

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

Факультет природничих наук та технологій  
(факультет)

Кафедра гідрогеології та інженерної геології  
(повна назва)

**ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА**

Кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студента Мажарова Максима Юрійовича  
(ПІБ)

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 будівництва промислового корпусу на суглинистих основах та обґрунтування інженерного захисту в умовах просадних ґрунтів Токмацького району  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Шерстюк Є.А.			
розділів:				
Загальний	Шерстюк Є.А.			
Спеціальний	Шерстюк Є.А.			
<b>Рецензент</b>	Расцветнев В.О.			
<b>Нормоконтролер</b>	Інкін О.В.			

Дніпро

2024

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
гідрогеології та інженерної геології  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ Рудаков Д.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 року

**ЗАВДАННЯ**  
**На кваліфікаційну роботу**  
**Ступеню бакалавра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студенту Мажарову М.Ю. групи 103-20-1  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 103 Науки про Землю

за освітньо-професійною програмою «Геологія»

на тему Оцінка інженерно-геологічних умов будівництва промислового корпусу на суглинистих основах та обґрунтування інженерного захисту в умовах просадних ґрунтів Токмацького району

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 15.04.24 №333-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Загальний	Загальна характеристика району досліджень, геологічна будова, фізико-механічні властивості ґрунтів на досліджуваній території	05.06.2024
Спеціальний	Прогноз інженерно-геологічних змін на ділянці досліджень; розрахунок підняття рівнів ґрунтових вод на ділянці, визначення деформацій осідання і просідання в основі проєктованої споруди, рекомендації щодо інженерного захисту території проєктованого будівництва	01.07.2024

Завдання видано \_\_\_\_\_ Шерстюк Є.А.  
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 15.04.2024 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 03.07.2024 р.

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ Мажаров М.Ю.  
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 63 с., 11 рис., 13 табл., 13 джерел.

Об'єктом дослідження є інженерно – геологічні процеси, що відбуваються в межах розповсюдження лесовидних суглинків четвертинного віку.

Метою даної роботи є вивчення інженерно – геологічних і гідрогеологічних умов ділянки проектного будівництва та прогноз їх змін у часі в умовах експлуатації споруд.

У вступі викладено суть проблеми, визначено завдання та методика вирішення.

У загальній частині дана характеристика фізико – географічних умов, геологічної будови, інженерно – геологічних і гідрогеологічних умов на досліджуваній території.

У спеціальній частині сформульовані та вирішені наступні задачі: виконаний прогноз зміни рівня ґрунтових вод з часом, враховуючи використання води в технологічному процесі; наведена методика розрахунку осідання проєктованих фундаментів методом пошарового підсумовування, визначено осідання фундаменту проєктованої споруди методом пошарового підсумовування; а також надані рекомендації щодо інженерного захисту території проектного будівництва.

*Ключові слова:* ЛЕСОВІ ҐРУНТИ, ПРОСІДАННЯ, ВТРАТИ З ВОДОНЕСУЧИХ КОМУНІКАЦІЙ, МЕТОД ПОШАРОВОГО ПІДСУМОВУВАННЯ, ОСІДАННЯ, ПРОГНОЗ ПІДТОПЛЕННЯ, ФУНДАМЕНТИ



## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ .....	3
ВСТУП .....	5
1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	7
1.1. Геоморфологія та рельєф .....	7
1.2. Гідрографія та гідрологія .....	8
1.3. Клімат .....	8
1.4. Геологічна будова .....	10
1.5. Гідрогеологічні умови .....	14
1.6. Розповсюдження лесових ґрунтів на території України .....	19
2. ІНЖЕНЕРНО – ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ДІЛЯНКИ ПРОЕКТОВАНОГО БУДІВНИЦТВА .....	27
2.1. Інженерно-геологічна характеристика ділянки .....	27
2.2. Фізико-механічні властивості ґрунтів .....	31
2.3. Гідрогеологічні умови ділянки .....	37
3. ПРОГНОЗ ЗМІНИ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ДІЛЯНКИ БУДІВНИЦТВА .....	38
3.1. Прогноз зміни рівня підземних вод на ділянці забудови .....	38
3.2. Прогноз осідання фундаменту методом пошарового підсумовування .....	42
3.3. Прогноз просідань в основі фундаментів .....	49
4. СПОСОБИ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ НА ДІЛЯНКАХ З ПРОСІДАЮЧИМИ ҐРУНТАМИ .....	53
ВИСНОВОК .....	61
Список літератури .....	63
Додаток 1 Відгук керівника	
Додаток 2 Рецензія	
Додаток 3 Результати перевірки на наявність плагіату	

## ВСТУП

На сьогодні будівництво набирає велику тенденцію в розвитку, з кожним роком зростає кількість житлових комплексів, офісних приміщень та ін. Але, на жаль, збільшується і кількість несприятливих геологічних явищ і процесів, таких, як зсуви, обвали, підтоплення, карстово-суфозійні процеси, просідання товщ, і тому подібне, які у свою чергу належать найбільш небезпечних природно-техногенних процесів. До одних із несприятливих факторів відносяться лесові ґрунти.

Лесові ґрунти залягають на значній території України, покриваючи більше 65% континентальної поверхні. Лесові ґрунти представлені суглинками, рідше – супісками. Серед них розрізняють лес (первинні утворення) та лесовидні суглинки (перевідкладені первинні утворення).


Так як лесові породи широко розповсюджені на території України проблема боротьби з просіданням цих порід в основах інженерних споруд стає досить актуальною. Адже при замочуванні лесу відбувається осідання і різке зменшення міцності ґрунту [1]. При цьому спостерігається втрата стійкості фундаменту, присутні інтенсивні осідання, що часто супроводжуються видавлюванням водонасиченого лесового ґрунту з-під фундаменту споруди, це зазвичай призводить до повного або часткового руйнування будівель, гребель, доріг тощо. Для будівництва важливо відрізнити просідні лесові ґрунти від звичайних, вивчити особливості механічних властивостей просідаючих ґрунтів і передбачити вплив цих властивостей на споруди, що зводяться [5].

Досліджувана територія відноситься до Дніпровсько-Молочанської низовини область якої займає північно-східну частину Причорноморської низовини, приуроченої до північного схилу однойменної западини. В Токмацькому районі Запорізької області біля річки Токмачка планується будівництво об'єкту енергетичної інфраструктури – теплоелектроцентралі (ТЕЦ) на біопаливі. У літологічній будові ділянки беруть участь нижньо-, середньо- та верхньоплейстоценові

відклади складені перешаруванням глини, суглинків та лесовидних суглинків, а також сучасними утвореннями – насипними ґрунтами [5].

Метою даної роботи являється: вивчення інженерно-геологічних та гідро-геологічних умов та прогноз змін умов території в умовах забудови.

Для досягнення мети сформульовані та вирішені наступні задачі: виконання прогнозу зміни рівня ґрунтових вод у часі (на термін 25 років), враховуючи використання води в технологічному процесі; визначення осадки фундаменту проектованої споруди з розподіленим навантаженням по підшві 0,2 МПа методом пошарового сумування для природних умов та в умовах підвищення рівня підземних вод для вибору типу фундаменту; розрахунок просідання ґрунтів при замочуванні.



# КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



## 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Токмацький район розташований приблизно між  $47^{\circ}$  і  $48^{\circ}$  північної широти та  $35^{\circ}$  і  $36^{\circ}$  східної довготи. На півночі район межує з Оріхівським районом; на сході – з Гуляйпільським районом; на півдні – з Пологівським районом; на заході – з Василівським районом.

### 1.1. Геоморфологія та рельєф

Відповідно до геоморфологічного районування України територія вишуквань відноситься до Приазовської височини, Приазовської похилої розчленованої акумулятивно-денудаційної рівнини.

Сучасний геоморфологічний вигляд території – результат тривалої успадкованої історії геологічного розвитку району. Рельєф створений ендегенними та екзогенними процесами, які протікали протягом тривалого періоду історії геологічного розвитку території в мезозой-кайнозойський етап. За цей період територія багаторазово зазнала тектоно-епейрогенічної активізації.

Пеніпленізована поверхня Приазовського масиву з абсолютними висотами 80 – 133 м, на заході переходить в сарматський денудаційний рівень. Сучасний рельєф її майже повністю, навіть в деталях, повторює рельєф поверхні докембрійських порід, перекриті четвертинними, потужністю в 10 – 20 м, лише деякими малопотужними відкладами сарматського ярусу. Середній ухил потужності на цій ділянці становить 3 – 5 м на кілометр. Вододільні простори широкі та плоскі. Тільки у с. Оріхівка спостерігається бугор – Кам'яна Могила, - складений кварцитами, висотою в кілька метрів і площею до 10 га. Ділянка прорізається річками західного напрямку: р. Токмачка з балками Скелювата, Апанли, р. Юманли з балкою Шульнею, балками Арабка, Метрозли та ін., пониззя яких розташовані вже на сарматському денудаційному рівні. Глибина долин 10 – 60 м.

Річки та великі балки мають заплавні тераси шириною від 50 до 200 м при висоті 2 – 2,5 м. Течія швидка, місцями порожиста. На ряді ділянок спостерігаються відслонення кристалічних порід, іноді скельного характеру, висотою до 10 – 20 м. Однак в більшості випадків схили долин пологі, розвинена I надзаплавна тераса висотою 6 – 10 м і шириною від 100 до 600 м. Вік основних форм рельєфу цієї ділянки визначається як доверхньокрейдовий.

## 1.2 Гідрографія та гідрологія

Місто Токмак розташоване над річкою Токмак. Токмак — ліва і найбільша притока Молочної (басейн Азовського моря). Довжина Токмака разом з Молочною становить 197 км. Витоки розташовані на північний схід від села Верхній Токмак. Тече спершу на південний захід, далі — на північний захід, захід і південний захід. На північ від міста Молочанська зливається з річкою Чингул, даючи початок Молочній. Основні притоки: Сисикулак, Каїнкулак, Бандурка (праві).

Витоки річки, розташовані на північний схід від села Верхній Токмак. Спершу тече на південний захід, а далі — на північний захід, захід та південний захід. Даючи початок Молочній на північ від міста Молочанська зливається з річкою Чингул. Основні притоки: Сисикулак, Каїнкулак, Бандурка (праві).

Токмачка бере початок на південний схід від села Григорівки, неподалік від гори Токмак-Могили. Тече на північний захід. Впадає до Кінської біля східної околиці села Мала Токмачка.

## 1.3. Клімат

Токмацький район Запорізької області за архітектурно будівельним районуванням відноситься до зони II – південно-східний кліматичний район (степ).

Район вишукувань знаходиться в зоні степів України. Клімат району



помірно- континентальний, недостатньо вологий, з добре виявленими порами року. Зима м'яка, з похмурою погодою та частими відлигами. Середня денна температура повітря – (4-8) °С. Найтеплішим місяцем є липень із середньомісячною температурою + 23,3°С, а найхолоднішим - січень із середньомісячною температурою -4,5°С. Абсолютний мінімум температури повітря -27,7°С, абсолютний максимум + 41,9°С. Тривалість періоду з середньодобовою температурою нижче 0° - 95 днів. Заморозки ночами починаються з другої декади вересня і закінчуються в першій декаді травня.

Таблиця 1.1

Кліматологічні показники (характеристики) архітектурно-будівельних кліматичних районів та підрайонів.

Кліматичний район, під-район	Температура повітря, °С				Кількість опадів за рік, мм	Відносна вологість у липні, %	Середня швидкість вітру у січні, м/с
	середня за		Абсолютний мінімум	Абсолютний максимум			
	січень	липень					
II – Південно-східний (Степ)	Від -2 до -6	Від 21 до 23	Від -27 до -42	Від 39 до 42	Від 400 до 500	Менше 65	Від 4 до 6

Кількість снігу та терміни його випадання сильно відрізняються залежно від особливостей зими. Тимчасовий сніговий покрив формується, зазвичай, вже в листопаді (дуже рідко в жовтні), постійний - в середньому на початку грудня. Проте взимку характерні часто тривалі відлиги, під час яких сніг може повністю зійти, а потім випасти заново, таким чином, постійний сніговий покрив може встановлюватися кілька разів.

Стійко сніг всю зиму лежить тільки в суворі зими, які бувають досить рідко. Максимальної висоти сніговий покрив зазвичай досягається в лютому (рідше - у березні). Сніговий покрив сходить в середньому у середині березня, але це залежить, багато в чому, від кількості снігу та від середньої температури березня, яка може дуже сильно відрізнятися. При холодному березні сніг може повністю зійти тільки в квітні.

Нормативна глибина сезонного промерзання, розрахована відповідно до ДБН В.2.1-10-2009 становить:

- для глин і суглинків – 0,9 м. Снігове навантаження – 1350 Па.

Вітрове навантаження – 500-550 Па. Товщина ожеледі – 17 м.

Вітрове навантаження при ожеледі – 300-350 Па.

#### 1.4. Геологічна будова

В геологічній будові району робіт беруть участь кристалічні породи докембрію, на нерівній поверхні яких залягає осадова товща, представлена крейдяними, палеогеновими, неогеновими та четвертинними утвореннями (рис. 1.1).

*Кристалічні відклади докембрію (AR-PR).* Кристалічні відклади в районі робіт залягають на глибині від 90,0 до 158 м і більше. Представлені мігматитами, гнейсами, гранітами, каолінізованими відкладами кори вивітрювання. Перекриваються потужною верствою мезокайнозойських утворень.

*Крейдяні відклади (K).* Найбільш стародавніми відкладами, що перекривають кору вивітрювання є відклади крейдяної системи.

*Нижні крейдяні відклади (K<sub>1</sub>).* Нижні крейдяні відклади поширені тільки в південній частині району, залягають на кристалічних породах докембрію.

Представлені нижні крейдяні відклади темно-сірими глинами, слабо глинистими сірими пісками розкритою середньою потужністю 16,7м, залягають на глибині від 58 до 64 м. Перекриваються нижні крейдяні відклади верхніми крейдяними відкладами.

*Верхні крейдяні відклади (K<sub>2</sub>).* Верхні крейдяні відклади мають повсюдне поширення. Залягають на кристалічних відкладах, а в південній частині району - на породах нижньої крейди. Представлені, в основному, морськими фаціями: пісковиками, мергелями, пісками, алевритами, опокою. Глибина залягання

відкладів змінюється від 40,4 до 119,0м. Загальна потужність їх складає від 25 до 83 м.



Рис. 1.1. Геологічна будова району досліджень

*Палеогенові відклади (P).* Палеогенова система представлена бучакськими, та нерозчленованими еоцен-олігоценовими відкладами.

*Бучакські породи ( $P_2\text{bc}$ ).* Бучакські відклади мають, майже, повсюдне поширення, виключення становлять крайня північна та південна частини району.

Залягають на відкладах верхньої крейди. Перекриваються верхніми еоценово-олігоценовими відкладами. Представлені пісками, глинами, алевритами,



каолінами. Глибина залягання відкладів змінюється від 44,0 до 100,0 м. Загальна потужність їх складає від 14,5 до 49,4 м.

*Верхні еоценово-олігоценові відклади ( $P_{2-3}$ ).* Верхні еоценово-олігоценові відклади мають повсюдне поширення за виключенням південної частини району. Залягають на бучакських відкладах, а в місцях їх відсутності - на породах верхньої крейди. Глибина залягання становить від 32,8 до 88,0 м. Представлені глинами з прошарками пісковиків, пісками, глинами, пісковиками, каолінами загальною потужністю від 4,0 до 41,7 м.

*Неогенові відклади ( $N$ ).* Дані відклади в районі робіт мають повсюдне поширення, виключення становлять долини річок та крупних балок, де вони частково розмиті. Представлені відкладами полтавського, сарматського ярусів та верхніми пліоценовими червоно-бурими глинами.

*Полтавські відклади ( $N_{1pl}$ )* мають повсюдне поширення. Залягають відклади регіону русу на верхніх еоценово-олігоценових відкладах, верхньої крейди, глибина залягання складає від 6,3 до 60,0 м.

Покриваються відкладами сарматського ярусу, а в місцях їх відсутності - червоно-бурими глинами або четвертинними відкладами. Відклади полтавського регіону русу складені дрібно-різномірними пісками, глинами, вапняками, пісковиками, каолінами загальною потужністю від 1,7 до 29,5 м.

*Сарматські відклади ( $N_{1s}$ )* мають значне поширення. Відсутній в долинах крупних балок і в долинах річок Вільнянка та Гайчур, де вони розмиті. Представлені пісками, глинистими пісками, вапняками, глинами загальною потужністю від 5,0 до 28,0 м. Залягають на відкладах полтавського регіону ярусу на глибині від 20,0 до 38,0 м. Перекриваються верхні пліоценовими червонобурими глинами.

*Верхні пліоценові відклади ( $N_{2cb}$ )* мають повсюдне поширення за виключенням південної частини району. Показані відклади піскуватими червонобурими щільними глинами, потужністю від 5,6 до 20,0 м. Залягають на відкладах сарматського регіону ярусу, а в місцях їх відсутності — на відкладах полтавського регіону ярусу. Глибина залягання становить від 3,0 до 22,0 м.

Перекриваються четвертинними відкладами.

*Четвертинні відклади (Q).* На території району розвинені повсюдно. Залягають на верхніх пліоценових відкладах, а в південній частині району – на породах полтавського регіону ярусу. Показані різними за кольором та гранулометричним складом суглинками. В долинах рік Вільнянка, Гайчур і крупних балок розвинені алювіальні відклади, представлені пісками, супісками, інколи глинами. Потужність суглинків не витримана, та змінюється від 3,0 до 20,0 м.

Потужність алювіальних відкладів становить від 2,0 до 10,0 м.

Дніпровсько-Молочанська низовинна область займає північно-східну частину Причорноморської низовини, приурочена до північного схилу однойменної западини. Поверхня кристалічних порід залягає на глибині від 150 м на півночі до 300 м на півдні. У південному напрямку збільшується потужність осадових порід. На схилах долин Дніпра і Молочної відслонюються неогенові відклади: вапняки, пісковики, мергелі, піски.

*Нижньочетвертинні* відклади представлені еолово-делювіальними червоно- і жовто-бурими суглинками і бурими глинами, місцями з горизонтом викопного ґрунту і алювіальними сірими і жовтими, різнозернистими пісками III надзаплавної тераси р. Молочної. Середній відділ представлений: еолово-делювіальними жовто-бурими, лесовидними суглинками, що розділяються горизонтом викопного ґрунту та алювіальними косошаруватими пісками II тераси р. Молочної – сірими, сіро-жовтими і буро-сірими, різнозернистими з прошарками глин.

*Верхньосередньочетвертинні* відклади нерозчленовані, представлені еолово-делювіальними жовто-бурими і палево-жовтими суглинками, викопним ґрунтом і озерними світло-зеленими і зеленувато-сірими щільними суглинками, місцями з прошарками піску, поширеними в давніх озерних западинах - «подах».

*Верхньочетвертинні* відклади в своєму складі мають: еолово-делювіальні суглинки палево-жовті, лесовидні, пористі та алювіальні піски, суглинки і глини, що складають I надзаплавну терасу рр. Молочної, Чингул, Токмачка,

Крульман, Арабка.

*Голоценові* відклади різних генетичних типів розвинені дуже широко в межах усіх структурно-геоморфологічних районів.

*Техногенні утворення (t H)* об'єднують породи різного походження і складу, формування яких обумовлене господарською діяльністю людей. За типом накопичення вони бувають насипні, засипні, намивні та ін., складають залізничні і шляхові насипи, греблі, гаті, кургани, відвали кар'єрів, звалища промислових і побутових відходів, шламонакопичувачі, відстійники очисних споруд, намивні майданчики під будівництво, ними засипають балки та яри.

Як відходи виробництва техногенні утворення досить широко розповсюджені по площі у вигляді санкціонованих і стихійних звалищ потужністю 10 – 20 м. Склад їх надзвичайно різноманітний, залежить від характеру виробництва.

*Алювіальні відклади (a H)* поширені у межах низького рівня сучасних заплавл річок та крупних балок. Представлені вони русловими, заплавлними, старичними фаціями річкової і яружно-балочної мереж, різними за площею поширення, потужністю та літологічним складом. Русловий алювій представлений кварцовими пісками, сірого, жовто-сірого кольорів, дрібнозернистого складу, у верхній частині розрізу - іноді глинистими пісками.

*Грунтові відклади (e H)* представлені чорноземами, материнською породою для яких є причорноморські ґрунти та більш древні відклади. У породи, що залягають нижче, ґрунти переходять поступово.

### 1.5. Гідрогеологічні умови

В гідрогеологічному відношенні район робіт знаходиться частково в західній частині Конксько-Ялинського малого артезіанського басейну, за виключенням південної частини, яка знаходиться в межах Приазовського кристалічного масиву. Ширина западини басейну (з півдня на північ), в межах якої розвинуті основні водоносні горизонти, досягає 18-20 км. Північна межа басейну



обмежена Придніпровським кристалічним масивом, південна – Приазовським кристалічним масивом.

Областю живлення горизонтів на півночі є Придніпровський кристалічний масив з абсолютними відмітками підземних вод біля + 90-110 м, на сході – - потужний потік підземних вод із сторони Донбасу, на півдні область живлення служить зона Конкського розлому. Областю розвантаження є Причорноморська западина .

В районі виділяються водоносні горизонти в наступних відкладах:

1. Четвертинних (Q)
2. Полтавських ( $N_1P$ )
3. Полтавсько-олігоценових ( $N_{1P}-P_3$ )
4. Бучакських ( $P_2$  bc)
5. Верхньокрейдяних ( $K_2$ )
6. Нижні крейдяних ( $K_1$ )
7. Тріщинної зони кристалічних порід докембрію та їх кори вивітрювання

(AR-PR)

*Водоносний горизонт в четвертинних відкладах (Q).* Водоносний горизонт приурочений до еолово-делювіальних суглинків та алювіальних пісків.

Глибина залягання горизонту в еолово-делювіальних суглинках, в залежності від геоморфологічних особливостей рельєфу, змінюється в широких межах і коливається від 3,0 до 30,3 м. Горизонт слабо водо збагачений. Сухий залишок вод змінюється від 1,2 до 6,0 г/дм<sup>3</sup>, а загальна жорсткість - від 18,8 до 46,3 моль/дм<sup>3</sup>.

Глибина залягання алювіального водоносного горизонту, який має розповсюдження, головним чином, в долинах рік Гайчур, Вільнянка, змінюється від 0,1 до 2,0 м в заплаві та від 2,0 до 15,0м на схилах долини. Потужність пісків коливається від 2,0 до 10,0м. Водо збагаченість горизонту незначна, але на ділянках, де водовміщуючі породи представлені різнозернистими пісками, дебїти свердловин можуть досягати декілька літрів за секунду. Хімічний склад води строкатий. Сухий залишок змінюється від 1,0 до 6,0 г/дм<sup>3</sup>, а загальна жорсткість

- від 6,0 до 43,5 моль/дм<sup>3</sup>.

Підстелюється горизонт верхніми пліоценовими глинами, а в південній частині району - каолінами полтавського регіону ярусу.

Горизонт використовується населенням для побутових потреб та водопостачання невеликих ферм.

Водоносний горизонт у відкладах полтавського ярусу (N<sub>1P1</sub>). Горизонт має повсюдне поширення. Водоносний горизонт приурочений до дрібносередньозернистих пісків, інколи глинистих. Глибина залягання горизонту складає від 14,7 до 66,0 м. Потужність водомістких порід складає від 3,3 до 24,0 м.

Водозбагаченість коливається в значних межах. Дебіти свердловин змінюються від декількох кубічних метрів за годину до 36 м<sup>3</sup>/год.

Сухий залишок вод горизонту складає від 0,6 до 2,0 г/дм<sup>3</sup>, загальна жорсткість – від 7,0 до 18,5 моль/дм<sup>3</sup>.

В північній частині району горизонт підстеляється олігоценними пісками і складає разом з ними полтавсько-олігеновий водоносний горизонт, а в центральній частині району водоносний горизонт у відкладах полтавського регіону ярусу підстеляється олігоценними глинами з прошарками пісковиків.

Перекривається горизонт верхніми пліоценовими і сарматськими глинами.

Горизонт використовується окремими свердловинами і криницями для побутових потреб.

*Водоносний горизонт в полтавсько-олігенових відкладах (N<sub>1P1-P3</sub>).* Горизонт поширений в центральній та північній частинах району. Представлений дрібно-тонкозернистими та середньозернистими пісками потужністю від 24,0 до 31,4 м. Залягає горизонт на глибині від 23,3 до 47,0 м. Горизонт слабо напірний. Величина напору становить від 1,0 до 3,0 м. Статичні рівні, в залежності від рельєфу, знаходяться на глибині від 20,0 до 50,0 м.

Водозбагаченість незначна. Питомі дебіти складають від 0,1 до 0,5 м<sup>3</sup>/год.

Величина сухого залишку знаходиться в межах від 0,9 до 1,3 г/дм<sup>3</sup>, загальної жорсткості - від 8,0 до 10,5 моль/дм<sup>3</sup>. За типом води горизонту хлоридно-дрокarbonатно-сульфатні, хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатні

магнієвокальцієво натрієві.

Горизонт використовується окремими свердловинами для водопостачання невеликих населених пунктів та підприємств.

*Водоносний горизонт у бучакських відкладах ( $P_{2bc}$ ).* Горизонт має широке розповсюдження, відсутній тільки у північній частині району. Водоносний горизонт залягає на глибині від 53,0 до 92,5 м, приурочений до дрібнозернисто-глинистих пісків, інколи глинистих, потужністю від 15,3 до 26,5 м. Горизонт напірний. Величина напору складає від 25 до 45 м. Статичні рівні знаходяться на глибині від 24,8 до 65,0 м в залежності від рельєфу.

Перекривається бучакськими глинами, каолінами а також олігоценовими глинами В центральній частині бучакський водоносний горизонт разом з олігоценовим та полтавським складає єдиний водоносний комплекс.

Дебіти свердловин змінюються від 5 до 36 м<sup>3</sup>/год., питомі дебіти змінюються від 0,5 до 3,0 м<sup>3</sup>/год.

Величина сухого залишку складає від 0,5 до 1,2 г/дм<sup>3</sup>, загальної жорсткості - від 3,9 до 11,0 моль/дм<sup>3</sup>. За типом води, в основному, гідрокарбонатносульфатно-хлоридні магнієво-кальцієво-натрієві.

В підшві горизонту залягають бучакські алеврити, буре вугілля, верхньокрейдяні мергелі та пісковики.

*Водоносний горизонт верхніх крейдяних відкладів ( $K_2$ ).* Водоносний горизонт верхньокрейдяних відкладів поширений в центральній та крайній південній частинах району і є основним джерелом водопостачання населення та підприємств.

Горизонт представлений середньо-різномірними пісками потужністю від 7,5 до 21,8 м, які залягають на глибині від 63,0 до 140,3 м. Верхнім водотривам є верхньокрейдяні мергелі, пісковики, глини, нижнім - пісковики, мергелі.

Горизонт напірний. Величина напору складає від 40 до 115 м. Статичні рівні, в залежності від рельєфу, знаходяться на глибині від 20,0 до 30,0 м.

Водоносний горизонт верхньокрейдяних відкладів достатньо водо збагачений. Дебіти свердловин можуть досягати 60 м<sup>3</sup>/год., та, в основному, складають



від 14 до 20 м<sup>3</sup>/год. при зниженні від 2 до 7 м. Якість вод горизонту загалом добра. Величина сухого залишку складає від 0,4 до 1,3 г/дм<sup>3</sup>, загальної жорсткості - від 2,6 до 12 моль/дм<sup>3</sup>. За типом води горизонту гідрокарбонатносульфатно-хлоридні, гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатні магнієво-кальцієво-натрієві.

*Водоносний горизонт нижніх крейдяних відкладів (K<sub>1</sub>).* Представлений різнозернистими пісками. Перекривається нижніми крейдяними глинами та верхньокрейдяними пісковиками. Горизонт напірний. Величина напору близько 50 м. Статичний рівень знаходяться на глибинах десятків м в залежності від рельєфу.

Горизонт водозбагачений. Дебіт складає від 20,0 м<sup>3</sup>/год. Величина сухого залишку дорівнює 1,6 г/дм<sup>3</sup>, загальної жорсткості - 15,3 ммоль/дм<sup>3</sup>. За типом води горизонту гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатні магнієво-кальцієво-натрієві.

У південній частині району використовується для господарчого питного водопостачання населення та підприємств.

Водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід та її кори витривання (AR-PR). Водоносний горизонт поширений повсюдно. Глибина залягання складає від 72,0 до 160,0 м. Горизонт напірний. Величина напору складає від 35,0 до 47,5 м. Статичні рівні знаходяться на глибині від 19,5 до 24,5 м.

Водо збагаченність незначна. Питомі дебіти складають від 0,1 до 1,2 м<sup>3</sup>/год. Величина сухого залишку становить від 1,0 до 2,7 г/дм<sup>3</sup> загальної жорсткості - від 2,3 до 25 моль/дм<sup>3</sup>. За типом води горизонту, в основному, гідрокарбонатно-хлоридні натрієво-кальцієві. Використовується для побутових потреб невеликих підприємств та ферм.

## 1.6. Розповсюдження лесових ґрунтів на території України

Лесові ґрунти мають широке поширення в світі, особливо в Європі і Азії, займаючи площу близько 13 млн км<sup>2</sup> [1]. Значні площі зайняті ними на території України, близько 65 % континентальної поверхні (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Карта поширення лесових ґрунтів на території України

Лесові породи – це молоді відкладення четвертинної системи, що виникли в недавній геологічній час (не більше 1,5 млн. років тому), а в певних фізико-географічних умовах вони можуть утворюватися, наприклад, в результаті пилових бур. Вони представлені суглинками, рідше – супісками. Серед них розрізняють лес (первинні утворення) та лесовидні суглинки (перевідкладені первинні утворення). Потужність лесових порід коливається від декількох сантиметрів до десятків і навіть сотні метрів. За умовами залягання, леси повсюдно розташовуються у вигляді покривів (тобто не перекриті іншими відкладеннями).

В лесових ґрунтах проходять гідромеханічні процеси, спричинені ендегенними, екзогенними та техногенними факторами. Так, як лесові породи залягають у верхній частині геологічного розрізу, то змінюється їх будова та рельєф,

спричинені ендегенними та екзогенними процесами. Серед цих процесів слід назвати просідання, підтоплення, замочування ґрунтів та зсувні процеси.

На території України проблема боротьби з просіданням цих порід в основах інженерних споруд стає досить актуальною. Адже при замочуванні лесу відбувається осідання і різке зменшення міцності ґрунту [1]. При цьому спостерігається втрата стійкості фундаментів, присутні інтенсивні просідання, що часто супроводжуються видавлюванням водонасиченого лесового ґрунту з-під фундаменту споруди, це зазвичай призводить до повного або часткового руйнування будівель, гребель, доріг тощо

До просідаючих порід відносяться леси та лесоподібні суглинки, супіски та глини, деякі види покривних суглинків і супісків, а також в окремих випадках дрібні та пилюваті піски з підвищеною структурною міцністю, насичені глинисті ґрунти, відходи промислових підприємств, попільні відклади та ін.

Просідаючі породи та основні їх представники - лесові ґрунти – широко розповсюджені в Україні (займають більше 80% її території).

У північній частині Волинського плато товщина шару лесових ґрунтів змінюється від 3 до 10 м. Відносне просідання (див. нижче) цих ґрунтів  $\epsilon_{sl} = 0,03 - 0,064$  при напруженні  $\sigma = 300$  кПа.

Лесові ґрунти Дністровської рівнини в своїй більшості непросідаючі ( $\epsilon_{sl} = 0,01 - 0,018$  при  $\sigma = 300$  кПа). При віддаленні від р. Дністер збільшується товща лесових макропористих ґрунтів і в районі Подільського плато ці ґрунти характеризуються  $\epsilon_{sl} = 0,03 - 0,04$  при  $\sigma = 300$  кПа. Близькі за властивостями лесові ґрунти зустрічаються на території лівого берега р. Прут. На Львівщині просідаючі ґрунти залягають на глибину до 7 м і мають  $\epsilon_{sl} = 0,04-0,06$  при  $\sigma = 300$  кПа.

Лесові ґрунти мають безперервне розповсюдження починаючи з межі Дніпровської низовини в межиріччі р. Дніпра і Дністра, їх товщина 5 - 35 м,  $\epsilon_{sl} = 0,01-0,15$  ( $\sigma = 300$  кПа). У межах Причорноморської западини лесові ґрунти також залягають у вигляді безперервного шару потужністю до 22 м при відносному просіданні більше 0,2 ( $\sigma = 300$  кПа).



Лесові ґрунти часто зустрічаються і в Приазов'ї. Так, наприклад, у районі Таганрога їхня потужність досягає 17 м, а  $\epsilon_{sl} = 0,028-0,062$  при  $\sigma = 300$  кПа. На території Вінницької області лесові ґрунти зустрічаються повсюди потужністю від 2,5 до 19,5 м.

Лесові ґрунти за гранулометричним складом містять більше 50% пилюватих (розміром 0,05 - 0,005 мм) частинок, легко- та середньо-розчинні солі і карбонати кальцію. Характерні ознаки цих ґрунтів: палевий (світло-жовтий) колір, велика пористість (часто помітна неозброєним оком), борошністість на дотик. Особливістю лесів є їхня здатність просідати (опускання поверхні) при замочуванні внаслідок доущільнення. Лесові ґрунти легко розмокають і розмиваються, а при повному водонасиченні можуть переходити в пливунний стан.

У сухому стані леси відзначаються великою міцністю і можуть слугувати надійними основами, але при замочуванні можуть викликати просідання, часто нерівномірні, на схилах - зсуви.

Умови, що необхідні для прояву просідання:

- 1) наявність навантаження, здатного при зволоженні перевищити сили зчеплення ґрунту;
- 2) достатнє зволоження, при якому в значній мірі знижується міцність ґрунту.

Що ж до мінералогічного складу, то леси містять до 50%  $S_iO_2$  (роздрібненого, з розмірами частинок 0,1 - 0,01 мм), до 25% глинистих мінералів, 25 - 30%  $CaCO_3$ . У них можуть бути домішки окислів і гідроокисів заліза і алюмінію.

Зовнішньою ознакою просадковості ґрунтів у природі є утворення на земній поверхні „блюдець" діаметром 50 – 100 м і глибиною 0,5 - 1,0 м. Під дією води вони можуть розширюватися до 400 – 500 м у діаметрі і поглиблюватися до 5-6 м. Такі утворення одержали назву подів.

Основні причини просадковості такі:

- велика пористість (до 0,5 - 0,6);
- невелика водостійкість агрегатів, які складають лесовий ґрунт, що приводить до їх розм'якшення при замочуванні;

- розчинення водою карбонатів та інших солей, що цементують зерна ґрунту;
- осмотичний тиск у товщах лесових ґрунтів.

Основним проявом просадковості є ущільнення ґрунту за рахунок переміщення і більш компактного укладання окремих частинок та їхніх агрегатів, завдяки чому знижується пористість до стану, що відповідає наявному тиску.

Лесові ґрунти володіють рядом особливостей за своїми фізико-механічними властивостями. Зокрема, вони майже завжди бувають маловологими ( $w = 0,06 - 0,11$ ), мають низьку питому вагу ( $\gamma = 12,8-18,0 \text{ кН/м}^3$ ), високу пористість ( $n = 0,45 - 0,54$ ). Коли пористість ґрунту більша 0,4, а питома вага сухого ґрунту менша  $15 \text{ кН/м}^3$ , то це побічний доказ його можливого просідання. Механічні характеристики лесових ґрунтів суттєво погіршуються при замочуванні, і тому їх визначають у двох варіантах: при природній вологості і в стані повного водонасичення. Візуально належність того чи іншого ґрунту до категорії просідаючих можна оцінити таким чином. У склянку з прозорою водою опускають грудку ґрунту і спостерігають за нею. Швидко (протягом однієї хвилини) просідаючий ґрунт розмокає і осідає на дно у вигляді шару.

Для оцінки ступеня просадковості ґрунтів застосовуються спеціальні кількісні показники: відносне просідання ( $\epsilon_{sl}$ ), початковий просідаючий тиск ( $p_{sl}$ ) та початкова просідаюча вологість ( $w_{sl}$ ).

Відносне просідання показує частку, яку складає величина просідання від початкової потужності шару ґрунту.

Визначається  $\epsilon_{sl}$  у компресійних приладах двома методами:

- методом однієї кривої;
- методом двох кривих.

При випробуваннях методом однієї кривої зразок ґрунту завантажується до деякого тиску  $p$ , потім проводиться його замочування до повного водонасичення і подальше його завантаження.

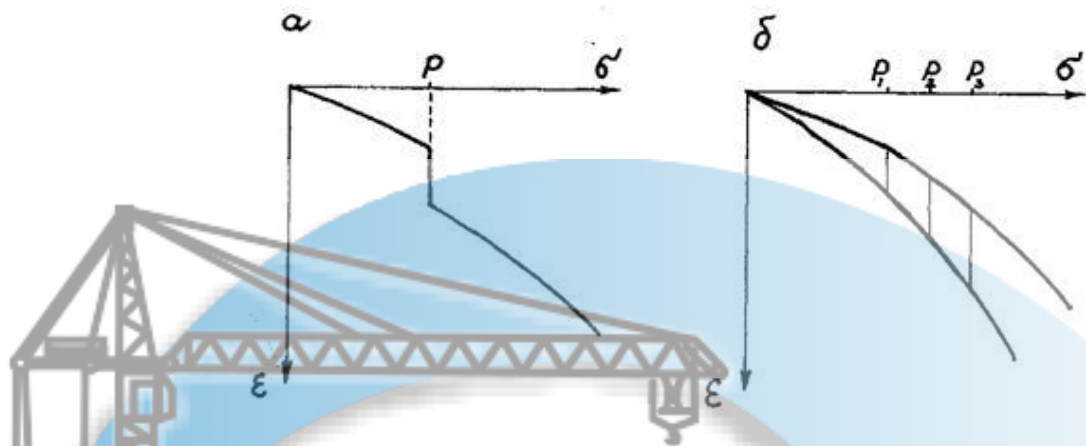


Рис. 1.3. Залежність відносної деформації від тиску при випробуваннях:  
а - методом однієї кривої; б - методом двох кривих

Відносне просідання визначають за формулою

$$\varepsilon_{sl} = \frac{h_{n,p} - h_{sat,p}}{h_{n,g}}$$

де  $h_{n,p}$  і  $h_{sat,p}$  - висота зразка відповідно при природній вологості та в стані повного водонасичення при заданому тиску  $p$ ;

$h_{n,g}$  - висота зразка природної вологості при тискові від власної ваги ґрунту.

Метод однієї кривої дозволяє визначити  $\varepsilon_{sl}$  тільки при заданому тискові  $p$ .

При випробуванні методом двох кривих проводяться досліди на двох зразках ґрунту: одного при природній вологості, другого у водонасиченому стані. Кожен зразок стискають в однаковому діапазоні тиску. За даними цього методу випробувань можна  $\varepsilon_{sl}$  визначити при будь-якому заданому тискові. Це суттєва перевага методу двох кривих, оскільки відносне просідання значно збільшується при збільшенні тиску.

За величиною відносного просідання ґрунту поділяють на просідаючі та непросідаючі. При  $\varepsilon_{sl} > 0,01$  ґрунти відносять до просідаючих.

Під початковим просідаючим тиском ( $p_{sl}$ ) розуміють мінімальний тиск, при якому проявляються просадкові властивості ґрунту в умовах його повної водонасиченості.

За початковий просідаючий тиск приймається:



- при лабораторних випробуваннях ґрунтів у компресійних приладах - тиск, при якому  $\epsilon_{sl} = 0,01$ ;

- при польових випробуваннях штампом попередньо замоченого ґрунту - тиск на межі пропорційності графіка "навантаження - осідання";

- при замочуванні ґрунту в дослідних котлованах - вертикальне напруження від власної ваги ґрунту на глибині, починаючи з якої відбувається просідання ґрунту від власної ваги.

Початковий просідаючий тиск може змінюватись у широких межах ( $p_{sl} = 20-300$  кПа).

Під початковою просідаючою вологістю ( $w_{sl}$ ) розуміють вологість, при якій просідаючі ґрунти, що знаходяться під навантаженням, починають проявляти просадкові властивості.  $w_{sl}$  як і  $\epsilon_{sl}$ , є функцією діючого тиску, але початкова просідаюча вологість при збільшенні тиску зменшується.

Просадкові явища в лесових та інших просідаючих ґрунтах протікають по-різному в залежності від конкретних гідрогеологічних умов.

Основні джерела замочування і підвищення вологості просідаючих ґрунтів такі: витікання із комунікацій і технологічних пристроїв; атмосферні опади; фільтрація води із зрошувальних каналів; зміна умов аерації при забудові територій; підвищення рівня ґрунтових вод та ін.

Різні розміри, форма, положення та інтенсивність джерела замочування викликають і різний характер замочування просідаючих ґрунтів. У залежності від перелічених факторів виділяють такі види замочування:

- місцеве замочування зверху, яке приводить до просідання ґрунту на обмеженій площі в верхній частині товщі, або рідше - на усю глибину просідаючої товщі;

- інтенсивне замочування зверху протягом тривалого часу, внаслідок чого відбувається замочування ґрунту на всю просідвочу товщу і повний прояв просідань як від власної ваги ґрунту, так і від навантажень фундаментів;

- підняття різня ґрунтових вод, які викликають просідання нижніх шарів ґрунту переважно від їх власної ваги;

- повільне підвищення вологості, яке викликається порушенням природних умов випаровування ґрунтової вологи внаслідок забудови та асфальтування території.

Проникаючи в просідаючий ґрунт зверху, вода розповсюджується і переміщується в товщі як зверху вниз, так і в сторони від джерел замочування, утворюючи зволожену зону. На характер формування та розміри зволоженої зони, крім величини та форми джерела замочування, впливають літологічна будова товщі просідаючих ґрунтів, їхні фільтраційні властивості та ін.

Випадки замочування зверху найбільш небезпечні, тому що приводять до нерівномірних за площею деформацій.

## КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

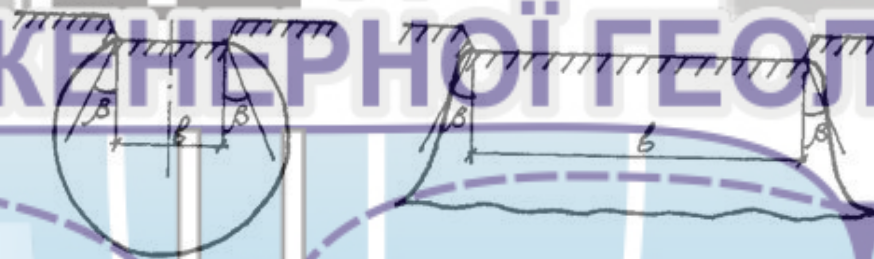


Рис. 1.4. Форми зволоженої зони при: а - точковому джерелі замочування;  
б - замочуванні значної площі

- просідання відбуваються більш-менш рівномірно за площею за винятком куполоподібного підняття рівня ґрунтових вод;
- при швидкому підніманні рівня ґрунтових вод до підшви фундаменту просідання практично припиняється і складає максимум 1-4 см/рік; в цьому випадку небезпечне виникнення руху води (наприклад, відкачування із поблизу розташованого котловану); уповільнення просідання при швидкому підніманні рівня ґрунтових вод пояснюється утрудненням фільтрації з напруженої зони.

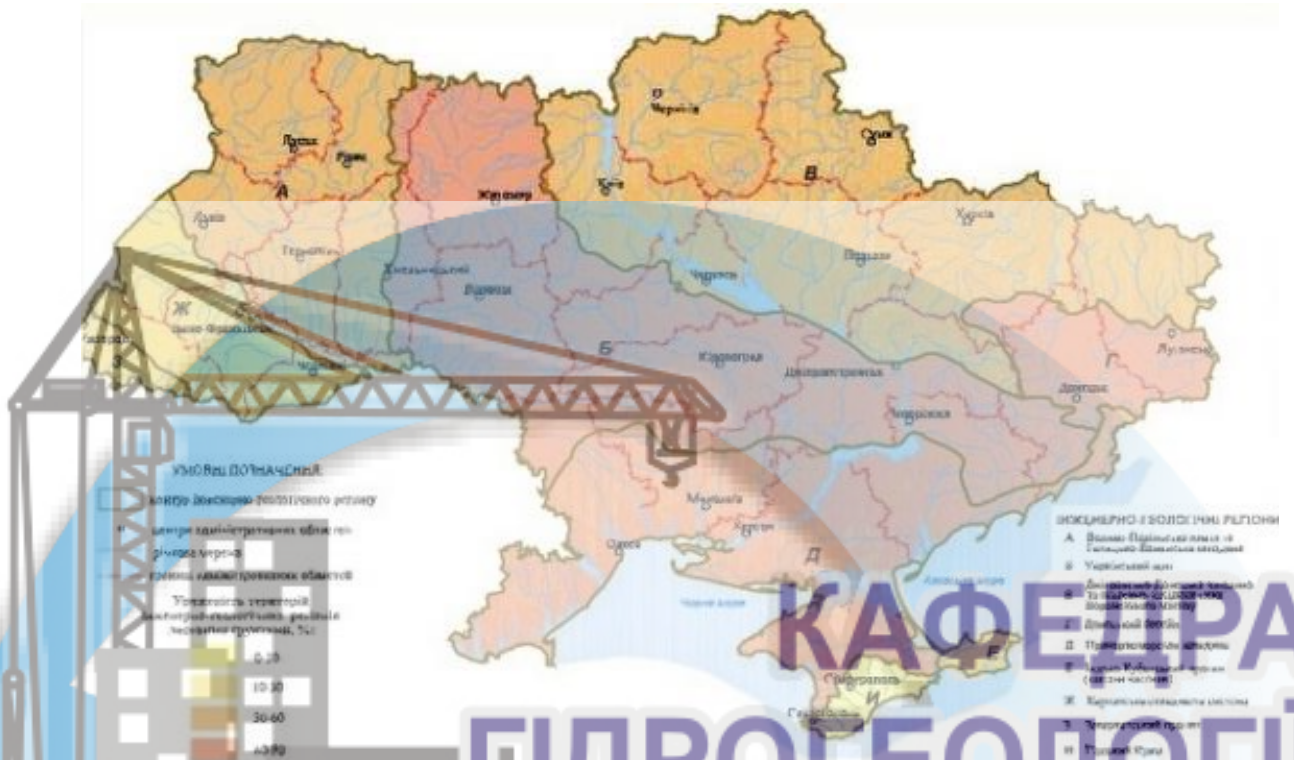
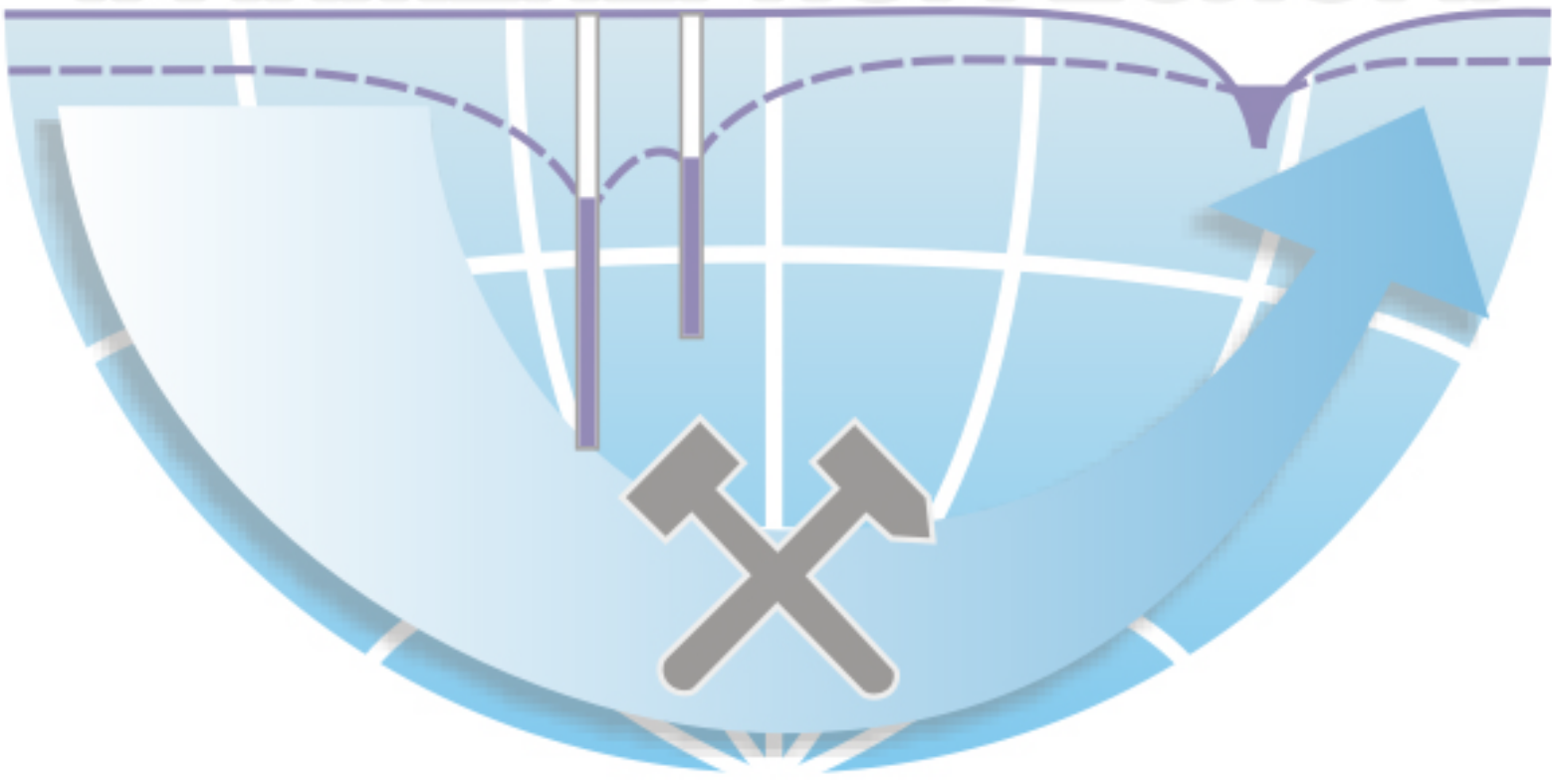


Рис. 1.5. Поширення лесових ґрунтів у межах інженерно-геологічних та інженерної геології регіонів





## 2 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ДІЛЯНКИ ПРОЕКТОВАНОГО БУДІВНИЦТВА

### 2.1. Інженерно-геологічна характеристика ділянки

У сфері впливу проекрованої споруди залягають нижньо-, середньо- та верхньоплейстоценові відклади складені ритмічним перешаруванням глини, суглинків та лесовидних суглинків, а також сучасними утвореннями – насипними грунтами та суглинком гумусованим.

В процесі вишукувань досліджена товща за номенклатурною ознакою, генезисом і фізико-механічними властивостями розділена на 5 інженерно геологічних елементів (ІГЕ), в межах яких шар є статистично однорідним за складом і властивостями:

Сучасні та техногенні утворення ІГЕ 1а (*tH*) Насипний грунт – асфальт, бетон, бита цегла, будівельне сміття, суглинок. Потужність в свердловинах складає від 0,4 до 1,2 м, може змінюватись в межах ділянки. ІГЕ розкритий у свердловинах № 10, 12, 13. Номер ґрунту за важкістю розробки та категорія розробки ґрунтів одноковшевим екскаватором згідно ДБН Д.2.2-1-99 – 26б, категорія – 3. Категорія ґрунтів за сейсмічністю згідно з таблицею 5.1 ДБН В.1.1-12:2014 – IV.

ІГЕ 1б (*tH*) Насипні ґрунти – будівельне сміття, суглинок. Потужність в свердловинах складає від 0,4 до 1,2 м, може змінюватись в межах ділянки. ІГЕ відсутній у свердловинах № 10, 12, 13. Номер ґрунту за важкістю розробки та категорія розробки ґрунтів одноковшевим екскаватором згідно ДБН Д.2.2-1-99 – 26а, категорія – 2. Категорія ґрунтів за сейсмічністю згідно з таблицею 5.1 ДБН В.1.1-12:2014 – IV.

ІГЕ 1а (*eH*) Суглинок гумусований без коренів дерев та чагарників. Потужність в свердловинах складає від 0,4 м до 0,6 м, може змінюватись в межах ділянки. ІГЕ відкритий у свердловинах № 12, 13. Номер ґрунту за важкістю розробки та категорія розробки ґрунтів одноковшевим екскаватором згідно ДБН Д.2.2-

1-99 – 9а, категорія – 1. Категорія ґрунтів за сейсмічністю згідно з таблицею 5.1 ДБН В.1.1-12:2014 – IV.

Плейстоценові відклади **ІГЕ 2** (*vd,eP<sub>III</sub>*) Суглинок лесовидний, легкий, еолово-делювіальний, верхньоплейстоценовий, темно-жовтий, твердого стану, у свердловинах № 15, 16 напівтвердого стану, за результатами компресійних випробувань – просідний. ІГЕ розкрито всіма свердловинами, потужність витримана в плані і складає у свердловинах від 1,3 до 3,3 м, може змінюватись в межах ділянки.

Номер ґрунту за важкістю розробки та категорія розробки ґрунтів однокочшевим екскаватором згідно ДБН Д.2.2-1-99 – 35в, категорія – 2. Категорія ґрунтів за сейсмічністю згідно з таблицею 5.1 ДБН В.1.1-12:2014 – II.

**ІГЕ 3** (*vd,eP<sub>II-III</sub>*) Суглинок лесовидний, важкий, еолово-делювіальний, нерозчленований, середньо- верхньоплейстоценовий, світло-коричнево-бурий, твердого стану, у свердловині № 13 від напівтвердого до твердого стану, за результатами компресійних випробувань – просідний. ІГЕ розкрито всіма свердловинами, розвідана потужність невитримана в плані і складає у свердловинах від 2,4 до 7,2 м, може змінюватись в межах ділянки.

Номер ґрунту за важкістю розробки та категорія розробки ґрунтів однокочшевим екскаватором згідно ДБН Д.2.2-1-99 – 35г, категорія – 3. Категорія ґрунтів за сейсмічністю згідно з таблицею 5.1 ДБН В.1.1-12:2014 – II.

**ІГЕ 4** (*eP<sub>II</sub>*) Глина легка, елювіальна, нерозчленована, середньо-плейстоценова, коричнево-червоно-бура, твердого стану, слабко опісочена, з кристалами гіпсу, за результатами компресійних випробувань – непросідна. ІГЕ розкрито свердловинами № 6, 7, 10, 11, 14. Розвідана потужність витримана в плані і складає у свердловинах від 1,0 до 3,8 м, може змінюватись в межах ділянки.

Номер ґрунту за важкістю розробки та категорія розробки ґрунтів однокочшевим екскаватором згідно ДБН Д.2.2-1-99 – 8д, категорія – 4. Категорія ґрунтів за сейсмічністю згідно з таблицею 5.1 ДБН В.1.1-12:2014 – II.

**ІГЕ 5** (*eP<sub>I</sub>*) Суглинок важкий, елювіальний, нерозчленований, нижньоплейстоценовий, світло-коричнево-бурий, твердого стану, опісочений, з

домішками карбонату та гіпсу, за результатами компресійних випробувань – непросідний. ІГЕ розкрито свердловинами № 7, 10, 11. Розвідана потужність витримана в плані і складає у свердловинах 0,5 м, може змінюватись в межах ділянки. Номер ґрунту за важкістю розробки та категорія розробки ґрунтів одноковшевим екскаватором згідно ДБН Д.2.2-1-99 – 35г, категорія – 4. Категорія ґрунтів за сейсмічністю згідно з таблицею 5.1 ДБН В.1.1-12:2014 – II.

Нумерація ІГЕ відповідає нумерації виділених шарів. Геологічна будова ділянки ілюструється геолого-літологічними колонками (відомості інженерно-геологічних виробок та інженерно-геологічний розріз (рис. 3.1). Літологічні шари залягають похило, потужність не витримана за простяганням. За показниками властивостей ґрунти однорідні, не змінюються в плані. Категорія складності інженерно-геологічних умов, згідно ДБН А.2.1-1-2014 - III (складні) [9].

Геологічні процеси, що негативно впливають на умови будівництва та експлуатації будівель і споруд (карст, ерозія, суфозія), відсутні. Потужність літологічних шарів не витримана за простяганням; спостерігається незначна ступінь неоднорідності шарів за показниками властивостей ґрунтів, які закономірно змінюються в плані і за глибиною.

З несприятливих фізико-геологічних явищ слід відзначити наявність еолово-делювіальних лесовидних ґрунтів, які здатні при замочуванні призводити до погіршення їх фізико-механічних властивостей: зниженню деформаційних і міцнісних характеристик, збільшенню вологості, питомої ваги, показника текучості, прояву просідних властивостей та осіданню ґрунту [1].





Рис. 2.1. інженерно-геологічний розріз на ділянці досліджень;  
масштаб горизонтальний 1:500, вертикальний 1:100

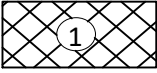
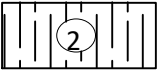



	Насипні ґрунти – суглинок, будівельне сміття
	Суглинок лессовидний, легкий, верхньоплейстоценовий, темно-жовтий, від твердого до напівтвердого, просідний
	Суглинок лессовидний, важкий, середньо- верхньоплейстоценовий, світло-коричнево-бурий, твердий, просідний
	Глини легка, середньоплейстоценова, коричнево-червоно-бура, твердий, слабо записочений
	Суглинок важкий, нижньоплейстоценовий, світло-коричнево-бурий, твердий, записочений, з домішками карбонату, не просідний

Рис. 2.1. (продовження). Умовні позначення до інженерно-геологічного розрізу

## 2.2. Фізико-механічні властивості ґрунтів

Фізико-механічні та просідні властивості суглинків отримані за результатами лабораторних досліджень ґрунтів – компресійні випробування ґрунтів методом «однієї кривої» із замочуванням на останній ступені – 0,3 МПа, та методом «двох кривих» – при природній вологості і в водонасиченому стані з максимальним тиском на останній ступені 0,3 МПа.

Характеристики міцності ґрунтів отримані при зсувних випробуваннях методом повільного консолідованого зрізу при природній вологості та в замоченому стані ступенями зсувних зусиль 0,1 МПа, 0,2 МПа, 0,3 МПа.

Сучасні та техногенні ґрунти ІГЕ 1 характеризуються неоднорідним складом, нерівномірним стисненням і щільністю, наявністю в них домішок органічних сполук та будівельних матеріалів, тому використовувати їх як природну основу для фундаментів проектованих споруд не рекомендується.

Суглинки ІГЕ 2 та ІГЕ 3 проявляють просідні властивості при замочуванні. Початковий просідний тиск для ІГЕ 2 складає 100 кПа, ІГЕ 3 – 100 кПа. За результатами компресійних випробувань глини ІГЕ 4, суглинки ІГЕ 5 не проявляють просідних властивостей при замочуванні.

В результаті статистичної обробки результатів лабораторних досліджень фізико-механічних властивостей ґрунтів визначені наступні нормативні та розрахункові характеристики у вигляді таблиць (табл. 2.1...2.4а)

Таблиця 2.1

## Фізико-механічні властивості інженерно-геологічного елемента № 2

Властивості ґрунту	Од. вим.	Суглинок легкий, лесовидний, від твердого до напівтвердого, просідний		
		від	до	норм
Вологість на межі текучості ( $W_L$ )	дол.од.	0,27	0,29	0,28
Вологість на межі розкочування ( $W_P$ )	дол.од.	0,17	0,20	0,19
Число пластичності ( $I_p$ )	дол.од.	0,09	0,12	0,10
Природна вологість ( $W$ )	дол.од.	0,13	0,21	0,16
Показник консистенції ( $I_L$ )	дол.од.	-0,56	0,20	-0,26
Щільність частинок ґрунту ( $\rho_s$ )	г/см <sup>3</sup>	2,67	2,67	2,67
Щільність ґрунту ( $\rho$ )	г/см <sup>3</sup>	1,67	1,79	1,72
Щільність сухого ґрунту ( $\rho_d$ )	г/см <sup>3</sup>	1,43	1,54	1,48
Коефіцієнт пористості ( $e$ )	дол.од.	0,730	0,871	0,806
Пористість ( $n$ )	%	42,21	46,54	44,59
Коефіцієнт водонасичення ( $S_r$ )	дол.од.	0,44	0,67	0,54
Повна вологоємність ( $W_{sat}$ )	дол.од.	0,27	0,33	0,30
Модуль деформації ( $E$ ) ґрунта згідно з ДБН А.2.1-1-2014	МПа	-	-	17
Кут внутрішнього тертя ( $\varphi$ ) згідно з ДБН А.2.1-1-2014	град.	-	-	21,5
Питоме зчеплення ( $C$ ) згідно з ДБН А.2.1-1-2014	кПа	-	-	17,00
Розрахунковий опір ( $R_0$ ) згідно з ДБН А.2.1-1-2014	кПа	-	-	375

Таблиця 2.1а

## Нормативні значення міцнісних та деформаційних характеристик ґрунтів ІГЕ № 2

Властивості ґрунту	Од.вим.	За несучою здатністю при дочірній ймовірності $\alpha = 0,95$	За деформаціями при дочірній ймовірності $\alpha = 0,85$
Питоме зчеплення ( $C$ )	кПа	25,5	17,0
Кут внутрішнього тертя ( $\varphi$ )	град.	24,7	21,5
Модуль деформації ( $E$ )	МПа	17,0	17,0



## Фізико-механічні властивості інженерно-геологічного елемента № 3

Властивості ґрунту	Од.вим.	Суглинок важкий, лесовидний, від твердого до напівтвердого, просідний		
		від	до	норм
Вологість на межі текучості ( $W_L$ )	дол.од.	0,29	0,38	0,34
Вологість на межі розкочування ( $W_P$ )	дол.од.	0,16	0,25	0,20
Число пластичності ( $I_p$ )	дол.од.	0,12	0,17	0,14
Природна вологість ( $W$ )	дол.од.	0,11	0,20	0,16
Показник консистенції ( $I_L$ )	дол.од.	-0,77	0,08	-0,25
Щільність частинок ґрунту ( $\rho_s$ )	г/см <sup>3</sup>	2,68	2,68	2,68
Щільність ґрунту ( $\rho$ )	г/см <sup>3</sup>	1,63	1,81	1,70
Щільність сухого ґрунту ( $\rho_d$ )	г/см <sup>3</sup>	1,36	1,60	1,46
Коефіцієнт пористості ( $e$ )	дол.од.	0,67	0,97	0,83
Пористість ( $n$ )	%	40,23	49,32	45,36
Коефіцієнт водонасичення ( $S_r$ )	дол.од.	0,37	0,60	0,53
Повна вологоємність ( $W_{sat}$ )	дол.од.	0,25	0,36	0,31
Модуль деформації ( $E$ ) ґрунта згідно з ДБН А.2.1-1-2014	МПа	-	-	14,7
Кут внутрішнього тертя ( $\varphi$ ) згідно з ДБН А.2.1-1-2014	град.	-	-	20,0
Питоме зчеплення ( $C$ ) згідно з ДБН А.2.1-1-2014	кПа	-	-	19,00
Розрахунковий опір ( $R_0$ ) згідно з ДБН А.2.1-1-2014	кПа	-	-	370

Таблиця 2.2а

## Нормативні значення міцнісних та деформаційних характеристик ґрунтів ІГЕ № 3

Властивості ґрунту	Од.вим.	За несучою здатністю при дочірній ймовірності $\alpha = 0,95$	За деформаціями при дочірній ймовірності $\alpha = 0,85$
Питоме зчеплення ( $C$ )	кПа	28,5	19,0
Кут внутрішнього тертя ( $\varphi$ )	град.	23,0	20,0
Модуль деформації ( $E$ )	МПа	14,7	14,7

## Фізико-механічні властивості інженерно-геологічного елемента № 4

Властивості ґрунту	Од.вим.	Глина твердого стану, непросідна		
		від	до	норм
Вологість на межі текучості ( $W_L$ )	дол.од.	0,39	0,43	0,41
Вологість на межі розкочування ( $W_P$ )	дол.од.	0,20	0,24	0,23
Число пластичності ( $I_p$ )	дол.од.	0,18	0,20	0,19
Природна вологість ( $W$ )	дол.од.	0,17	0,22	0,20
Показник консистенції ( $I_L$ )	дол.од.	-0,17	-0,10	-0,14
Щільність частинок ґрунту ( $\rho_s$ )	г/см <sup>3</sup>	2,7	2,7	2,7
Щільність ґрунту ( $\rho$ )	г/см <sup>3</sup>	1,97	2,05	2,01
Щільність сухого ґрунту ( $\rho_d$ )	г/см <sup>3</sup>	1,65	1,75	1,68
Коефіцієнт пористості ( $e$ )	дол.од.	0,54	0,64	0,61
Пористість ( $n$ )	%	35,11	38,98	37,76
Коефіцієнт водонасичення ( $S_r$ )	дол.од.	0,79	0,93	0,88
Повна вологоємність ( $W_{sat}$ )	дол.од.	0,20	0,24	0,22
Модуль деформації ( $E$ ) ґрунту згідно з ДБН А.2.1-1-2014	МПа	-	-	18
Кут внутрішнього тертя ( $\varphi$ ) згідно з ДБН А.2.1-1-2014	град.	-	-	22,0
Питоме зчеплення ( $C$ ) згідно з ДБН А.2.1-1-2014	кПа	-	-	43,00
Розрахунковий опір ( $R_0$ ) згідно з ДБН А.2.1-1-2014	кПа	-	-	500

Таблиця 2.3а

## Нормативні значення міцнісних та деформаційних характеристик ґрунтів ІГЕ № 4

Властивості ґрунту	Од.вим.	За несучою здатністю при дочірній ймовірності $\alpha = 0,95$	За деформаціями при дочірній ймовірності $\alpha = 0,85$
Питоме зчеплення ( $C$ )	кПа	64,5	43,0
Кут внутрішнього тертя ( $\varphi$ )	град.	25,3	22,0
Модуль деформації ( $E$ )	МПа	18,7	18

## Фізико-механічні властивості інженерно-геологічного елемента № 5

Властивості ґрунту	Од.вим.	Суглинок важкий, твердого стану, непросідний		
		від	до	норм
Вологість на межі текучості ( $W_L$ )	дол.од.	0,34	0,37	0,35
Вологість на межі розкочування ( $W_P$ )	дол.од.	0,20	0,23	0,21
Число пластичності ( $I_p$ )	дол.од.	0,14	0,24	0,14
Природна вологість ( $W$ )	дол.од.	0,19	0,23	0,21
Показник консистенції ( $I_L$ )	дол.од.	-0,14	0,00	-0,05
Щільність частинок ґрунту ( $\rho_s$ )	г/см <sup>3</sup>	2,68	2,68	2,68
Щільність ґрунту ( $\rho$ )	г/см <sup>3</sup>	1,98	2,02	2,01
Щільність сухого ґрунту ( $\rho_d$ )	г/см <sup>3</sup>	1,62	1,70	1,67
Коефіцієнт пористості ( $e$ )	дол.од.	0,58	0,65	0,61
Пористість ( $n$ )	%	36,66	39,44	37,84
Коефіцієнт водонасичення ( $S_r$ )	дол.од.	0,88	0,98	0,91
Повна вологоємність ( $W_{sat}$ )	дол.од.	0,22	0,24	0,23
Модуль деформації ( $E$ ) ґрунта згідно з ДБН А.2.1-1-2014	МПа	-	-	19
Кут внутрішнього тертя ( $\phi$ ) згідно з ДБН А.2.1-1-2014	град.	-	-	23,0
Питоме зчеплення ( $C$ ) згідно з ДБН А.2.1-1-2014	кПа	-	-	45,00
Розрахунковий опір ( $R_0$ ) згідно з ДБН А.2.1-1-2014	кПа	-	-	270

Таблиця 2.4а

## Нормативні значення міцнісних та деформаційних характеристик ґрунтів ІГЕ № 5

Властивості ґрунту	Од.вим.	За несучою здатністю при дочірній ймовірності $\alpha = 0,95$	За деформаціями при дочірній ймовірності $\alpha = 0,85$
Питоме зчеплення ( $C$ )	кПа	67,5	45,0
Кут внутрішнього тертя ( $\phi$ )	град.	26,45	23,0
Модуль деформації ( $E$ )	МПа	19,0	19,0



### 2.3. Гідрогеологічні умови ділянки

Згідно з "Державним водним кадастром України" площа описуваних аркушів розташована в межах Причорноморського артезіанського гідрогеологічного басейну I порядку. У межах Причорноморського басейну Дніпровсько-Молочанський малий артезіанський басейн (II порядку).

Згідно з геологічною будовою описуваної території та гідрогеологічними особливостями гірських порід, що складають розріз, виділяють такі водоносні горизонти.

Водоносні горизонти у сучасних алювіальних і алювіально-делювіальних відкладах, які поширені в межах заплав річок і великих балок. Водовміщуючими породами є піски дрібнозернисті й супіски, потужністю 3 – 5 м. Глибина залягання води – до 5 м. Водозбагаченість горизонту мінлива й невелика. Якість строка. Мінералізація вод – 1 – 5 г/дм<sup>3</sup>. Сульфатно-хлоридно-гідрокарбонатні натрієво-магнієво-кальцієві води використовують населенням для господарсько-побутових потреб. Водоносні горизонти не захищені від забруднення.

Водоносний горизонт у відкладах четвертинної системи. Приурочений до лесовидних суглинків, обводнені в північно-західній, південно-західній і південно-східній частинах території, а також до озерних відкладів подів. Води ґрунтові, водотривом є червоно-бурі глини. Глибина залягання вод коливається від 1 – 2 до 16 – 30 м, збільшуючись з півночі на південь. Потужність водоносного шару від 1 – 2 до 30 – 32 м. Продуктивність колодязів від 0,002 до 0,13 дм<sup>3</sup>/сек.

Хімічний склад відрізняється великою строкатістю. Загальна мінералізація вод коливається від 180 до 9887 мг/дм<sup>3</sup>, місцями досягаючи 17 288 – 20 913 мг/дм<sup>3</sup>. Води зазнають органічного забруднення. За типом вони належать до хлоридно-гідрокарбонатно-кальцієвих, магнієво-кальцієвих, кальцієво-магнієвих, рідше гідрокарбонатно-кальцієвих, хлоридно-сульфатно-кальцієво-магнієвих, хлоридно-сульфатно-натрієвих і сульфатно-хлоридно-натрієвих. Широко

використовуються місцевим населенням за допомогою шахтних колодязів. Для організації централізованого водопостачання води суглинків не придатні.

В період вишукувань підземні води геологічними виробками не було розкрито. Територія вишукувань згідно з ДБН А.2.1-1-2014 відноситься до не підтоплених підземними водами.



# КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

### 3. ПРОГНОЗ ЗМІНИ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ДІЛЯНКИ БУДІВНИЦТВА

#### 3.1. Прогноз зміни рівня підземних вод на ділянці забудови

Будівельне освоєння територій і експлуатація будівель, споруд і інших об'єктів, розташованих на слабопроникних ґрунтах, практично всюди супроводжуються накопиченням вологи в товщі ґрунтів і підйомом рівня ґрунтових вод навіть в тих випадках, коли до початку освоєння території ґрунтові води взагалі були відсутні. Такий процес називається підтопленням (чи техногенним підтопленням). Він виникає і розвивається внаслідок порушення природної динамічної рівноваги, що склалася, у водному балансі території. Ці порушення виникають в результаті практичної діяльності людини і на забудовуваних територіях зазвичай розвиваються в дві стадії - при будівництві і експлуатації.

Джерела підтоплення територій промислових підприємств, міст і населених пунктів розділяються на природні і штучні. До природних джерел відносяться атмосферні опади (дощові і талі води), ґрунтові води, стік поверхневих вод з навколишніх територій, вода в пароподібній формі в ґрунтах зони аерації. До штучних джерел відносяться води, що накопичуються в різних штучних пониженнях рельєфу, котлованах, траншеях, різні відстійники, накопичувачі рідинних стоків і шламонакопичувачі, очисні споруди, об'єкти з мокрим технологічним процесом (цехи мокрих виробництв, ТЕЦ та ін.), комунікації усіх видів, що є водонесучими, та ін.

В роботі виконані розрахунки зміни рівня ґрунтових вод при смугоподібній додатковій інфільтрації, враховуючи розташування резервуару з водою на промисловому майданчику.

*Підйом рівня ґрунтових вод при смугоподібній додатковій інфільтрації.* Підвищення РГВ в однорідному необмеженому водоносному горизонті під впливом додаткової смугоподібної інфільтрації (рис. 3.1) розраховується за наступними формулами [3].



Якщо відношення  $\frac{h_c}{L} < 0,1$ , а розрахункова точка розташована за межами смуги додаткової інфільтрації ( $x > L$ ), то

$$\Delta h_{(x,t)} = \frac{2wt}{\mu_H} \left( i^2 \operatorname{erfc} \frac{x-L}{2\sqrt{a_y t}} - i^2 \operatorname{erfc} \frac{x+L}{2\sqrt{a_y t}} \right) \quad (3.1)$$

При  $x < L$

$$\Delta h_{(x,t)} = \frac{2wt}{\mu_H} \left( i^2 \operatorname{erfc} \frac{x+L}{2\sqrt{a_y t}} - i^2 \operatorname{erfc} \frac{x-L}{2\sqrt{a_y t}} \right) \quad (3.2)$$

При  $h_c = \frac{h_c}{L} > 0,1$  і  $x < L$

$$\Delta h_{(x,t)} = \frac{wL}{\pi k} \left( \frac{x+L}{L} \cdot F_2 \frac{h_c}{L+x}, \frac{kt}{\mu_H(L+x)} + \left( \frac{L-x}{L} \right) \cdot F_2 \frac{h_c}{L-x}, \frac{kt}{\mu_H(L-x)} \right) \quad (3.3)$$

Якщо,  $x > L$  то

$$\Delta h_{(x,t)} = \frac{wL}{\pi k} \left( \frac{L+x}{L} \cdot F_2 \frac{h_c}{L+x}, \frac{kt}{\mu_H(L+x)} + \left( \frac{x-L}{L} \right) \cdot F_2 \frac{h_c}{x-L}, \frac{kt}{\mu_H(x-L)} \right) \quad (3.4)$$

де  $L$  – половина ширини смуги, м;  $x$  – відстань від осі смуги до розрахункової точки, м;

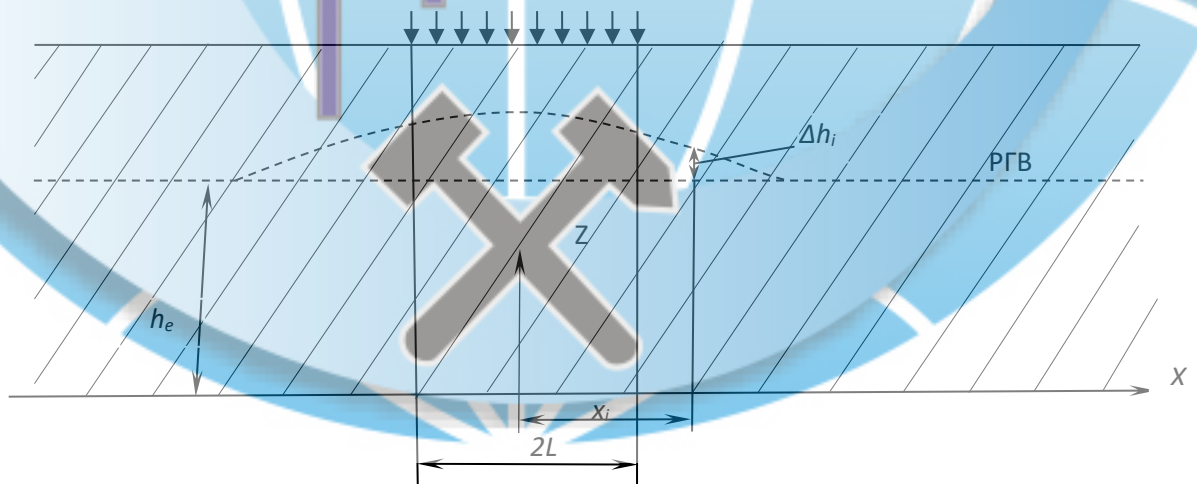


Рис. 3.1. Схема до розрахунку підвищення РГВ під впливом додаткової смугоподібної інфільтрації

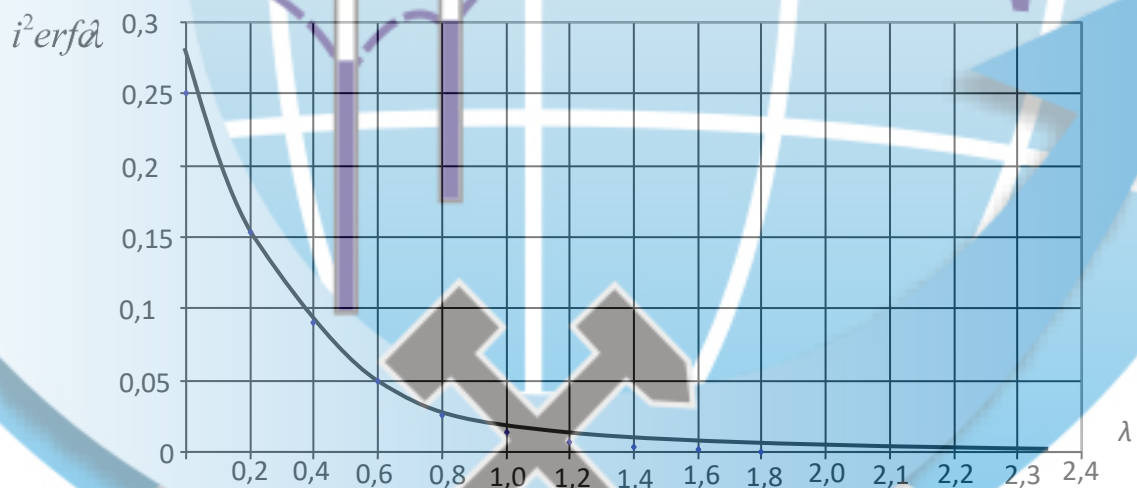
Спеціальні функції  $i^2 \operatorname{erfc} \lambda$ ,  $F_2(a, b)/b$ , визначаються за графіками, що наведені на рис.32.

Інтенсивність додаткової інфільтрації на забудованій території приймається згідно з табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Інтенсивність додаткової інфільтрації на забудованій території

Вид забудови	Середньорічна величина $w$ (м/доб), у зоні		
	недостатнього зволоження	нестійкого зволоження	надлишкового зволоження
Малоповерхова	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$
Багатоповерхова	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Індивідуальна (промислова)	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$
Паркова зона	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
Міська територія в цілому	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$

Рис. 3.2. Графік функції  $i^2 \operatorname{erfc} \lambda$ 

Так як потужність водоносного горизонту внаслідок додаткової інфільтрації збільшується, то у розрахунок треба ввести середню потужність водоносного горизонту:

$$h_c = h_b + \frac{\alpha L w}{k} \quad (4.5)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, що визначається за графіком на рис.3.2.

Вихідні дані для розрахунку представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Вихідні дані для розрахунку підвищення рівня ґрунтових вод

Природна вологість $Q_e$ , %	Повна вологість $Q_n$ , %	Максимальна молекулярна вологість $Q_0$ , %	Довжина каналу $L$ , м	Середня потужність водоносного горизонту $h_c$ , м	Глибина каналу $h_0$ , м	Коефіцієнт фільтрації $k_\phi$ , м/доб	Коефіцієнт водонасичення $\mu_v$	Коефіцієнт недостатньої вологонасиченості $\mu_n$	Відстань від каналу $X$ , м	Час, за який буде підніматися рівень ґрунтових вод $T$ , діб
16	30	10	5	0,3	1,5	6	0,15	0,1	25	100, 300, ( $10^4$ )

Розрахунок:

$$\frac{h_c}{L} = \frac{0,3}{5} = 0,06 < 0,1$$

$x = 25 > L = 5$ , виходячи з цього використовуємо формулу (4.1).

$$a_y = \frac{k_\phi \cdot h_c}{\mu_v} \quad (3.6)$$

де  $a_y = \frac{6 \cdot 0,3}{0,15} = 12$  – коефіцієнт рівнепровідності.

Інтенсивність додаткової інфільтрації на забудованій території:

- індивідуальна (промислова)  $w = 3,4 \cdot 10^{-3}$  м/доб.

Для 25 років ( $10^4$  діб).

$$2\sqrt{a_y t} = 2 \cdot \sqrt{12 \cdot 9125} = 61,8$$

$$\lambda = \frac{x - L}{2\sqrt{a_y t}} = \frac{25 - 5}{61,8} = 0,03$$



$$i^2 \operatorname{erfc} = 0,255$$

$$\frac{x + L}{2\sqrt{a_y t}} = \frac{25 + 5}{661,8} = 0,045$$

$$i^2 \operatorname{erfc} = 0,25$$

$$\Delta h_{25,10^4} = \frac{2 \cdot 3,4 \cdot 10^{-3} \cdot 10000}{0,1} (0,255 - 0,25) = 2,7 \text{ (м)}$$

Розрахунки зміни рівня ґрунтових вод при смугоподібній додатковій інфільтрації, враховуючи знаходження технологічних водоймищ на промисловому майданчику через 25 років ( $10^4$  діб) передбачають, що рівень підземних вод при втратах може піднятися на досліджуваній території на 2,7 м.

### 3.2. Прогноз осідання фундаменту методом пошарового підсумовування

В основу методу пошарового підсумовування покладено такі припущення:

- ґрунт є суцільним, ізотропним, лінійно деформованим тілом;
- осідання викликане тільки дією вертикального напруження  $\sigma_{zg}$ , інші складові напружень не враховуються;
- бічне розширення ґрунту в основі неможливе;
- напруження  $\sigma_{zg}$  визначають під центром підшви фундаменту;
- при визначенні напруження  $\sigma_{zg}$  відмінністю в стискуванні окремих шарів ґрунтів нехтують;
- фундаменти не мають жорсткості;
- деформації розглядаються тільки в межах товщі, що стискується,  $H_c$ ;
- бічне розширення ґрунту враховується коефіцієнтом  $\beta$  який дорівнює 0,8 незалежно від виду ґрунту.

Унаслідок складності визначення закону зменшення напружень по глибині ґрунтову товщу розбивають на ряд шарів, у межах котрих тиск можна вважати постійним без великої похибки. Тоді загальне осідання можна визначити з

використанням виразу для елементарного шару, підсумовуючи осідання окремих шарів у межах товщі, що стискається.

На рис. 3.5. показана схема визначення осідання методом пошарового підсумовування:  $DL$  — позначка планування;  $NL$  — позначка поверхні природного рельєфу;  $FL$  — позначка підшови фундаменту; В.С — нижня межа товщі, що стискається;  $d$  і  $d_n$  — глибини закладання підшови фундаменту від рівня природного рельєфу і рівня планування;  $p$  — середній тиск під підшовою фундаменту;  $F_v$  — рівнодіюча зовнішніх вертикальних сил на обрізі фундаменту.

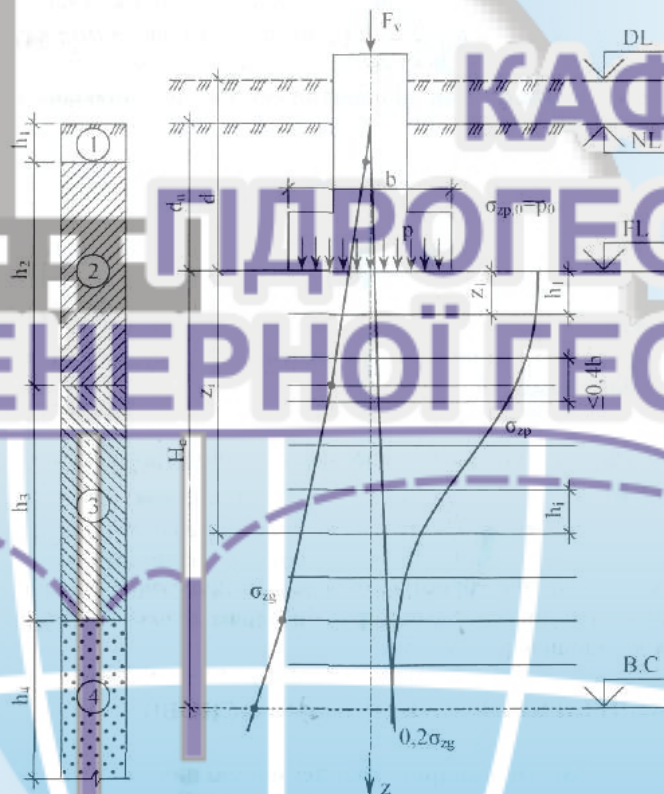


Рис. 3.5. Схема до визначення осідання за методом пошарового додавання

Порядок ведення розрахунку наступний:

1. На геологічний розріз наносять контур фундаменту.
2. Будують епюру напружень  $\sigma_{zg}$  від власної ваги ґрунту.
3. Визначають тиск  $p$ , який діє по підшві фундаменту.
4. Визначають додатковий тиск на рівні підшови фундаменту

$$p_0 = \sigma_{zp0} = p - \sigma_{zg0} \quad (3.8)$$

де  $\sigma_{zg0}$  — природний тиск на рівні підшови фундаменту.

5. Розбивають товщу нижче від підшови фундаменту на елементарні шари товщиною  $z = 0,4b$  (для полегшення інтерполяції). У межах кожного виду ґрунту потрібно виділити цілу кількість елементарних шарів, тому останній елементарний шар може бути меншим, ніж  $0,4b$ .

6. Визначають коефіцієнти затухання напружень по глибині  $\alpha = f\left(\frac{2z}{b}; \frac{l}{b}\right)$  залежно від глибини  $z$  і співвідношення  $l/b$ , де  $l$  – довший бік фундаменту.

7. Будують епюру додаткових вертикальних напружень

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot \sigma_{zp0}. \quad (3.9)$$

8. Визначають нижню межу товщі, що стискується. На рівні цієї межі додатковий тиск у п'ять разів менший, ніж природний  $\sigma_{zp} \leq 0,2 \cdot \sigma_{zg}$ .

Для графічного визначення нижньої межі товщі, що стискується, епюру природного тиску зменшують у п'ять разів і відкладають з того боку осі  $z$ , де побудована епюра  $\sigma_{zp}$ . Точка перетину епюр визначає: нижню межу товщі, яка стискується.

Для слабких ґрунтів ( $E < 5$  МПа) на нижній межі товщі, котра стискується, повинна виконуватися умова  $\sigma_{zp} \leq 0,1 \cdot \sigma_{zg}$ .

Загальне осідання визначають як суму осідань окремих елементарних шарів із виразу

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{h_i \sigma_{zpi}}{E_{oi}} \quad (3.10)$$

де  $\sigma_{zpi}$  – середнє значення додаткового тиску в  $i$ -му елементарному шарі;  $h_i$ ,  $E_i$  – відповідно, товщина і модуль деформації  $i$ -го шару ґрунту;  $n$  – кількість елементарних шарів у межах товщі, що стискується [3].

Визначаємо  $\sigma_{zg}$

$$\sigma_{zg} = \gamma_i \cdot d_n \quad (3.11)$$

де  $\gamma$  – щільність шару ґрунту;  $d_n$  – потужність шару ґрунту.



$$\sigma_{zg_0} = 16,9 \cdot 0,6 = 10,14 \text{ (кПа)}$$

$$\sigma_{zg_{01}} = 1,4 \cdot 17,2 + 10,14 = 34,22 \text{ (кПа)}$$

$$\sigma_{zg_2} = 1 \cdot 17 + 51,22 = 68,22 \text{ (кПа)}$$

$$\sigma_{zg_1} = 1 \cdot 17,2 + 34,22 = 51,22 \text{ (кПа)}$$

$$\sigma_{zg_3} = 1 \cdot 17 + 68,22 = 85,22 \text{ (кПа)}$$

Наступні розрахунки визначення  $\sigma_{zg}$  представлені в таблиці 3.5.

Визначаємо питому вагу водопроникних ґрунтів:

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}, \quad (3.12)$$

де  $\gamma_s$  — щільність часток ґрунту, кН/м<sup>3</sup>;  $\gamma_w$  — щільність води кН/м<sup>3</sup>;  $e$  — коефіцієнт пористості, д.од.

$$\gamma_{s_1} = 2,67 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{2,64 \cdot 1000000 \cdot 10 \text{ кг}}{1000 \text{ м}^3} = 26,4 \left( \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \right)$$

$$\gamma_{s_2} = 2,67 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{2,67 \cdot 1000000 \cdot 10 \text{ кг}}{1000 \text{ м}^3} = 26,7 \left( \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \right)$$

$$\gamma_{s_3} = 2,68 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{2,68 \cdot 1000000 \cdot 10 \text{ кг}}{1000 \text{ м}^3} = 26,8 \left( \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \right)$$

$$\gamma_{s_4} = 2,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{2,7 \cdot 1000000 \cdot 10 \text{ кг}}{1000 \text{ м}^3} = 27 \left( \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \right)$$

$$\gamma_{s_5} = 2,68 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{2,68 \cdot 1000000 \cdot 10 \text{ кг}}{1000 \text{ м}^3} = 26,8 \left( \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \right)$$

$$\gamma_{sb_1} = \frac{26,4 - 10}{1 + 0,78} = 9,16 \left( \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \right)$$

$$\gamma_{sb_2} = \frac{26,7 - 10}{1 + 0,806} = 9,24 \left( \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \right)$$

$$\gamma_{sb_3} = \frac{26,8 - 10}{1 + 0,83} = 9,18 \left( \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \right)$$

$$\gamma_{sb_4} = \frac{27 - 10}{1 + 0,61} = 0,55 \left( \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \right)$$

$$\gamma_{sb_5} = \frac{26,8 - 10}{1 + 0,61} = 10,43 \left( \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \right)$$

Визначаємо  $\sigma_{zg}$

$$\sigma_{sb} = \gamma_{sb} \cdot d_n, \quad (3.13)$$

де  $\gamma_{sb}$  – питома вага водопроникних ґрунтів;  $d_n$  – потужність шару, м

$$\sigma_{sb_0} = 9,16 \cdot 0,6 = 5,49 \text{ (кПа)}$$

$$\sigma_{sb_{01}} = 9,24 \cdot 1,4 + 5,49 = 18,42 \text{ (кПа)}$$

$$\sigma_{sb_1} = 1 \cdot 9,24 + 18,42 = 27,66 \text{ (кПа)}$$

$$\sigma_{sb_2} = 1 \cdot 9,18 + 27,66 = 36,9 \text{ (кПа)}$$

$$\sigma_{sb_3} = 1 \cdot 9,18 + 36,9 = 46,08 \text{ (кПа)}$$

Наступні розрахунки визначення  $\sigma_{zg}$ , представлені в таблиці 3.8

Розрахунок вертикального стискаючого напруження від ваги фундаментів.

Визначаємо напруження на різних глибинах, під центром фундаменту за (3.9).

$$P_0 = 200 \cdot 18,42 = 181,58 \text{ (кПа)}$$

$$1. \quad z = 1 \text{ м}; \quad \varepsilon = \frac{2z}{b} = \frac{2 \cdot 1}{2} = 1; \quad \alpha = 1.$$

$$\sigma_{zp_1} = P_0 \cdot \alpha = 181,58 \text{ (кПа)}$$

$$2. \quad z = 2 \text{ м}; \quad \varepsilon = \frac{2z}{b} = \frac{2 \cdot 2}{2} = 2; \quad \alpha = 0,55.$$

$$\sigma_{zp_2} = 181,58 \cdot 0,55 = 99,86 \text{ (кПа)}$$

$$3. \quad z = 3 \text{ м}; \quad \varepsilon = \frac{2z}{b} = \frac{2 \cdot 3}{2} = 3; \quad \alpha = 0,38.$$

$$\sigma_{zp_3} = 181,58 \cdot 0,38 = 69 \text{ (кПа)}$$

Наступні розрахунки напруження на різних глибинах, над центром фундаменту  $\sigma_{zp}$ , представлені в табл. 3.8. З отриманих розрахункових даних будуємо епюру напружень  $\sigma_{zg}$  від власної ваги ґрунту та епюру додаткових вертикальних напружень  $\sigma_{zp}$  (рис. 3.8).

Визначили нижню межу товщі, що стискується. На рівні цієї межі додатковий тиск у п'ять разів менший, ніж природний (згідно умові  $\sigma_{zp} \leq 0,2 \cdot \sigma_{zg}$ ), тобто  $30,5 \leq 0,2 \cdot 113,86 = 22,8$ . Виходячи з цього, межа додаткового тиску відповідає умові.

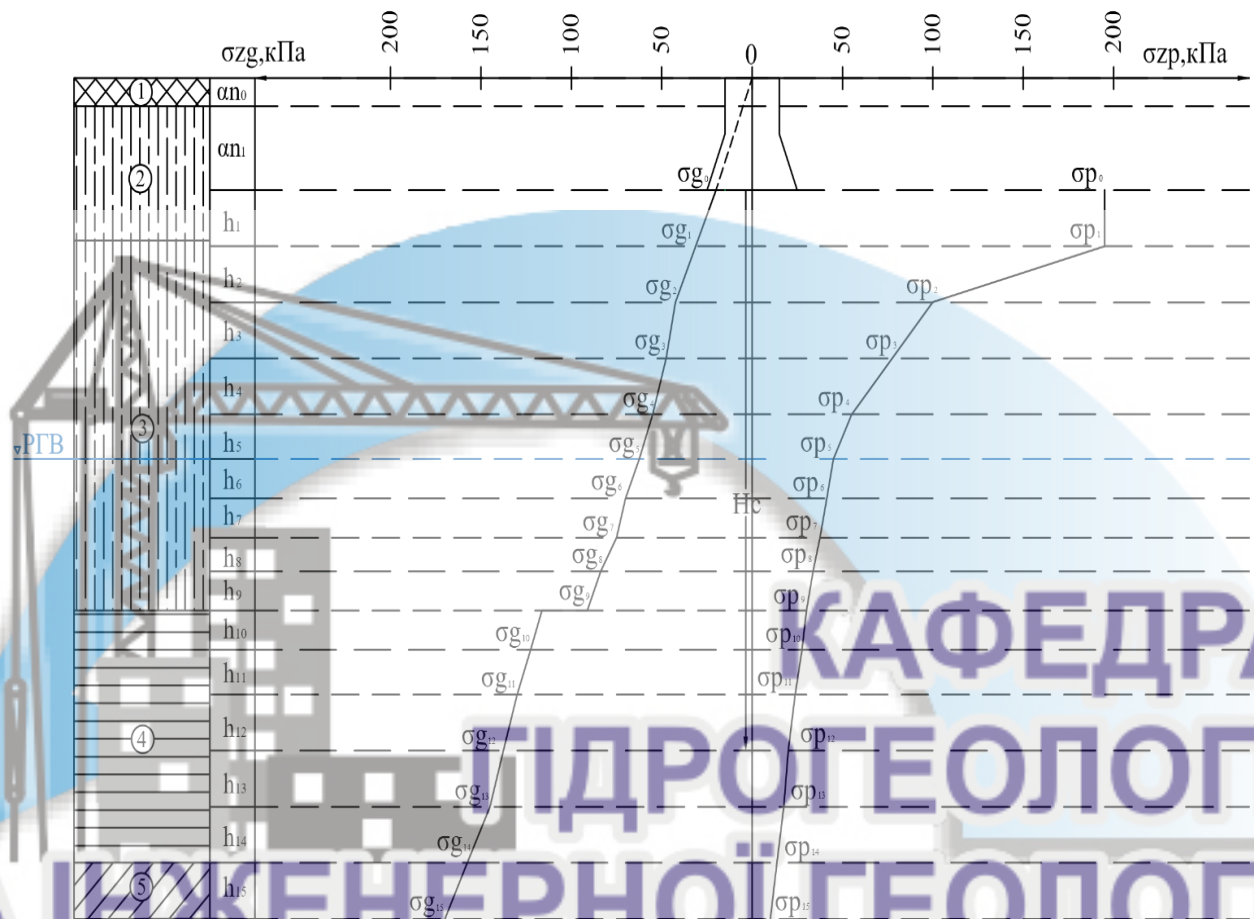


Рис. 3.8. Епюри вертикальних напружень для стрічкового фундаменту з урахуванням РПВ: I - від власної ваги ґрунту  $\sigma_{zgi}$ ; II - від ваги споруди  $\sigma_{zpi}$

Загальне осідання фундаменту  $S$  в шарах як суму осідань окремих елементарних шарів, знаходимо, використавши формулу (3.9):

$$S_1 = \frac{h_1 \sigma_{zp1}}{E_1} = \frac{181,58 \cdot 1}{17000} = 0,01 \text{ (м)}$$

$$S_2 = \frac{99,86 \cdot 1}{14700} = 0,0067 \text{ (м)}$$

$$S_3 = \frac{69 \cdot 1}{14700} = 0,004 \text{ (м)}$$

Наступні розрахунки загального осідання фундаменту  $S$  в шарах представлені в табл. 3.8.

Сума осідань окремих елементарних шарів:



$$S = 0,8 \cdot (0,01 + 0,0067 + 0,0046 + 0,0037 + \dots + 0,0006) = 0,8 \cdot 0,0397 \\ = 0,0317 \text{ м} = 3,17 \text{ см.}$$

Отримавши розрахункові дані, можна зробити висновок, що осадка стрічкового фундаменту з урахуванням зміни РПВ становитиме 3,17 см.

Таблиця 3.8

Результати розрахунків осадки для стрічкового фундаменту методом пошарового підсумовування з урахуванням підвищення РПВ

№ ІГЕ	№ розрахункового шару	Потужність шару, м	Вертик. стискування від власної ваги ґрунту $\sigma_{zg}$ , кПа	Потужність розрахункових шарів $Z$ , м	Табличний коефіцієнт $\alpha$	Вертик. стискування від власної ваги ґрунту $\sigma_{zp}$ , кПа	Осадка фундаменту $S$ , м
ІГЕ 1	0	0,6	5,49	-	-	-	-
	0 <sub>1</sub>	1,4	18,42	-	-	181,58	-
ІГЕ 2	1	1	27,66	1	1	181,58	0,01
	2	1	36,9	2	0,55	99,86	0,0067
ІГЕ 3	3	1	46,08	3	0,38	69	0,0046
	4	1	55,26	4	0,3	54,47	0,0037
	5	0,8	62,6	4,8	0,26	47,2	0,0025
	6	0,7	69,03	5,5	0,22	39,9	0,0019
	7	0,7	75,45	6,2	0,19	34,5	0,0016
	8	0,6	80,96	6,8	0,184	33,4	0,0013
	9	0,7	87,39	7,5	0,166	30,1	0,0014
ІГЕ 4	10	0,7	94,77	8,2	0,15	27,2	0,001
	11	0,8	103,2	9	0,14	25,4	0,0011
	12	1	113,76	10	0,126	22,78	0,0012
	13	1	124,3	11	0,114	20,7	0,0011
	14	1	134,86	12	0,104	18,8	0,001
ІГЕ 5	15	1	145,32	13	0,07	12,7	0,0006
						$\sum S$	0,0317

### 3.3. Прогноз просідань в основі фундаментів

Деформації основ будівель і споруд на лесових просідаючих ґрунтах визначають за умовою:

$$S + S_{sl} \leq S'_u, \quad (3.14)$$

де  $S$  – сумісна деформація основи і будівлі чи споруди, що визначається як для звичайних непросідаючих ґрунтів, виходячи з деформаційних характеристик при природній вологості,  $S_{sl}$  – деформація основи під просадку ґрунту;  $S'_u$  – гранично допустима сумісна деформація основи і будівлі чи споруди, що дорівнює :

$$S'_u = S_u \cdot \gamma_s, \quad (3.15)$$

де  $S_u$  – гранично допустима деформація основи і будівлі чи споруди, визначається за ДБН В. 2,1 – 10-2009. “Основи та фундаменти споруд”, як для звичайних ґрунтів,  $\gamma_s$  – коефіцієнт умов роботи, що враховує імовірність одночасного сполучення найбільш несприятливих умов за просіданням та осіданням і приймається рівним одиниці при  $S_{sl} < 2 \cdot S$ .

Просідання основи при замочуванні визначають за виразом:

$$S_{sl} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sl,i} \cdot h_i \cdot k_{sl,i}, \quad (3.16)$$

де  $n$  – кількість розрахункових шарів в просідаючій товщі;  $\varepsilon_{sl,i}$  – відносне просідання  $i$ -го шару ґрунту;  $h_i$  – товща  $i$ -го розрахункового шару ґрунту;  $k_{sl,i}$  – коефіцієнт, який при ширині подошви фундаменту  $b \leq 12$  м дорівнює одиниці, при ширині  $b \leq 3$  вираховується за виразом:

$$k_{sl,i} = 0,5 + \frac{1,5 \cdot (P - P_{sl,i})}{P_0}, \quad (3.17)$$

де  $P$  – середній тиск під подошвою фундаменту, кПа;  $P_{sl,i}$  – початковий тиск просідання  $i$ -го шару ґрунту, кПа;  $P_0$  – тиск, що дорівнює 100 кПа, при  $3 \text{ м} < b < 12$  м.

Розрахунок просідання для стрічкового фундаменту.

Вихідні дані:

$S'_u = 12 - 15$  см – допустиме просідання згідно з ДБН В. 2,1 – 10-2009. “Основи та фундаменти споруд” ;  $S = 0,037$  м – осідання ґрунту для стрічкового фундаменту;

$b = 2$  м – ширина підшви фундаменту;  $P = 200$  кПа – середній тиск під підшвою фундаменту;  $P_0$  – тиск, що дорівнює 100 кПа.

За результатами компресійних випробувань побудовано графіки залежностей  $\varepsilon_{sl,i} = f(p)$ , рис. 3.10.

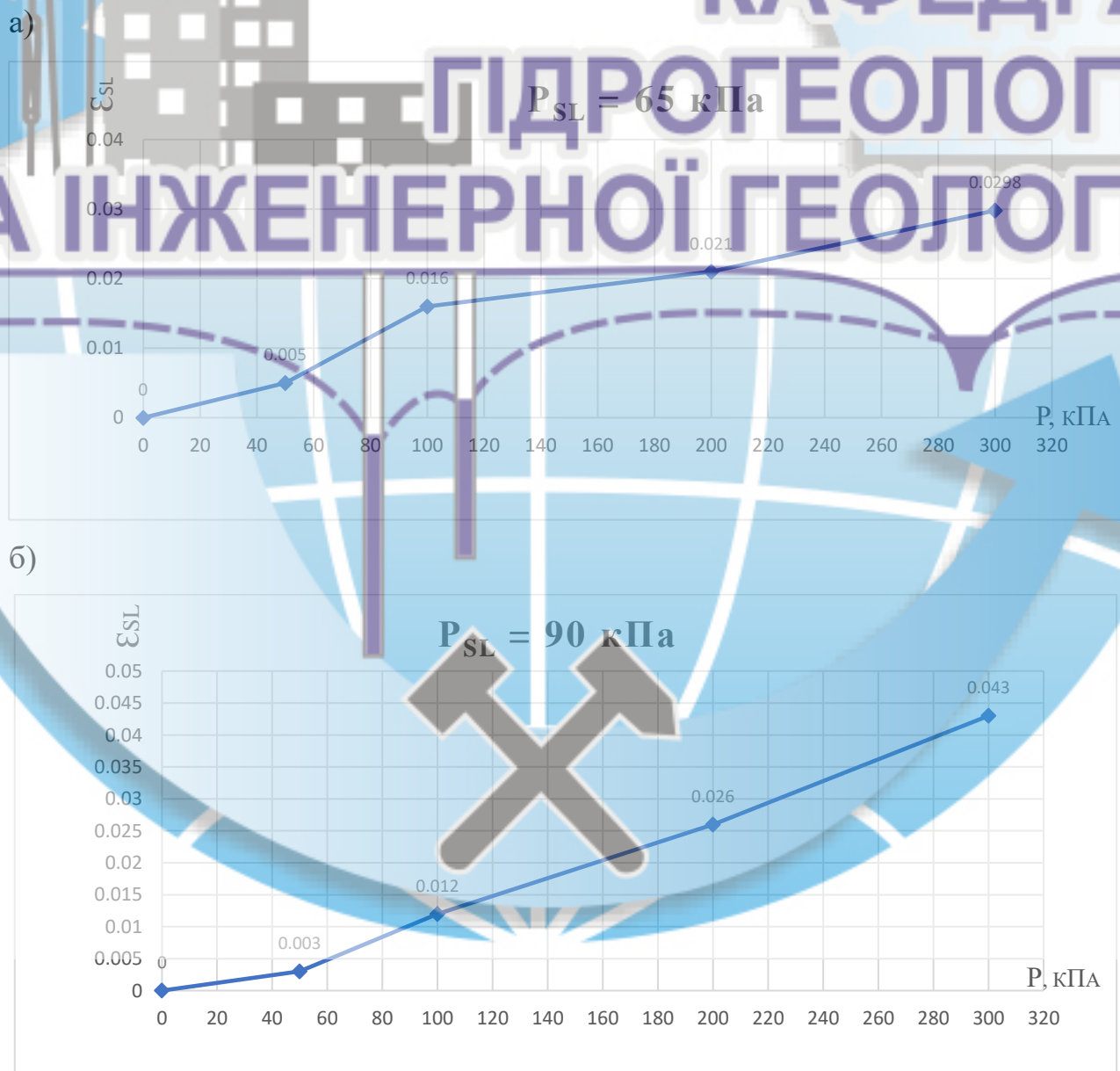


Рис. 3.10. Графіки залежностей  $\varepsilon_{sl,i} = f(p)$  для ІГЕ 1 та ІГЕ 2



Розраховуємо коефіцієнт  $k_{sl,i}$  для кожного просідного шару ґрунту:

$$\text{ІГЕ-1} \quad k_{sl} = 0,5 + \frac{1,5 \cdot (200 - 65)}{100} = 2,52$$

$$\text{ІГЕ-2} \quad k_{sl} = 0,5 + \frac{1,5 \cdot (200 - 90)}{100} = 2,15$$

Визначили просідні властивості ґрунтів  $S_{sl,i}$

$$S_{sl,1} = 1,4 \cdot 0,002 \cdot 2,52 = 0,007 \text{ (м)}$$

$$S_{sl,2} = 1 \cdot 0,0016 \cdot 2,52 = 0,004 \text{ (м);}$$

$$S_{sl,3} = 1 \cdot 0,0019 \cdot 2,15 = 0,0047 \text{ (м);}$$

$$S_{sl,4} = 1 \cdot 0,0059 \cdot 2,15 = 0,012 \text{ (м).}$$

Подальші розрахунки просідних властивостей ґрунтів  $S_{sl,i}$  представлені в таблиці 3.10

Сума просідань за всіма розрахунковими шарами становить :

$$\sum S_{sl} = 0,079 \text{ (м)}$$

Загальні деформації осідання та просідання основи і стрічкового фундаменту складають:  $S + S_{sl} = 0,0371 + 0,079 = 0,1161 \text{ м} = 11,61 \text{ см}$ . – II тип просідання від власної ваги.

Результати розрахунків загальних деформацій осідання та просідання основи і стрічкового фундаменту приведені в таблиці 3.10.

## Загальні деформації осідання та просідання основи і фундаменту

№ ПГЕ	№ шару	Потужність шару, м	Вертикальні стискаючі напруження від власної ваги ґрунту $\sigma_{zg}$ , кПа	Табличний коефіцієнт $\alpha$	Вертикальні стискаючі напруження від власної ваги ґрунту на різних глибинах $\sigma_{zn}$ , кПа	Осадка фундаменту $S$ , м	Відносне просідання $P_{sl,m}$	Коефіцієнт $k_{sl,i}$	Відносне просідання і-го шару ґрунту $\varepsilon_{sl,i}$	Просідання основи при замочуванні ґрунту $S_{sl}$ , м
ПГЕ 2	1	1,4	18,42	-	181,58	0,01	65	2,52	0,002	0,007
	2	1	27,66	1	99,86	0,0067		2,52	0,0016	0,004
	3	1	36,9	0,55	69	0,0046		2,15	0,0019	0,0047
ПГЕ 3	4	1	46,08	0,38	54,47	0,0037	90	2,15	0,0059	0,012
	5	1	55,26	0,3	47,2	0,0025		2,15	0,003	0,0064
	6	1	62,6	0,26	39,9	0,0019		2,15	0,0041	0,0088
	7	0,8	69,03	0,22	34,5	0,0016		2,15	0,0052	0,009
	8	0,7	75,45	0,19	33,4	0,0013		2,15	0,0059	0,0088
	9	0,6	80,96	0,184	30,1	0,0014		2,15	0,0067	0,0086
	10	0,6	87,39	0,166	27,2	0,01		2,15	0,0075	0,0096
$\Sigma S = 0,037$								$\Sigma S_{sl} = 0,079$		

#### 4. СПОСОБИ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ НА ДІЛЯНКАХ З ПРОСІДАЮЧИМИ ҐРУНТАМИ

*Просідаючі ґрунти* – це ґрунти, які зменшують свій об'єм при заволоженні. Типовим представником таких ґрунтів є лесові ґрунти і вони покривають біля 60 % території України. Лесові ґрунти мають високий вміст карбонатів, що пояснює їхню міцність при малій щільності і при невисокій природній вологості, вони достатньо міцні та стійкі (здатні утримувати вертикальну стінку). При заволоженні руйнуються структурні зв'язки між частинками ґрунту і під дією природного тиску відбувається його доущільнення. Тому ці ґрунти називають просідаючими. Вони можуть просідати на 2 - 3 м, що викликає великі деформації споруд. Просадність визначають за допомогою критеріїв просадності (ступінь вологості) та показника просадності. Величина просадності визначаються експериментальними методами.

Міцність, стійкість і експлуатаційна придатність будівель, що зводяться в районах просідаючих ґрунтів, може бути забезпечена усуненням просідаючих властивостей ґрунтів шляхом їх ущільнення або застосування ґрунтових паль, попереднім замочуванням ґрунтів основи, заходами, що виключають можливість проникнення води в ґрунти основи, вибором конструктивних рішень, що забезпечують жорсткість несучого остова, а також можливістю швидкого відновлення конструкцій після їх осідання.

При виборі типу несучого кістяка будівель віддають перевагу конструктивним схемам, які малочутливі до нерівномірних осідань.

Будівлі належить проектувати простою конфігурацією в плані. Будівлі, що мають велику протяжність, розрізаються осадочними швами, які суміщаються з температурними і розташовуються у поперечних стінах. У великопанельних будинках окремі відсіки повинні замикатися поперечними стінами біля осадочних швів. У багатоповерхових великопанельних будівлях відстань між осадочними швами приймають не більше 72 м. Для підвищення міцності та стійкості таких будівель облаштовують армовані пояси, які викладаються на рівні



міжповерхових перекриттів безперервно по всій довжині зовнішніх і внутрішніх стін в межах відсіків, розділених осадочними швами. Допускається також застосування збірно-монолітних поясів для забезпеченням міцності їх зв'язку з конструкціями.

Районами з *підроблюваними територіями* називають території, де під певним шаром земної поверхні ведеться видобування ракушняка, кам'яного вугілля, деяких видів солей і т.п. (Львівсько-волинський вугільний басейн, Донецький вугільний басейн та ін.) У районах з підроблюваними територіями відбувається осідання і горизонтальне зміщення земної поверхні, в результаті чого виникають деформації будинків і споруд.

Для зменшення величин деформацій будівель і споруд використовують різні архітектурно-планувальні та конструктивні заходи, що забезпечують просторову жорсткість і міцність будівель і споруд, стійкість їх конструкцій і надійний зв'язок елементів між собою. У числі цих заходів важливе значення має раціональна орієнтація кварталів і ділянок забудови, за якої будівлі у плані повинні розміщуватися під прямим кутом до напрямку поширення горизонтального зсуву (мульди зсування). Довгі і складні по конфігурації в плані будівлі розділяють деформаційними швами на відсіки. У будинках і спорудах влаштовують залізобетонні або армоцементні пояси по периметру зовнішніх і внутрішніх стін, забезпечують анкерування перекриттів у стінах, замонолічування міжповерхових перекриттів. Для забезпечення стійкості, міцності та експлуатаційної придатності будинків і споруд, які будуються на підроблюваних територіях, застосовуються жорсткі конструктивні схеми, при яких елементи не повинні мати взаємних переміщень, і будівля або споруда осідає як одне просторове ціле. Жорсткі конструктивні схеми мають великопанельні будинки з поперечними несучими стінами, каркасні будинки з жорсткими рамними вузлами несучого остова.

Такі конструктивні схеми допускаються при будівництві багатоповерхових каркасних будівель. Разом з тим, згідно частини I ДБНВ.1.1- 5:2000 «Будинки і споруди на підроблюваних територіях», рекомендується при

проектуванні каркасних будинків віддавати перевагу податливим або комбінованим конструктивним схемам (зв'язковим або рамно-зв'язковим). Жорсткі ж схеми доцільніше приймати для безкаркасних будинків з поздовжніми і поперечними несучими стінами. При цьому поздовжні внутрішні несучі стіни не повинні мати зміщень ділянок стін у плані, а поперечні стіни повинні проектуватися суцільними на всю ширину будинку.

Висоту будинку в межах відсіку слід витримати однаковою, а облаштувати підвали під частиною будівлі в межах відсіку, як правило, не рекомендується. Всі фундаменти в межах відсіку повинні розташовуватися на одному рівні; стовпчасті фундаменти бажано пов'язувати між собою горизонтальними зв'язками-розпірками.

Дуже важливо для запобігання від можливих просідань захищати ґрунти від проникнення в них будь-яких видів вологи, як атмосферної, так і експлуатаційної. Для цього необхідно облаштувати надійне вимощення шириною до 1,5 м, та зробити ретельну гідроізоляцію стін і підлоги підвалів, місць примикання трубопроводів і т.п.

Архітектурно-планувальні заходи щодо захисту будівель від нерівномірних деформацій включають також усі заходи забезпечення експлуатаційної надійності будинків, передбачених завданням на проектування з урахуванням місцевих умов.

#### **Особливості будівництва на макропористих просідаючих ґрунтах.**

Спеціальний різновид глинистих ґрунтів складають макропористі (леси, лесовидні) з пористістю 50 % і більш з крупними порами у вигляді вічок і вертикальних трубочок. Унаслідок таких особливостей структури макропористі ґрунти є просідаючими: при замочуванні водою вони під дією зовнішнього навантаження або навіть під дією власної ваги дають додаткове, швидке осідання (просідання). Просідання часто перевищує по величині припустиме осідання і іноді досягає десятків сантиметрів та становить серйозну загрозу для міцності та цілісності споруд. Тому будівництву на просідаючих ґрунтах, як правило, передують роботи по їх ущільненню і вертикальному плануванню території, що

виключає замочування основи атмосферними водами завдяки їх швидкому скиданню в зливоочистну мережу.

Ґрунти основи знаходяться в обжатому стані під двома силовими діями – власної ваги розміщених вище шарів ґрунту і всіх силових дій на будівлю, що передаються його фундаментами на основу. Тиск від власної ваги ґрунту називається природним (побутовим), а від будівлі – додатковим. По глибині основи ці силові дії проявляються по різному: інтенсивність природного тиску зростає, а додаткового падає за рахунок розподілу його на ширший простір. Вплив додаткового тиску на деформації основи проявляється на глибину кінцевої величини, що називається величиною деформаційної товщі основи. Верхньою межею товщі, що деформується, вважається відмітка підосви фундаменту, нижньою – відмітка, на якій величина додаткового тиску падає до 0,2 природного ( $P_{\text{дод.}} = 0,2 P_{\text{пр}}$ ).

Матеріалом фундаментів служить природний або штучний камінь (бетон). Найбільшого поширення набули бетонні і залізобетонні (збірні і монолітні) конструкції фундаментів.

Глибина закладання фундаментів визначається залежно від об'ємно-планувального рішення будівлі (наявність підвалу, підземних комунікацій), величини і характеру навантажень на основу, геологічної будови і характеру на шарувань окремих видів ґрунтів (глибина закладання може бути частково збільшена з прорізкою слабкого шару ґрунту для установки підосви фундаменту на міцніший підстилаючий шар), гідрогеологічних і кліматичних умов, що визначають глибину сезонного промерзання і відтавання ґрунтів.

У випадках коли об'ємно-планувальні та інші чинники не впливають на глибину закладання фундаментів, її величина приймається мінімальною. На нескальних і непучинистих ґрунтах вона становить 0,5 м для зовнішніх стін і колон, для внутрішніх стін – 0,2 м для збірної конструкції фундаментів і 0,5 м для монолітної.

У пучинистих глинистих ґрунтах, дрібнозернистих і пілуватих, вологих, піщаних і мулистих ґрунтах глибина закладання фундаментів залежить від



глибини сезонного промерзання і температурного режиму будівлі, його підвалу або підпілля. Глибина закладення фундаментів зовнішніх стін і колон опалювальних будівель при таких ґрунтових умовах приймається не менше розрахункової глибини промерзання –  $H$ , внутрішніх опор при холодних підвалах і підпіллях –  $0,5 H$ , при теплих – незалежно від цієї величини. Для неопалюваних будівель глибина закладення фундаментів зовнішніх і внутрішніх опор приймається не менше  $H$ .

Конструкції фундаментів бувають різних типів: стрічкові, стовпчасті, плитні (суцільні) і палі. Вибір типу фундаментів залежить від конструктивної системи будівель, величини переданих навантажень, а також від несучої здатності і деформативності ґрунтів.

Для безкаркасних будинків з несучими стінами найчастіше застосовують стрічкові або пальові фундаменти, для каркасних – стовпчасті або «пальові», для багатоповерхових і висотних будівель різних конструктивних систем – плитні або пальові фундаменти. Остаточний вибір варіанту конструкції фундаменту здійснюється за результатами техніко-економічного аналізу варіантів.

Стрічкові фундаменти являють собою безперервну підземну стіну, що передає навантаження від наземних стін або колон ґрунту через розширену нижню частину – подушку і піщану або щебеневу підсіпку товщиною 50- 100 мм. Розширення подушки необхідне для приведення у відповідність величини додаткового тиску під подошвою фундаменту несучій здатності ґрунту, оскільки величина розрахункових тисків на ґрунт істотно менше розрахункових опорів кам'яних або бетонних стін. Стрічковий фундамент без подушок влаштовується тільки під мало навантаженими стінами. Стрічкові фундаменти проектують монолітними або збірними. Монолітні стрічкові фундаменти виконують з бетону або бутобетону. Перехід до розширеної подошви у бутобетонних фундаментах здійснюється уступами висотою не менше 30 см при відношенні висоти уступу до його ширини в межах 1,25 - 1,75. Зниження трудомісткості зведення монолітних фундаментів забезпечується застосуванням інвентарної опалубки.

Основні зовнішні ознаки просідаючих ґрунтів: здатність зберігати вертикальні укоси в сухому стані; здатність швидко розмокати у воді; невисока вологість; наявність великих і дрібних пор, каналців; висока засоленість карбонатом кальцію, гіпсом, а також легкорозчинними у воді солями; колір ґрунту світло-коричневий.

Крім звичайного осідання, властивого будь-яким ґрунтам під дією вертикального навантаження, на просідаючих ґрунтах, при вже сталій нарузі, під подошвою фундаментів може відбутися додаткова осадка при замочуванні ґрунту. Ці додаткові осідання, що називаються просадками, набагато перевершують за величиною звичайні і є вкрай небажаними для будь-яких споруд, насамперед, для великопанельних будівель.

Щоб попередити можливу небезпечну втрату стійкості будівлі, необхідно при виконанні будівельних робіт по закладанню фундаментів ущільнювати ґрунти в зоні основи і здійснювати організоване відведення ґрунтової, атмосферної та господарської води від ділянки забудови. Будівельники іноді погіршують властивості ґрунтів при ритті котлованів, порушуючи природну поверхню ґрунту будівельного майданчика (нерівності, западини поглиблення, вали), що ускладнює природний стік атмосферної води.

При будівництві на глинистих ґрунтах і пилуватих суглинках виконавці робіт зобов'язані організувати швидко та безперешкодне видалення дощових і талих снігових вод з будівельного майданчика. Це досягається за рахунок належного планування поверхні ґрунту, облаштування необхідних каналів і водостоків.

Якщо у відкритому котловані за будь-яких причин з'явилася вода (дощ або верховодка), то її потрібно видалити, а дно зачистити на товщину розрідженого водою ґрунту. Вириті траншеї і шурфи, які не будуть використовуватись надалі під закладку фундаментів, необхідно невідкладно засипати місцевим ґрунтом і ретельно його утрамбувати.

При влаштуванні фундаментів на пилоподібних суглинках на дно котловану доцільно укласти шар піску товщиною 0,1 - 0,15 м з подальшим

трамбуванням, а при текучому або пластичному стані ґрунту виконати трамбування зі щебенем або зробити бетонну подушку.

Якщо для фундаментів під житлові будинки використовується бутова кладка, що зустрічається тепер дуже рідко, останню не можна виконувати у воді, або в розрідженому ґрунті. Коли водовідлив неможливий або утруднений, бутову кладку треба замінити бетонною або бутобетонною.

Часто будівельники не очищають камінь від бруду, пилу і т. п. перед вкладанням його за призначенням, а це перешкоджає нормальному зчепленню каменю з розчином. Щоб волога з розчину не відсмоктувалась, необхідно камінь безпосередньо перед укладанням змочити водою. Крім того, необхідно дотримуватися правил кладки у відношенні горизонтальності рядів, розщепенюванням, оберіганням розчину від висихання. Порухення цих вимог на будівництві сприяють легкому розриву кладки фундаментів при спучуванні ґрунтів. Після закінчення будівництва на пучинистих і просідаючих ґрунтах для відведення атмосферних вод необхідно влаштовувати вимощення з ухилом від будинку у співвідношенні 1:10, шириною не менше 1,5 м.

Просадність притаманна також вічномерзлим та льодонасиченим ґрунтам. До них відносять ґрунти з мінусовою температурою, що мають у своєму складі лід протягом тривалого періоду (3 роки і більше). Просадність вічномерзлої основи може виникати при її відтаванні під тепловим впливом експлуатованої будівлі. Щоб уникнути цього вдаються до влаштування штучної основи (утеплення поверхні чи попереднього відтаювання і ущільнення) або використовують природну основу, зберігаючи його мерзлий стан за рахунок спеціальних конструкцій фундаментів, підпілля та перекриття над ним.

Для забезпечення довговічної роботи споруд необхідна розробка набору фундаментів для різного типу споруд за призначенням і конструктивними особливостями, використовуючи який можуть застосовуватися найбільш ефективні фундаменти для конкретних споруд в конкретних інженерно- геокріологічних умовах.



Для каркасних будівель з технологічним обладнанням застосовують пальові фундаменти з металевих паль, рамно-просторові великопротітні ростверки, ортотропні плити перекриттів і ін. Для допоміжних споруд та блок-боксів доцільно використовувати мало заглиблені і поверхневі фундаменти, що суміщають несучі та охолоджуючі функції.



# КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

## ВИСНОВОК

Токмацький район Запорізької області за архітектурно-будівельним районуванням відноситься до зони II – південно-східний кліматичний район (степ). Категорія складності інженерно-геологічних умов, згідно ДБН А.2.1-1-2014 - III (складні).

У літологічній будові ділянки беруть участь нижньо-, середньо- та верхньоплейстоценові відклади складені ритмічним перешаруванням глини, суглинків та лесовидних суглинків, а також сучасними утвореннями – насипними ґрунтами та суглинком гумусованим. Територія вишукувань згідно з ДБН А.2.1-1-2014 відноситься до не підтоплених підземними водами. Сучасні та техногенні ґрунти ІГЕ-1 характеризуються неоднорідним складом, нерівномірним стисненням і щільністю, наявністю в них домішок органічних сполук та будівельних матеріалів, тому використовувати їх як природну основу для фундаментів проєктованих споруд не рекомендується. Можливе замочування ґрунтів призведе до погіршення їх фізико-механічних властивостей: зниженню деформаційних і міцнісних характеристик, збільшенню вологості, питомої ваги, прояву просідних властивостей. Виходячи з цього, при виборі фундаменту дуже важливим є прогноз змін інженерно-геологічних умов.

Для досліджуваної ділянки виконано прогноз зміни рівня ґрунтових вод з часом (на термін 25 років), враховуючи використання води в технологічному процесі; визначення осадки фундаменту проєктованої споруди з розподіленим навантаженням по підшві 0,2 МПа методом пошарового підсумовування в умовах підвищення рівня підземних вод розрахунок просідання ґрунтів при замочуванні.

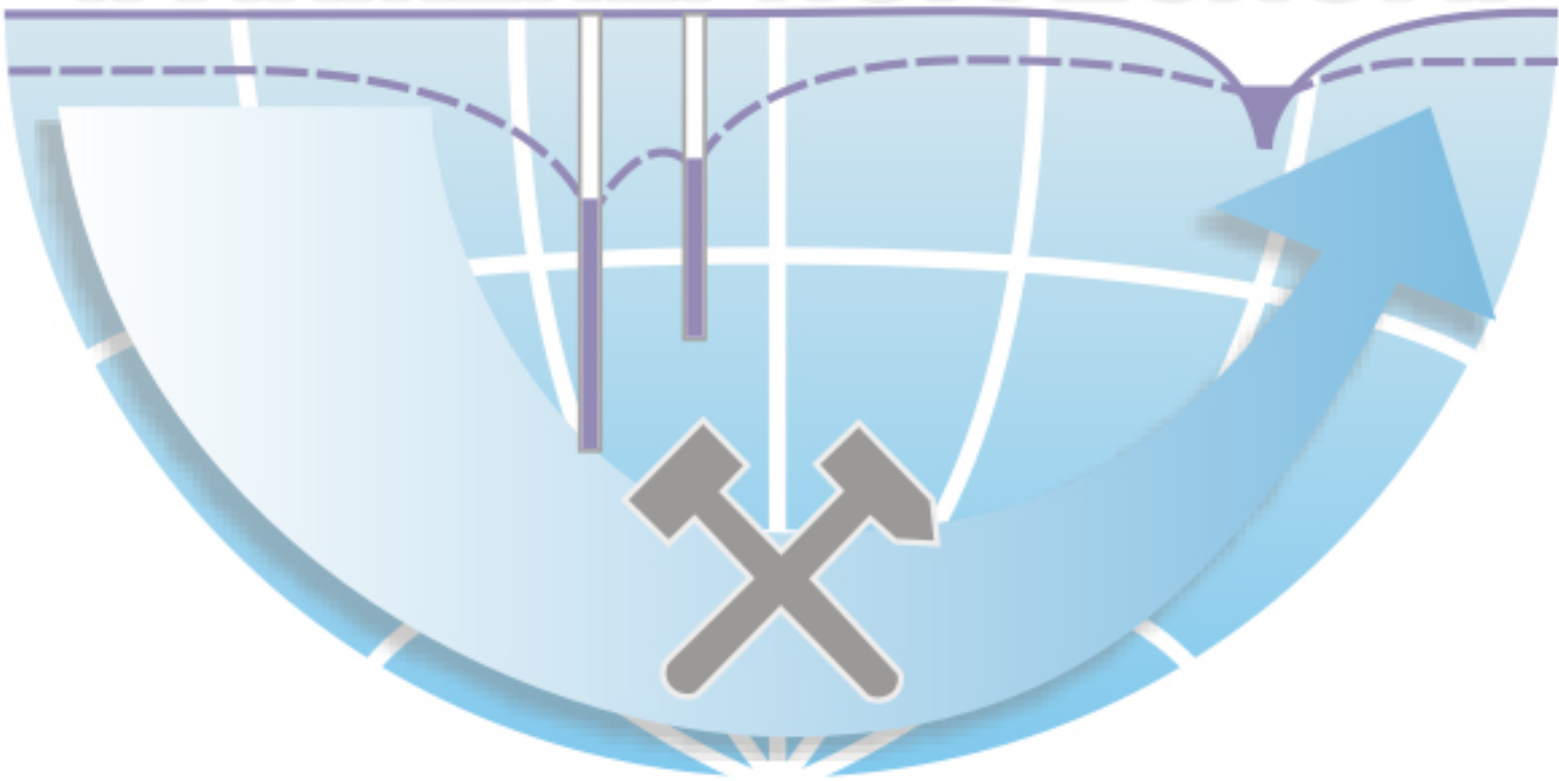
Прогноз зміни рівня підземних вод на ділянці на 25-річний період для смужової зони додаткового зволоження шириною 5 метрів показав, що підземні води можуть підвищитися в середньому на 2,7 м для заданих умов.

Сумарна осадка ґрунту під підшвою фундаменту за результатами розрахунків складає 3,17 см в умовах підняття рівня підземних вод.

Було визначено величину просідання лесового ґрунту, за результатами розрахунків просадка становить 7,9 см. Загальні деформації осідання та просідання основи фундаменту становлять 11,61 см. Згідно ДБН А.2.1-1-2014 ділянка відноситься до II типу ґрунтових умов за просадністю.

Можливе замочування ґрунтів ІГЕ-2 та ІГЕ-3 призведе до погіршення їх фізико-механічних властивостей: зниженню деформаційних і міцнісних характеристик, збільшенню вологості, питомої ваги, показника текучості, прояву просідних властивостей. Тому при проектуванні надані рекомендації, які передбачують комплекс захисних заходів, які включають конструктивні заходи захисту будівлі і навколишньої території від підтоплення в поєднанні з закріпленням ґрунтів основи.

## КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ





## Використана література

1. Фізична географія Запорізької області: Хрестоматія / Відп. ред. Л.М. Даценко. – Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. – 200 с.
2. Атлас Запорізької області / Гол. ред. Ф.В. Зузук. – К.: Укргеодезкартографія, 1997. – С. 11
3. ДБН Д.2.2-1-99 Ресурсные элементные сметные нормы на строительныеработы. Сборник 1. Земляные работы. Киев 1999 г.
4. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Київ 2010 р.
5. Інформаційний щорічник щодо активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів на території України за даними моніторингу ЕГП – Київ: Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство “Державний інформаційний геологічний фонд України”, 2012. – 48 іл. – 105 с.
6. Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти: Підручник / В.Б. Швець, І.П. Бойко, Ю.Л. Винников та ін. – Дніпропетровськ: ”Пороги“, 2012. – 197 с.: іл.
7. ДСТУ Б В 2.1-8: 2001 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Відбирання, упакування, транспортування і зберігання зразків, Київ, 2001.
8. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000.
9. Центральнoукраїнська серія. Аркуш L-36-XII (Мелітополь). Пояснювальна записка – Київ: УкрДГРІ, 1964. – 82 с.
10. Небезпечні явища природного характеру та заходи щодо мінімізації їх негативних наслідків/ Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2017 році.// Заголовок з екрану – Інтернет-ресурс.
11. ДБН А.2.1-1-2014 Інженерні вишукування для будівництва. Київ. 2014 р.
12. ДБН В.2.1-10:2009 Основи та фундаменти споруд. Київ. 2009 р.
13. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Київ, 2011.

## Відгук

керівника на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра  
НТУ «Дніпровська політехніка» спеціальності 103 Науки про Землю  
студента гр. 103-20-1 Мажарова Максима Юрійовича

### **«Оцінка інженерно-геологічних умов будівництва промислового корпусу на суглинних основах та обґрунтування інженерного захисту в умовах просадних ґрунтів Токмацького району»**

Зв'язок завдання на кваліфікаційну роботу з об'єктом діяльності бакалавра. Завдання на представлену кваліфікаційну роботу безпосередньо пов'язано з об'єктом діяльності бакалавра за освітньо-професійною програмою «Геологія» спеціальності Науки про Землю – дослідженням гідродинамічного режиму та інженерно-геологічних умов природно-технічних об'єктів.

Актуальність. Питання прогнозу зміни гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов є дуже актуальним для ділянок, де проектується будівництво. Це є особливо важливим для безпечного будівництва та експлуатації проєктованих будівель та споруд на основах, складених лесовими ґрунтами. Тому тема кваліфікаційної роботи студента Мажарова М.Ю. є актуальною.

Відповідність змісту стандартам вищої освіти та дескрипторам НРК. Зміст роботи повністю відповідає стандартам вищої освіти та дескрипторам НРК. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, списку літератури, та додатків.

Практичне значення результатів. Результати роботи можуть бути використані для вибору типу фундаментів при проєктуванні будівництва в умовах розвитку лесових відкладень та обґрунтування заходів щодо інженерного захисту проєктованих споруд.

Ступінь самостійності виконання. Студент Мажаров М.Ю. виконав кваліфікаційну роботу самостійно за допомогою консультацій наукового керівника.

Застосування ПЕОМ, реальність, комплексність. Усі розрахунки в роботі виконані студентом Мажаровим М.Ю. з використанням ПЕОМ для реального об'єкту з відповідним урахуванням його геологічної та гідрогеологічної специфіки. Робота враховує необхідні відомості та картографічний матеріал з геології та гідрогеології.

Якість оформлювання. Робота написана грамотною мовою, оформлена відповідно до сучасних вимог.

Недоліки. Графічний матеріал для опису та характеристики досліджуваної ділянки не є достатньо повним. Рекомендації щодо захисту потребують більш детального обґрунтування.

Комплексна оцінка. Кваліфікаційна робота Мажарова М.Ю. відповідає вимогам до рівня вищої освіти за НРК та компетентностям освітньої програми «Геологія» і заслуговує оцінки «добре», а її автор Мажаров М.Ю. – присвоєння йому кваліфікації бакалавр за спеціальністю 103 Науки про Землю.

Науковий керівник:  
доц. каф. гідрогеології  
та інженерної геології

Шерстюк Є.А.

## Рецензія

на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра  
НТУ «Дніпровська політехніка» спеціальності 103 Науки про Землю  
студента гр. 103-20-1 Мажарова Максима Юрійовича

«Оцінка інженерно-геологічних умов будівництва промислового корпусу на суглинних основах та обґрунтуванням інженерного захисту в умовах просадних ґрунтів Токмацького району»

Проблема будівництва на основах, складених лесовими ґрунтами, є дуже актуальною для більшості території України, а особливо для Придніпров'я. Особливо важливою є оцінка умов роботи споруди при замочуванні лесових ґрунтів. Тому тема кваліфікаційної роботи студента Мажарова М.Ю. є актуальною.

Представлена робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. У першому розділі надана загальна характеристика географічного положення, кліматичних, гідрогеологічних умов і геологічної будови району досліджень, виконано аналіз поширення лесових ґрунтів по території України та їх вплив на будівництво. У другому розділі наведено аналіз інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов ділянки проектного будівництва в Запорізькій області.

В третьому розділі представлено прогноз зміни інженерно-геологічних умов ділянки в умовах забудови: виконано розрахунки можливої величини підтоплення території з огляду на використання води в технологічному процесі та розташування резервуару з водою на території ділянки; розрахунки осідань та просідань основи проектного споруди методом пошарового підсумовування. Четвертий розділ присвячено рекомендаціям щодо інженерного захисту ділянки проектного будівництва.

Кваліфікаційна робота написана грамотною мовою, оформлена відповідно до вимог, має практичну значимість. Кваліфікаційна робота бакалавра відповідає вимогам до рівня вищої освіти за НРК та компетентностям освітньої програми і заслуговує оцінки «добре», а її автор Мажаров М.Ю. – присвоєння йому кваліфікації бакалавр за спеціальністю «Науки про Землю».

Рецензент:  
доц. каф. нафтогазової  
інженерії та буріння, к.т.н., доц.

Расцветаев В.О.



## Протокол перевірки кваліфікаційної роботи бакалавра

студента групи 103-20-1  
(шифр групи)

**Мажарова Максима Юрійовича**

(прізвище, ім'я, по батькові)

Назва роботи: «Оцінка інженерно-геологічних умов будівництва промислового корпусу на суглинистих основах та обґрунтуванням інженерного захисту в умовах просадних ґрунтів Токмацького району»

Науковий керівник доц. Шерстюк Є.А.  
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

plag.com.ua	Оригінальність, %	63
	Подібність, %	37
	Неправильні цитування, %	0

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховання недобросовісних запозичень.

Науковий керівник

доц. Шерстюк Є.А.

Нормоконтролер

проф. Інкін О.В.

Зав. кафедри

проф. Рудаков Д.В.

\_\_\_\_\_ (дата)