГІДРОГЕОЛОГІЇ  
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ**



**КАФЕДРА  
ГІДРОГЕОЛОГІЇ  
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ**