

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

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

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

Студента Земляної Анастасії В'ячеславівни
(ПІБ)

академічної групи 103М-19-2
(шифр)

спеціальності Гідрогеологія
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 103 «Науки про Землю»
(офіційна назва)

на тему: «Аналіз інженерно-геологічних факторів і прогноз їхньої динаміки з метою
забудови техногенно навантаженої берегової зони»
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Рудаков Д.В.			
розділів:				
Загальний	Рудаков Д.В.			
Спеціальний	Рудаков Д.В.			
Рецензент	Довбніч М.М.			
Нормоконтролер	Загриценко А.М.			

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

гідрогеології та інженерної геології
(повна назва)

_____ Рудаков Д.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ грудня 2020 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу

ступеню магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Землянній А.В.
(прізвище та ініціали)

академічної групи 103М-19-2
(шифр)

спеціальності Гідрогеологія

за освітньо-професійною програмою 103 «Науки про Землю»

на тему Аналіз інженерно-геологічних факторів і прогноз їхньої динаміки з метою
забудови техногенно навантаженої берегової зони

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

Розділ	Зміст	Термін виконання
Загальний	<i>Аналіз фізико-географічних умов, клімату району, гідрогеологічної будови моря, геоморфологічної будови регіону, оцінка динаміки інженерно-геологічних факторів берегової зони Маріупольського порту</i>	13.10.2020- 21.10.2020
Спеціальний	<i>Прогнозні розрахунки осідання ґрунту в районі будівництва зернових терміналів, аналіз отриманих результатів.</i>	21.10.2020- 10.12.2020

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Рудаков Д.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі

13.10.2020 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії

11.12.2020 р.

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Земляна А.В.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: сторінок – 72, рисунків – 26, таблиць – 8, джерел – 25.

Об'єкт дослідження – геологічна будова, механізм формування та показники впливу на інженерно-геологічний стан техногенно навантаженої берегової зони на прикладі Маріупольського порту.

Предмет дослідження – параметри та показники масиву намивних ґрунтів в основі споруд у порту.

Мета дослідження – виконати прогноз можливих змін стану техногенно-навантаженої берегової зони на прикладі порту м. Маріуполь під впливом інженерно-геологічних факторів.

У вступі йдеться про актуальність досліджень техногенно змінених ґрунтів під навантаженням портових споруд на узбережжі Азовського моря.

У першому розділі представлений огляд загальних відомостей про район досліджень, а саме фізико-географічне положення, гідрологічні умови моря та клімат, геологічну та геоморфологічну будову.

У другому розділі надана характеристика геологічної будови, інженерно-геологічних особливостей і фізико-механічних властивостей ґрунтів на досліджуваній ділянці.

У третьому розділі розглянуто основні фактори впливу на проведення будівельних робіт на ґрунтах поблизу узбережжя моря, виконано прогноз інженерно-геологічних факторів і прогноз їхньої динаміки, зроблене обґрунтування методики інженерно-геологічних розрахунків, використано метод пошарового підсумовування, виконано аналіз отриманих результатів щодо осідання ґрунту і крену досліджуваної ділянки прибережної зони.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЗОНА УЗБЕРЕЖЖЯ, НАМИВНІ ҐРУНТИ, ОСІДАННЯ, МЕТОД ПОШАРОВОГО ПІДСУМОВУВАННЯ, МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦІЇ, КРЕН СПОРУД.

ВСТУП.....	5
1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РАЙОН ДОСЛІДЖЕНЬ.....	7
1.1 Фізико-географічне положення та клімат.....	7
1.2 Гідрологічні умови Азовського моря та узбережжя.....	10
1.3 Геолого-геоморфологічна будова регіону.....	20
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ДІЛЯНЦІ ТЕХНОГЕННО НАВАНТАЖЕНОЇ БЕРЕГОВОЇ ЗОНИ.....	25
2.1 Геологічна будова та гідрологічні умови.....	25
2.2 Інженерно-геологічні особливості ділянки.....	28
2.3 Аналіз фізико-механічних властивостей ґрунтів.....	34
3. ПРОГНОЗ ДИНАМІКИ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ДІЛЯНКИ БУДІВНИЦТВА НА ПРИЧАЛІ МАРІУПОЛЬСЬКОГО ПОРТУ.....	40
3.1 Фактори впливу на проведення будівельних робіт на ґрунтах поблизу узбережжя моря.....	40
3.2 Обґрунтування методики інженерно-геологічних розрахунків та прогнозу стану ділянки під впливом будівництва.....	46
3.3 Розрахунок осідання і крену круглого фундаменту на території Маріупольського порт.....	53
ВИСНОВОК.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65
ДОДАТОК А. Відгук керівника.....	69
ДОДАТОК Б. Рецензія.....	70
ДОДАТОК В. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи магістра.....	71
ДОДАТОК Г. Результати розрахунку осідання ґрунту.....	72

ВСТУП

Відомо, що морський транспортний комплекс є багатофункціональною структурою, що задовольняє потреби національної економіки у транспортному забезпеченні. Морські порти є складовою частиною транспортної і виробничої інфраструктури держави з огляду на їх розташування на напрямках міжнародних транспортних коридорів [1].

В Україні функціонує 13 морських портів, в тому числі і Маріупольський морський торговельний порт. Останній є найбільшим портом на сході України, а також усього Азовського узбережжя. У зв'язку з цим треба взяти до уваги той факт, що у Маріупольському порту великий і регулярний вантажообіг, тобто великі навантаження на ґрунти. Саме тому проблема стійкості споруд на техногенних ґрунтах поблизу моря є дуже актуальною [1].

Основна мета роботи полягає у вивченні інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов задля реалізації проектів будівництва зернових терміналів на території порту у м. Маріуполі.

Основними задачами даної роботи є:

- проаналізувати і систематизувати літературні джерела щодо загальних відомостей про район досліджень;
- розглянути геологічну будову та гідрогеологічні умови ділянки, виділити її інженерно-геологічні особливості, проаналізувати фізико-механічні властивості ґрунтів;
- оцінити фактори впливу на проведення будівельних робіт на ґрунтах поблизу узбережжя моря, обґрунтування методики інженерно-геологічних розрахунків та прогнозу стану ділянки під впливом будівництва, провести розрахунки осідання ґрунту і крену споруд, скласти прогноз динаміки інженерно-геологічних факторів.

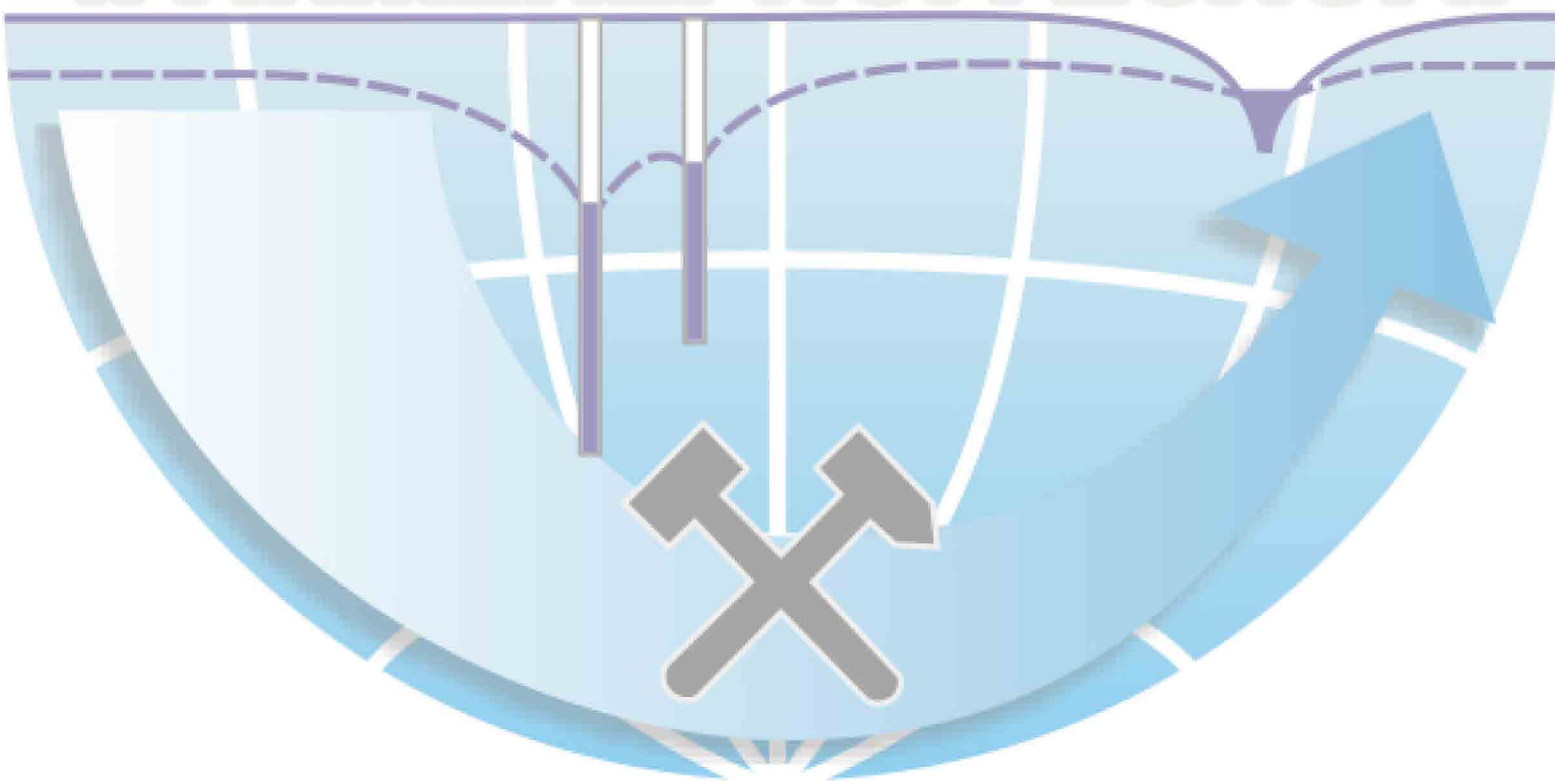
Об'єкт дослідження – геологічна будова, механізм формування та показники впливу на інженерно-геологічний стан техногенно навантаженої берегової зони на прикладі Маріупольського порту.

Предмет дослідження – параметри та показники масиву намівних ґрунтів в основі споруд у порту.

Новизна роботи полягає у кількісному аналізі показників інженерно-геологічного стану ділянки порту з терміналами для сипучих вантажів з урахуванням можливої варіації фізико-механічних властивостей техногенних намівних ґрунтів, що дозволяє оцінювати осідання та крен споруд з необхідним інженерним запасом відповідно до мінливості визначених параметрів.

Апробація – результати доповідалися на конференції «Студентська весна». Результати розрахунків можуть бути використані для обґрунтування технічних рішень щодо забудови техногенно навантаженої берегової зони, зокрема, спорудами для тимчасового зберігання та перевантаження сипучих вантажів для умов порту м. Маріуполь.

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РАЙОН ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Фізико-географічне положення та клімат

Маріупольський порт відноситься до території України і розташований в центральній частині Хлібної гавані, в північно-західній частині Таганрозької затоки Азовського моря, в 14 милях від входу в затоку, в тимчасовому поясі GMT +2 години. [2]. Географічні координати 47°03'29.0" північної широти і 37°30'12.5" східної довготи (рис. 1.1).

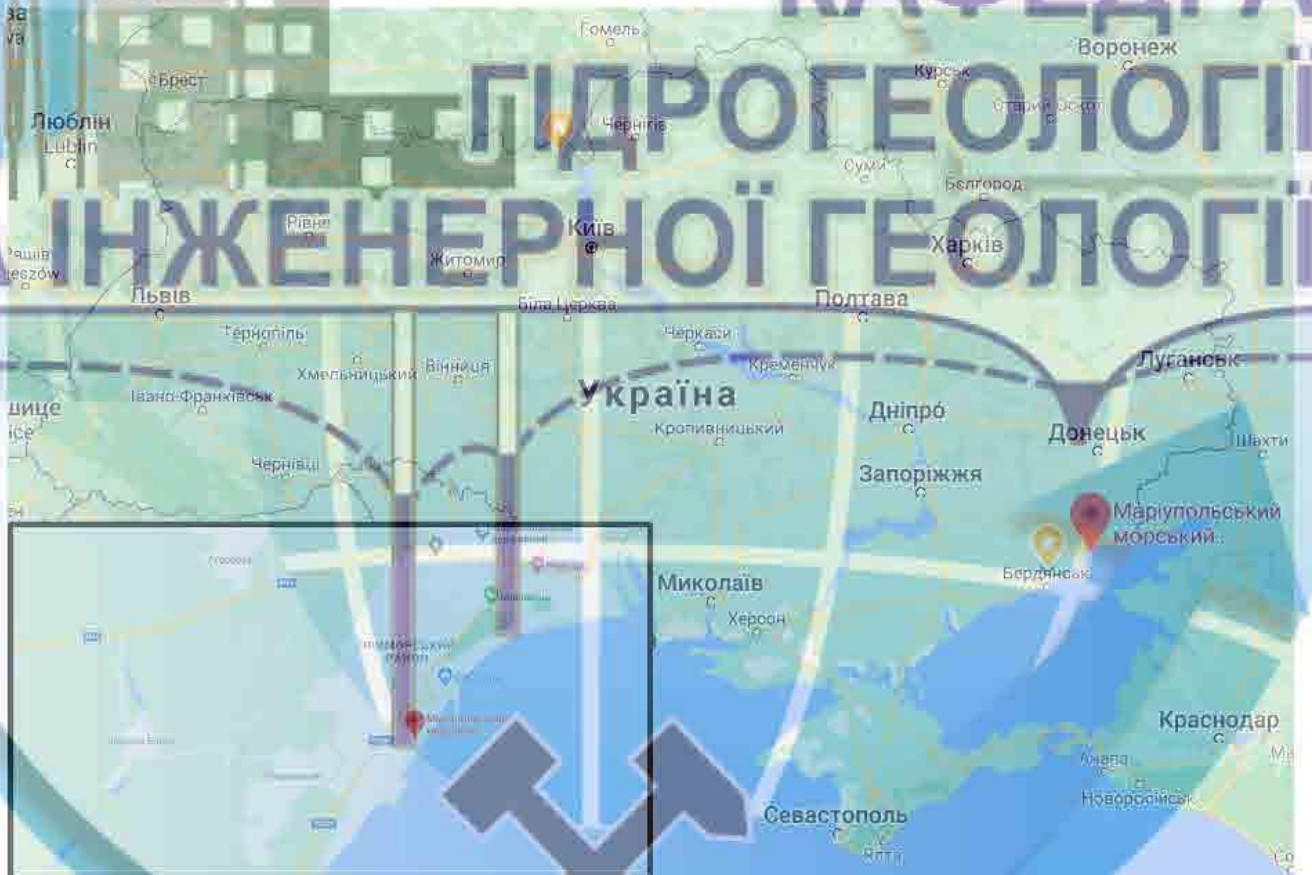


Рис. 1.1. – Географічне положення ділянки досліджень

Маріупольський морський торговельний порт - один з чотирьох найбільших на Україні. Територія порту складає 67,6 га. Довжина причальної лінії порту майже 4 кілометра. Найближчі морські порти: Бердянський, Таганрозький, Сіський, Керченський [2].

Ділянка проектного будівництва знаходиться на території 1-го вантажного району, в тилівій частині причалу № 4, Маріупольського морського торгового порту, в Приморському районі міста Маріуполя (рис. 1.2).



Рис. 1.2 – Розташування ділянки досліджень на плані Маріупольського морського торговельного порту [2]

У зв'язку з тим, що територія порту складена техногенно-намитивними ґрунтами, які мають доволі специфічні властивості в порівнянні з природними, виникає необхідність у детальному дослідженні їх динаміки під впливом різних факторів. Тому детальніше розглянемо кліматичні особливості району досліджень.

Клімат району м. Маріуполя має посушливий характер. Окремі періоди року характеризуються наступними показниками:

- весна - коротка, з частими поверненнями холодів в першій половині квітня. Заморозки закінчуються, зазвичай, в середині квітня. Земля звільняється від снігового покриву близько 20 березня. Сніготанення протікає швидко,

причому стік снігових вод перевищує просочування в ґрунт. Запас вологи в ґрунті до весни відносно невеликий. Швидко підвищення температури спостерігається у другій половині квітня. Переважаючі вітри в весняний період східних напрямків з найбільшою силою в кінці березня і в першій половині квітня;

– літо - спекотне, сухе. В кінці червня спостерігаються високі температури до $+39^{\circ}\text{C}$ і низька відносна вологість повітря. У другій половині літа опадів випадає дещо більше, ніж в першій половині. Вітри невеликої сили і переважно північних напрямків;

– осінь - перша половина - суха, зазвичай без опадів, з стійкими східними вітрами, високою температурою повітря на початку осені. Оподи випадають зазвичай у другій половині осені. Перші заморозки спостерігаються на початку жовтня. Переважний напрямок вітрів - східний і північно-східний;

– зима - нестійка, з частими відлигами, невеликим сніговим покривом. Відносно стійкі морози при сильних рвучких північно-східних вітрах спостерігаються в кінці січня і в першій половині лютого місяця. Переважний напрямок вітрів - північно-східний.

Абсолютний максимум температури повітря на досліджуваній території за багаторічний період спостережень становить $t = +39^{\circ}\text{C}$.

Абсолютний мінімум температури повітря на досліджуваній території за багаторічний період спостережень становить $t = -31^{\circ}\text{C}$.

Середня температура найбільш теплої періоду $t = +29^{\circ}\text{C}$, середня найбільш холодної періоду $t = -9^{\circ}\text{C}$, середня температура зовнішнього повітря на рік становить $t = +8.6^{\circ}\text{C}$.

Кількість опадів в за рік – 547 мм, середня з найбільших висот сніговий покриву за зиму – 50 мм [3].

1.2. Гідрологічні умови Азовського моря та узбережжя

Північний берег моря майже на всьому протязі круто обривається в море. На ньому піднімаються кургани, в багатьох місцях він прорізаний балками. Характерною особливістю північного берега є наявність низьких і довгих мілинах кіс. Берег між косами інтенсивно розмивається і відступає, внаслідок чого утворилися великі затоки [2].

Північно-східною частиною моря є велика, але мілководна Таганрозька затока, витягнута в східному напрямку майже на 121 км. У її берега розташовано кілька невеликих мілководних бухт, обмежених косами. На південній стороні затоки розташований мілководний Сіський лиман [2].

М'якість ґрунту обумовлює інтенсивність наносів в каналах і на фарватерах. Тому кожен раз при намірі зайти в який-небудь порт обов'язково слід справлятися про глибину ведучого до нього каналу або фарватеру.

Маріупольський порт відноситься до мілководної Таганрозької затоки (рис. 1.3), де хвилювання рідко перевищує 4... 5 балів, складаючи біля берега 2... 4 бали [2].

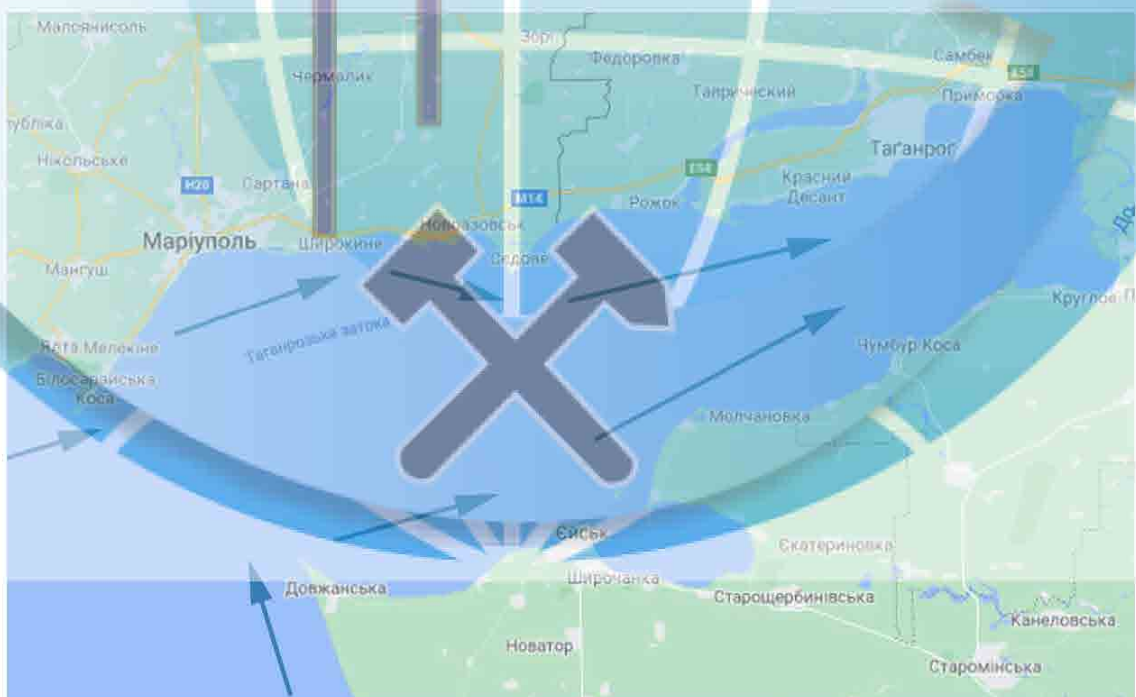


Рис. 1.3 – Схема руху Таганрозької затоки [2]

Коливання рівня в Азовському морі обумовлені річковим стоком, атмосферними опадами, випаровуванням, вітром (наганянь зганяння коливання) і водообміном з Чорним морем. Стік річкових вод, опади і випаровування впливають на сезонний хід рівня моря; в теплий період року рівень зазвичай вище, ніж в холодний. Найбільш високий рівень спостерігається в червні і буває на 18 см вищий за середній багаторічний. Мінімальний рівень моря відзначається в листопаді і буває на 14 см нижче середнього багаторічного.

Середній багаторічний рівень Азовського моря на 30 см нижче нуля Кронштадтського футштоку.

Коливання рівня моря найчастіше спостерігаються восени і взимку, не так часто навесні, що пояснюється активною циклонічною діяльністю. Так, наприклад, в районі порту Таганрог відзначалися випадки, коли при зганяннях вода відступала від берегової лінії більш ніж на 5 км. При нагонах іноді затоплялися причали порту, висота яких над середнім рівнем моря близько 2 м, і прилегла до причалів територія. Найбільш значні згони і нагони води спостерігаються в Таганрозькій затоці і в західній частині моря. Максимальна величина коливань рівня в районі порту Таганрог 6 м, портового пункту Генічеськ 4 м, портів Бердянськ і Керч 4 м.

У Таганрозькій затоці і в східній частині Азовського моря південно-західні та західні вітри викликають наганяння води, а північно-східні і східні вітри – зганяння. При середній швидкості наганяння вітру 15 м / с і більше в вершині Таганрозької затоки нагону досягають максимальних значень. Це пояснюється не тільки подовженою формою затоки, а й тим, що нагону спостерігаються тут зазвичай під час паводків, також обумовлюють підвищення рівня.

Небезпечні для судноплавства згони відзначаються в порту Маріуполь при сильних вітрах північно-східного і східного напрямків, а в порту Бердянськ – тільки при сильному і тривалому вітрах з півночі.

Сейшеві коливання рівня в Азовському морі виражені добре. Найбільшою величини (в середньому близько 55 см) вони досягають в Таганрозькій затоці. Середній період сейшевих коливань рівня змінюється від декількох хвилин до декількох годин (табл. 1.1). Якщо порівняти коливання рівня моря у різних пунктах

спостереження, стає зрозуміло, що у м. Маріуполі цей фактор носить некритичний характер.

Таблиця 1.1 – Рівень коливань моря на узбережжі Азовського моря

Коливання рівня моря, см				
Пункт	Середній рівень	Максимальний рівень (рік спостережень)	Мінімальний рівень (рік спостережень)	Величина коливань рівня
Маріуполь, порт	462	584 (1969)	342 (1949)	242
Бердянськ, порт	461	551 (1941)	352 (1928)	199
Генічеськ, портовий пункт	471	698 (1969)	287 (1969)	411
Єйськ, порт	462	615 (1960)	177 (1969)	438
Керч, порт	472	534 (1970)	329 (1969)	205
Приморсько-Ахтарськ, портовий пункт	467	719 (1923)	276 (1921)	443
Таганрог, порт	458	710 (1970)	101 (1960)	609
Темрюк, порт	472	793 (1969)	371 (1956)	422

Що стосується метеорологічної характеристики, Азовське море розташоване в південній частині помірної кліматичної зони, для якої характерні м'яка похмура зима і дуже тепле, сухе літо; в окремі роки спостерігається посуха. Взимку стан погоди в районі Азовського моря обумовлено впливом Азіатського максимуму, а влітку - Азорського максимуму.

Взимку відзначаються штормові холодні північно-східні вітри великої тривалості, які часто супроводжуються морозами і хуртовинами. Проходження циклонів над Азовським морем в цей час обумовлює нестійку і порівняно теплу погоду.

Навесні збільшується повторюваність середземноморських циклонів, що супроводжуються південно-західними і західними вітрами. В цей час здебільшого стоїть ясна погода.

Влітку погода зазвичай тиха, ясна, дуже тепла. Іноді відзначаються шторми шквального характеру, що супроводжуються грозами і зливами. У спекотні дні при розвитку потужних купчастих хмар, особливо в південній і південно-східній частинах моря, утворюються нетривалі, але сильні смерчі.

Восени, особливо в першій її половині, погода тепла і ясна, а в другій половині характер погоди змінюється на зимовий.

Для району Азовського моря характерні наступні типи погоди.

Антициклонічний тип погоди характеризується вітрами зі швидкістю понад 8 м / с, ясним небом або невеликою кучевою хмарністю.

Цей тип погоди виникає в теплий період (квітень – жовтень), коли Азовське море виявляється в тилівій частині антициклону, зміщується із заходу на схід. У цей час відзначається висока температура повітря, небо ясне; вдень над узбережжям утворюються купчасті хмари, але до вечора вони зникають.

У холодний період (листопад – березень) цей тип погоди спостерігається лише в тих випадках, коли над Чорним морем розташовується центр циклону. В цей час переважають східні та північно-східні вітри, часто бувають тумани.

Слабкий циклонний тип погоди виникає при проходженні над Азовським морем слабких атмосферних фронтів або провінцій окремих циклонів. Середня повторюваність його 12% в холодний період і 22% в теплий. Цей тип погоди характеризується слабкими і помірними вітрами змінних напрямків, хмарами середнього і нижнього ярусів; іноді випадають слабкі опади. У холодний період зазвичай спостерігаються тумани і шаруваті хмари, а в теплий період над узбережжям розвиваються потужні купчасті хмари і нерідко бувають грози.

Циклонічний тип погоди виникає при проходженні над Чорним і Азовським морями середземноморських циклонів або циклонів, що розвиваються на добре виражених атмосферних фронтах на північ від паралелі 50 ° північної широти. Повторюваність його взимку і влітку не перевищує 15%. Для цього типу погоди

характерні вітри зі швидкістю 6-14 м / с спочатку східних, а потім південних і західних напрямків. Західні вітри зазвичай бувають рвучкими і шквалистими. Взимку відзначаються похмура погода і обложні опади. Влітку, на початку розвитку цього типу погоди, спостерігається мінлива хмарність, часто лише середнього ярусу, або суцільна хмарність із шаруватих хмар. Проходження холодних фронтів супроводжується шквалами та грозами. При переході до західних вітрів температура повітря помітно знижується, випадають зливові опади.

Рідкісний циклонний тип погоди спостерігається переважно в холодний період; повторюваність його близько 4%. Для цього типу погоди характерні західні вітри зі швидкістю 14-24 м / с, які супроводжуються, як правило, шквалами.

Східний тип погоди спостерігається при наявності стійкого антициклону на південному сході і при циклонічній діяльності над Чорним морем. Цей тип погоди характеризується східними вітрами зі швидкістю 6-14 м / с. Залежно від стадії розвитку і шляху руху циклону над Чорним морем в холодний період року розрізняють два підтипи погоди:

1) східний підтип з антициклонічним характером погоди, що спостерігається при просуванні середземноморського циклону в південно-східну частину Чорного моря;

2) східний підтип з циклонним характером погоди, що спостерігається при просуванні середземноморського циклону на Північний Кавказ або безпосередньо на Азовське море, а також при глибокому циклоні, зміщується в південно-східну частину Чорного моря.

Повторюваність цих двох підтипів погоди відповідно 11 і 6% в теплий період і 11 і 23% в холодний.

При східному підтипі з антициклонічним характером погоди небо, як правило, ясне і малохмарне. При східному підтипі з циклонним характером погоди спостерігаються значна хмарність та опади, а іноді в холодний період - ожеледь. При різниці температур води і повітря, що дорівнює 8-10°C, відзначається ширяння моря.

Східний штормовий тип погоди виникає при великих градієнтах тиску над Азовським морем, які створюються при наявності антициклону на південному сході і циклону над Чорним морем. Цей тип погоди характеризується вітрами східних напрямків зі швидкістю 14-24 м / с; вітри зазвичай стійкі, іноді шквалисті.

Температура повітря знижується з півдня на північ. Найбільш холодними місяцями є січень і лютий; середня температура повітря в ці місяці змінюється від -1°C у південній частині моря до -6°C у північній. Абсолютний мінімум температури -33°C (порти Азов і Ростов-на-Дону, січень). Найбільш ранні морози відзначаються в кінці вересня, а пізні – в кінці квітня, в рідкісних випадках - на початку травня. Приблизно один раз в п'ять років відзначаються суворі зими з різкими і тривалими зниженнями температури.

Найтепліші місяці – липень і серпень: середня місячна температура повітря $22-24^{\circ}\text{C}$. Абсолютний максимум температури 43°C (портовий пункт Приморсько-Ахтарськ, серпень). Наступ максимуму і мінімуму добових температур повітря над відкритою частиною моря запізнюється в порівнянні з прибережними районами. Найбільші величини добової амплітуди температури ($5-10^{\circ}\text{C}$) спостерігаються влітку на північно-східному узбережжі.

Відносна вологість повітря протягом року значна. У холодний період року вона становить 80-90%, а в теплий 55-75%. Відносна вологість у відкритому морі в середньому трохи вище, ніж на узбережжі. Протягом всього року добре виражений добовий хід її з максимумом в ранкові години і мінімумом в після полуденні години.

Протягом майже всього року над Азовським морем переважають вітри від NE і E. Вітри цих напрямків більш яскраво виражені з вересня по квітень, коли загальна повторюваність їх становить 30-60%. Крім цих вітрів, з травня - червня по серпень збільшується повторюваність вітрів від SW та W (сумарна повторюваність їх сягає 50%).

Середня місячна швидкість вітру протягом року 3-7 м / с, причому в холодний період року вона більше, ніж в теплий.

Штилі рідкісні, повторюваність їх зазвичай не перевищує 7%, і тільки в окремих пунктах вона збільшується до 14%.

Річне число днів зі швидкістю вітру 17 м / с і більше на узбережжі коливається від 21 до 38. Вітри з такою швидкістю спостерігаються частіше з жовтня по березень, коли середнє число днів з ними 2-4 за місяць, в решту часу середня місячна кількість днів з таким вітром не перевищує 1-2.

Взимку вітри зі швидкістю 17 м / с і більше спостерігаються переважно від NE і E. Вони відрізняються великою тривалістю, зазвичай охоплюють все море і часто супроводжуються морозами і хуртовинами.

Влітку вітри з такою швидкістю відзначаються при проходженні холодних фронтів. Найчастіше вони носять шквалистий характер і, як правило, супроводжуються грозами і зливами. Перед шквалами зазвичай спостерігається висока температура повітря.

Взимку в описуваному районі відзначаються так звані «шторми Азовського моря» - сильні вітри від NE, небезпечні для судів. Вони спостерігаються 20-30 разів на рік, досягають великої швидкості і зазвичай супроводжуються сильними морозами. Найбільша тривалість таких штормів 9 діб. Ці вітри розводять сильне хвилювання в вершині Таганрозької затоки, а вздовж Арабатської Стрілки хвилі зламують лід і нагромаджують тороси.

Бризи в теплу пору року спостерігаються майже на всьому узбережжі Азовського моря. Береговий бриз починає дути з півночі і триває приблизно до 8-10 год. Середня швидкість морського бризу 3-4 м / с, берегового 1-3 м / с. Найбільша швидкість бризів досягає 8 м / с. Дія морського бризу поширюється на 11-14 миль в глиб суші, берегового – на 16-19 миль в море. Середнє місячне число днів з бризом становить влітку 18, восени 8-9.

Річне число днів з туманами коливається від 30 до 55. Найбільша повторюваність туманів відзначається з жовтня - листопада по березень - квітень, коли повторюваність туманів у відкритому морі становить 5-15%, а на узбережжі в середньому щомісяця спостерігається 4-10 днів з ними . З травня по серпень тумани

бувають не скрізь і не кожен рік. У вересні середня кількість днів з туманами складає 1-3.

У холодний період року найчастіше спостерігаються тумани, що охоплюють всі море або його значну частину. Тримаються вони зазвичай 9-12 годин, а іноді і кілька діб. Над незамерзлими ділянками моря в цей період нерідко спостерігається ширяння моря. У теплий період в більшості випадків тумани виникають вночі і вранці при тихій ясній погоді.

Під час туману можливе випадання дощу, мряки або снігу. Видимість в районі Азовського моря в основному гарна. З квітня по жовтень переважає видимість більше 10 миль, а з листопада по березень - менше 10 миль. Повторюваність видимості менше 1 милі з квітня по жовтень не перевищує 4%, а з листопада по березень 12%. Виняток становить Таганрозька затока, де повторюваність видимості менше 1 милі з квітня по жовтень 2-11%, а з листопада по березень 25-30%.

Середня місячна хмарність з жовтня по травень 5-8 балів, з червня по вересень 3-5 балів. Число похмурих днів в році коливається від 110 до 135, причому найбільше таких днів відзначається в Таганрозькій затоці. Найбільше середнє місячне число похмурих днів відзначається взимку і в окремих районах досягає 21, а середнє число ясних днів в цей же час становить 1-2 за місяць. Ясні дні спостерігаються переважно з липня по вересень, коли їх середнє число 10-15 за місяць.

Взимку повсюдно переважають низькі шаруваті хмари, а влітку - купчасті, які розвиваються над узбережжям днем і до ночі зникають.

Опади в описуваному районі розподіляються нерівномірно. Найбільша їх кількість випадає на сході району і в Таганрозькій затоці (близько 500 мм на рік), а найменше - на заході району (близько 340 мм на рік). В окремі дощові роки опадів випадає в три - чотири рази більше середньої багаторічної норми, а в посушливі роки в три - чотири рази менше цієї норми. Найбільше середня місячна кількість опадів (до 60 мм) випадає влітку, в інші сезони року середня місячна кількість опадів становить 20-40 мм.

Влітку під час злив максимальна добова кількість опадів досягає 200 мм (порт Темрюк, серпень).

Число днів з опадами за рік становить 105-125. Найбільш часто опади випадають з листопада по березень - квітень, коли середнє число днів із ними 10-16 за місяць; з квітня-травня по жовтень воно становить 5-9 за місяць.

Сніг випадає зазвичай з листопада по березень - квітень. Число днів зі снігом в цей період у середньому 19-22 в південній частині моря, 21-27 у північній, а у Таганрозькій затоці воно досягає 36. Сніговий покрив звичайно нестійкий і під час відлиг зникає. Число днів зі сніговим покривом коливається від 20 на півдні до 60 на півночі моря [2].

Гідрометеорологічні умови для плавання суден в Азовському морі сприятливі з травня по вересень. В цей час тумани відзначаються нечасто. Циклонічна діяльність ослаблена, тому штормові вітри спостерігаються рідко, а повторюваність сильного хвилювання не перевищує 4%.

З жовтня по квітень гідрометеорологічні умови менш сприятливі. У цей час активізується циклонічна діяльність, збільшується повторюваність штормових вітрів, а повторюваність сильного хвилювання досягає 18%. Через опади та туману значно погіршується видимість.

Плавання суден, особливо малих, важко внаслідок їх обмерзання, яке спостерігається з грудня по березень.

З січня по березень - квітень в помірні і суворі зими через складні льодові умови навігація зазвичай припиняється у всьому описуваному районі.

Таблиця 1.2 – Метеорологічна таблиця, місце спостереження – Маріупольський порт [25].

Метеорологічні елементи		Місяці												Середня за рік	Сума за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Повторюваність вітру, %	N	9	7	9	9	9	9	12	12	10	11	7	7	9	X
	NE	23	20	26	20	14	12	11	11	18	20	29	24	19	X
	E	24	25	23	23	18	14	8	9	12	18	29	28	19	X
	SE	3	2	4	5	8	6	6	7	8	4	2	5	5	X
	S	4	4	6	10	11	16	10	10	7	4	4	4	7	X
	SW	12	16	9	12	16	14	15	12	8	9	7	10	12	X
	W	12	13	11	9	9	11	13	1	12	14	11	12	12	X
	NW	13	13	12	12	15	18	25	28	25	20	11	10	17	X
	Штіль	13	13	13	9	7	8	8	10	13	13	11	13	11	X
Сер. швидкість вітру, м/с		4,7	5,1	5,3	4,9	4,6	4,2	4,1	3,7	3,8	4,2	5,6	4,7	4,6	X
Кількість похмурих днів (8—10 балів)		18	16	13	8	7	4	2	2	2	8	14	19	X	113
Середня кількість опадів, мм		39	35	29	30	37	46	48	47	29	32	39	46	X	457
Максимальна кількість опадів за добу, мм		45	25	27	34	39	67	80	74	47	34	38	42	X	X
Кількість днів з опадами		15	13	11	10	8	9	7	7	6	9	11	12	X	118
Температура повітря, °С	Середня	4,6	4	0,5	8,3	16	20,2	23,2	22,1	16,5	9,8	3	1,9	9,1	X
	Максимальна	11	14	18	26	32	36	40	38	33	26	20	12	X	X
	Мінімальна	30	29	22	12	3	3	7	5	3	13	22	24	X	X
Відносна вологість, %		87	87	83	73	67	66	62	64	68	78	86	88	76	X

1.3. Геолого-геоморфологічна будова регіону

Північне Приазов'я – крайня південна і південно-східна частина Українського кристалічного щита. Територія розташована на північний захід від Азовського моря у межах південного і посушливого степу помірних широт північної півкулі [16].

Територія Північного Приазов'я входить до Азово-Кубанської геоморфологічної провінції, яка охоплює різні у структурному відношенні райони: крайню західну частину Донецької складчастої споруди, південну окраїну Українського кристалічного щита (Приазовський масив) [17].

Рівнинний характер Північного Приазов'я визначений стійким зануренням території впродовж пізнього кайнозою, що сприяло накопиченню потужних морських і континентальних відкладів. Тектонічна будова фундаменту дуже складна і визначається розвитком різних за розміром, типом, морфологією складчастих і розривних дислокацій. Характерними тектонічними структурами всього Приазов'я є гнейсо-мігматитові куполи – округлі ізометричні позитивні структури з падінням складок порід від центру до периферії під кутами 40-60-80°. Всі складчасті структури докембрію є консолідованими. Глибина залягання кристалічних порід збільшується від Приазовського блоку щита, де вони виходять на поверхню у напрямі на захід та південь.

Верхній, мезо-кайнозойський структурний поверх залягає з різкою кутовою і стратиграфічною неузгодженістю (палеозойські відклади в районі відсутні) на дуже розчленованій поверхні кристалічного фундаменту, утворюючи нерівності його рельєфу. Загальна потужність платформного чохла змінюється від декількох метрів (поблизу виходів на поверхню порід фундаменту) [18]. Розріз осадового чохла складений породами 13 мезозою (нижня і верхня крейда) і кайнозою (палеогеновий і неогеновий відділи).

Орографічні і геоморфологічні елементи Північного Приазов'я в певній мірі обумовлені структурним планом території. Глибокому зануренню кристалічного фундаменту відповідають слаборозчленовані морські, лиманно-морські і

алювіальні пліоцен-плейстоценові рівнини, що витягнуті уздовж узбережжя Азовського моря. У межах Північного Приазов'я виділяється Приазовська, до складу якої входять геоморфологічні райони: Західно-Донецька схилово-височинна область, Приазовська вододільна структурно-денудаційна височина, Приазовська похила розчленована акумулятивно-денудаційна рівнина, Приазовська акумулятивна низовинна рівнина [19].

Ці акумулятивні рівнини і причленовані до них південні схили Приазовської височини перекриті практично суцільним чохлам субаеральних лесових порід і субаквальних відкладів [20].

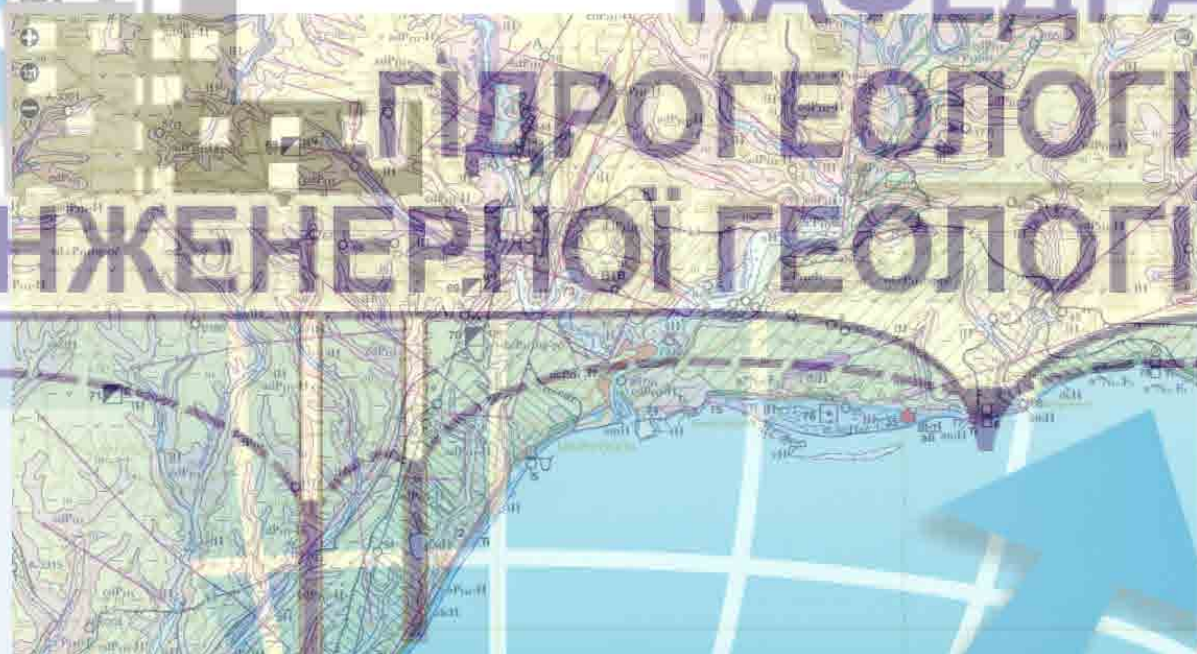


Рис. 1.4 - Геологічна будова досліджуваного регіону, масштаб 1:200 000 [6]

Сучасний геоморфологічний вигляд Азовського моря і його узбережжя сформувався протягом голоцену (останніх 3 тисяч років) під впливом гідродинамічних і седиментаційних процесів на тлі тих, які сходять з тектонічних рухів і загального підйому рівня моря. Круті береги (до 10-25 м) відокремлюють шельф від чорноземних степових рівнин [4].

Згідно геоморфологічного районування України територія Північного Приазов'я відноситься до Приазовської області пластово-денудаційних височин і

пластово-аккумулятивних підвищених рівнин (Азовсько-Придніпровська височина) [21].

Західно-Донецька схилово-височинна область знаходиться в західній частині Донецької височини. Геоструктурно це Бахмутська та Кальміус-Торецька синклінали Донецького прогину і частково схили Дніпровсько-Донецької западини. Палеозойські дислоковані породи перекриті тріасовими, юрськими, крейдовими і неогеновими відкладами. У складі палеозойських і мезозойських відкладів значно поширені соленосні породи, які зумовлюють розвиток карсту. Серед антропогенних відкладів найбільш поширені лесоподібні суглинки та частково елювіальні відклади корінних порід. Приазовська височина у структурному відношенні відповідає виступу Приазовського кристалічного масиву, який є південно-східним продовженням Українського кристалічного щита. Загалом масив представляє собою великий блок з більш піднятим північно-східним краєм, має дрібноблокову будову та розбитий системою розломів [20].

Приазовська похила розчленована аккумулятивно-денудаційна рівнина представлена схилами Приазовської височини південної, західної і східної експозиції, які глибоко розчленовані річковими долинами, ярами і балками. Схили південної експозиції короткі і досить стрімкі, а західної – більш пологі і мають більшу довжину [20].

Північне узбережжя Азовського моря має порівняно складну геоморфологічну будову. Берегові кліфи з вузькими пляжами або без них чергуються з косами, які суттєво збільшують довжину берегової лінії. Наприклад, довжина берега, виміряна по прямій від гирла р. Кальміус до Обіточної коси складає 120 км, але довжина берегової лінії досягає 240 км, що вказує на високу ступінь розчленування узбережжя через наявність кіс [13].

У геоморфології Таганрозької затоки найбільш виразним елементом уздовж осьової лінії є полого улоговина (русло палео-Дону), що простягнулася на 150 км від авандельти Дона до підводної рівнини Панова у відкритій частині Азовського моря (рис. 1.5). Глибини поступово збільшуються від 0-5 м у вершині затоки до 9-

10 м на виході з нього. Береги затоки оперезані мілинами шириною до 10, а місцями - до 25 км [4].



Рис. 1.5 - Схема улоговини, що проходить крізь ділянку дослідження, масштаб 1:500 000 [6]

У формуванні геоморфологічного вигляду прибережного Азовського шельфу велика роль біогенних процесів. Тому характерно, що більша частина наносів (ракуш, детрит, черепашковий пісок) надходить з дна моря.

Техногенними формами рельєфу у межах Північного Приазов'я є насипи та виїмки доріг, кар'єри, відвали, греблі ставків, полігони відходів, древні кургани, зрошувальні канали та інші [22].

Серед штучних (антропогенних) утворень найбільш помітні численні насипи уздовж підводних звалищ ґрунту, а також морські судноплавні канали. Найпротяжніші (до 20-30 км) і глибокі (5-9 м) підводні канали прориті до портів Азов, Таганрог, Маріуполь і Бердянськ. По обидва боки підхідних каналів розташовані пологі звалища ґрунту. Рівень дна каналів розташований приблизно на 4-5 м глибше, ніж прилеглий шельф.

Таким чином, на шельфі Азовського моря основними типами рельєфу є піщані і піщано-черепашкові гряди і інші форми, утворені дрейфовими (вітровими)

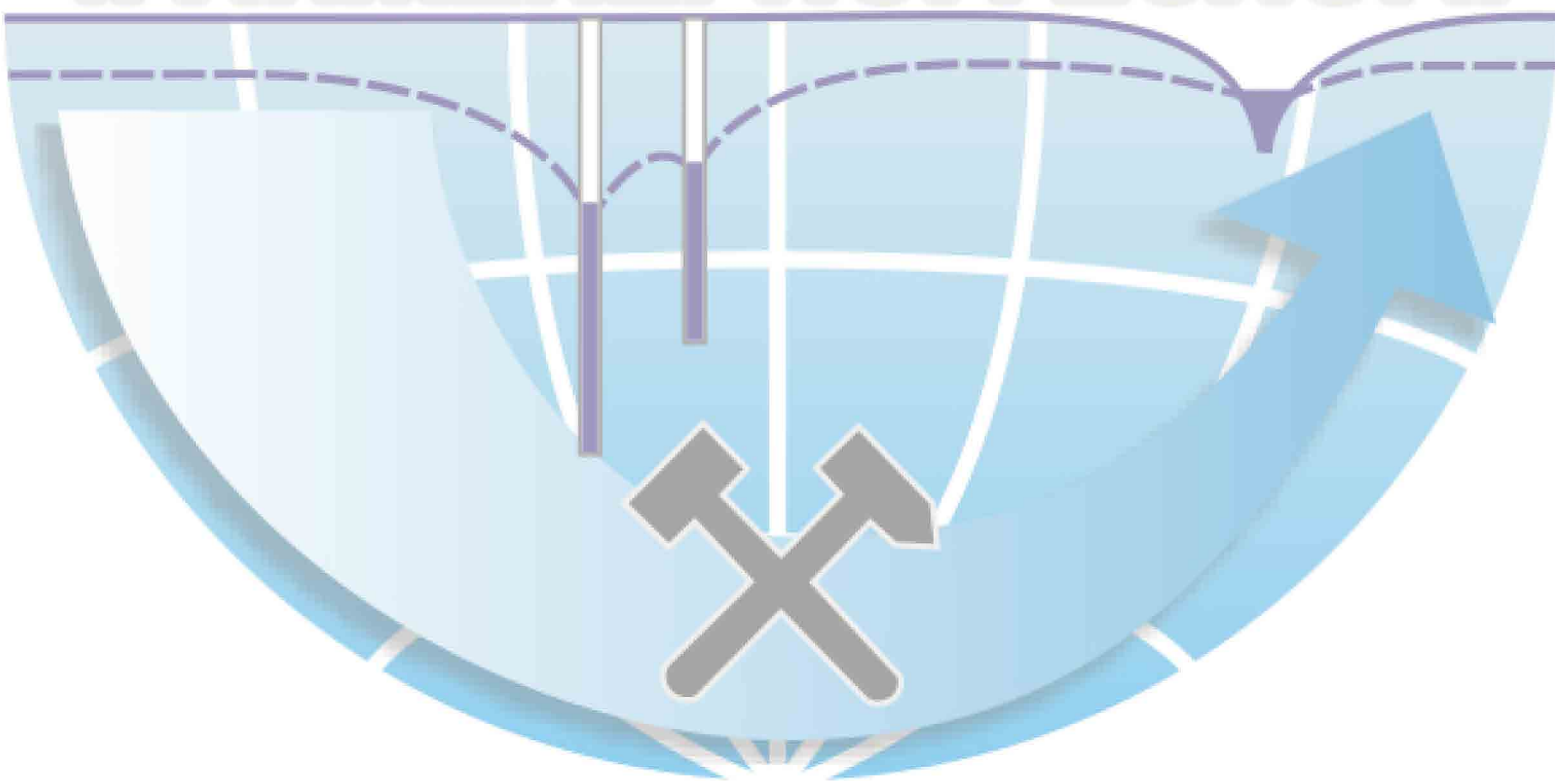
течіями; абразійні і абразійно-аккумулятивні тераси на глибинах 4-9 м; аккумулятивні (глинисто-мулисті) рівнини; ерозійні пологі улоговини дна.

У геоструктурному відношенні район м. Маріуполя розташований на південно-східному схилі Приазовського кристалічного масиву.

В геоморфологічному відношенні досліджувана ділянка знаходиться в межах лівого схилу річки Кальчик, біля північного берега Таганрозької затоки Азовського моря, в межах підводного берегового схилу, спланованого техногенними ґрунтами, в період будівництва та реконструкції набережної, уздовж якої обладнані причали.

Рельєф ділянки полого-покатий, із загальним ухилом з північного заходу на південний схід, в сторону річки Кальчик. Абсолютні позначки поверхні змінюються від 42,4 до 47,2 м, по відмітках усть свердловин.

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ДІЛЯНКІ ТЕХНОГЕННО НАВАНТАЖЕНОЇ БЕРЕГОВОЇ ЗОНИ

2.1. Геологічна будова та гідрогеологічні умови

Досліджувана ділянка (причал №4) знаходиться у центральній частині Хлібної гавані морського порту Маріуполь (на південь від причалу № 3) (рис. 2.1).



Рис. 2.1 - Ситуаційна схема досліджуваної ділянки, масштаб 1:25 000

Геологічну будову району складають неогенові відкладення акчагильського регіоярису (N_2ak), на розмитій поверхні яких залягають четвертинні алювіально-морські відкладення (a, m). Корінні ґрунти представлені глинами і пісками, четвертинними відкладеннями - пісками, крупноуламковими і глинистими ґрунтами (рис. 2.2).

Територія причалу утворена техногенними ґрунтами (t), представленими пісками і крупноуламковими ґрунтами.



Рис. 2.2 - Геологічна карта ділянки досліджень, масштаб 1:500 000 [6]

Також у цьому районі широко розвинені породи ефузивного походження: від основного базальту кварцових порід.

Кордон виходів кристалічних порід проходить по лінії Мангуш - Старий Крим - р. Кальчик - Чермалик на р. Кальміус. Між морським узбережжям і зазначеною лінією поверхні кристалічного масиву знижується і ховається під покровом осадових порід. В районі міста Маріуполя ця поверхня знаходиться на

відмітках мінус 70-30 м абсолютної висоти. Кристалічні породи подекуди з поверхні покриті продуктами вивітрювання – каоліновими глинами.

Гідрогеологічні умови ділянки характеризуються розвитком двох водоносних горизонтів, що приурочені до тріщинуватої зони кристалічних порід і продуктів їх вивітрювання.

Підземні води I-го від поверхні водоносного горизонту зустрінуті всіма свердловинами на глибині 1,3-1,5 м. Від поверхні землі, відповідно на абсолютних позначках 0,45 – 0,24 м. Води напірні. Водовміщуючими ґрунтами є техногенні ґрунти – різнозерністі піски і гравійні ґрунти (tIY). Водотривами служать тугопластичні і напівтверді глини ІГЕ 2₆³ і ІГЕ 2₇³.

Підживлення підземних вод відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і витоків із водогінних комунікацій. Підземні води динамічно пов'язані з водами Азовського моря. Коливання рівня підземних вод залежить від коливання рівня моря і становить приблизно 1,0 м від зафіксованих у період пошуків. Підземні води дреноються зливовою каналізацією, прокладеною на досліджуваній території.

За даними хімічного аналізу, підземні води I-го від поверхні водоносного горизонту, по мірі їх агресивного впливу на бетон за водонепроникністю на портландцементі – $SO_4 = 1463 \text{ мг / дм}^3$ і $HCO_3 = 10,2 \text{ мг-екв / дм}^3$ – середньоагресивні.

За ступенем агресивного впливу на арматуру при періодичному замочуванні – при рН = 7,5 і сумарною концентрацією сульфатів і хлоридів 1,1 г /дм³ – середньоагресивні [7].

Підземні води II-го водоносного горизонту залягають на глибинах 14,1 - 16,3 м від поверхні території відповідно на абсолютних позначках –12,55 – 14,79 м. Сталий рівень зафіксований на глибинах 3,5 - 3,8 м від поверхні землі, на абсолютній відмітці -2,0. Води напірні. Висота напору коливається від 10,6 м до 12,5 м. Водовміщуючими ґрунтами є різнозерністі піски і гравійні ґрунти (mII-III). Верхнім водотривом служать тугопластичні і напівтверді глини.

За даними хімічного аналізу, підземні води II-го водоносного горизонту, по мірі їх агресивного впливу на бетон за водонепроникністю на портландцементі $SO_4 = 1384 \text{ мг / дм}^3$ і $HCO_3 = 9,7 \text{ мг-екв / дм}^3$ – середньоагресивні.

За ступенем агресивного впливу на арматуру при періодичному замочуванні – при $pH = 7.5$ і сумарною концентрації сульфатів і хлоридів $1,8 \text{ г / дм}^3$ – середньоагресивні. [7].

2.2. Інженерно-геологічні особливості ділянки

На досліджуваній ділянці виділені такі інженерно-геологічні елементи (ІГЕ):

Техногенні ґрунти (tY)

Насипні ґрунти tY:

ІГЕ 0 - Бетонні плити (0,2 м) - покриття території.

ІГЕ 0⁰ - Гравійна, шлакова і піщана підсипка.

ІГЕ 0₀⁰ - Насипні ґрунти - різнозерністі піски з включеннями гравію, дресви гранітоїдних порід і граншлаку, з прошарками суглинку, будівельного сміття, шлаку зцементованого, гранітного каменю, металу, арматури. Неоднорідного складу і складення по площі і по глибині.

Намивні ґрунти tY:

ІГЕ 0_M¹ -суглинки темно-сірі, синювато-сірі, м'якопластичні, з тонкими лінзами дрібного піску, з домішкою органічних речовин, $I_{om} = 0,08$.

ІГЕ 0_c² - Піски дрібні, сірі, темно-сірі, з включеннями дрібної битої черепашки з дрібною галькою кристалічних порід, насичені водою, середньої щільності.

ІГЕ 0_p³ - Піски середньої крупності, сірувато-бурі, світло-сірі, темно-сірі, з включеннями гравію і дресви кристалічних порід, детриту черепашки, з рідкісними прошарками і лінзами суглинку, насичені водою, пухкі.

ІГЕ 0_c³ - Піски середньої крупності сірувато-бурі, світло-сірі, темно-сірі, з включеннями гравію кристалічних порід, насичені водою, середньої щільності.

ПЕ 0⁴ - Піски крупні світло-сірі, жовто-коричневі, сірі, з дрібним гравієм кристалічних порід, насичені водою, середньої щільності.

ПЕ 0⁵ - Піски гравелисті, жовтувато-бурі, темно-сірі, сірувато-бурі, з рідкісними включеннями гравію і дресви кристалічних порід, насичені водою, середньої щільності.

ПЕ 0⁶ - Гравійні ґрунти коричнево-жовті, жовтувато-сірі, темно-сірі, з піщаним заповнювачем, з включеннями гравію і дресви гранітоїдних порід, насичені водою.

Четвертинні морські відкладення (m II-III):

ПЕ 2³₅ - Глини темно-сірі, синювато-сірі, м'якопластичні, з домішкою органічних речовин, $I_{om} = 0,06$.

ПЕ 2³₆ - Глини темно-сірі, сірі, до кінця шару буро-сірі, тугопластичні з рідкісною дресвою кристалічних порід

ПЕ 2³₇ - Глини бурі, коричнево-бурі, напівтверді до кінця шару з вкрапленням піску.

ПЕ 3⁴_c - Піски крупні жовтувато-бурі, сірувато-бурі, сірувато-жовті, з включеннями гравію і дресви кристалічних порід, насичені водою, середньої щільності складення.

ПЕ 3⁵_c - Піски гравелисті сірувато-бурі, жовтувато-бурі, з включеннями гравію і дресви кристалічних порід, насичені водою, середньої щільності.

ПЕ 3⁶ - Гравієві ґрунти жовтувато-бурі, сірувато-бурі, темно-сірі, з гравієм і дресвою кристалічних порід, з піщаним заповнювачем, насичені водою [9].

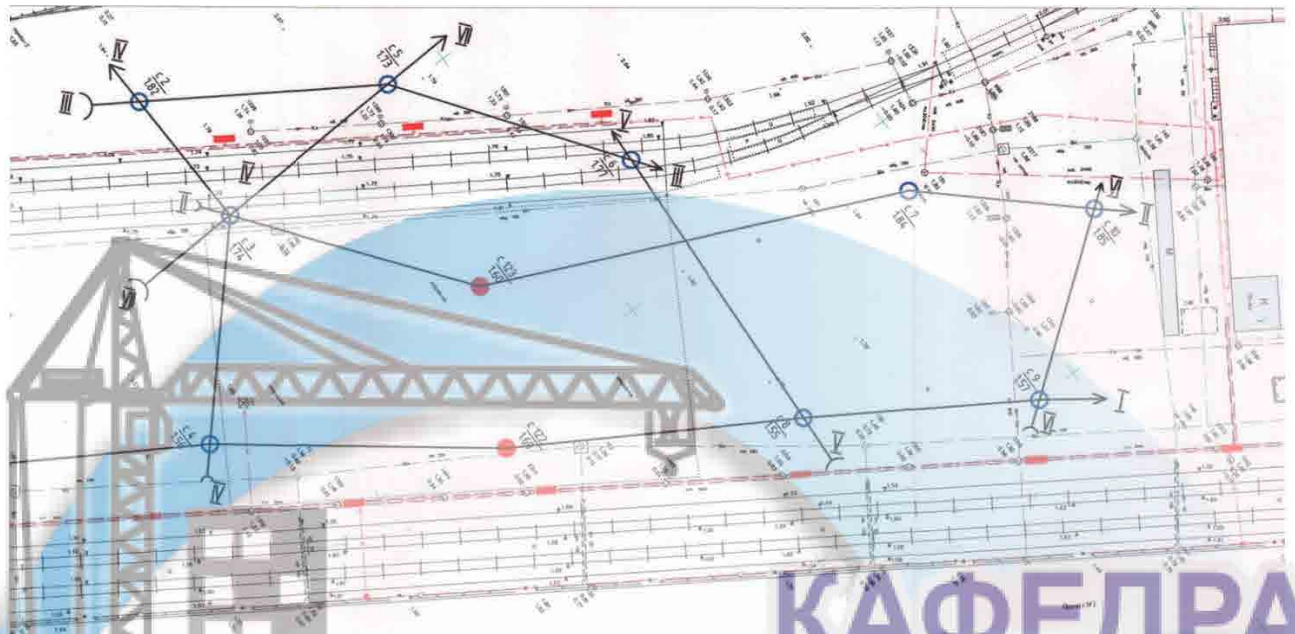


Рис. 2.3 - Схема досліджуваної ділянки з лініями розрізів I-I', II-II', III-III', IV-IV', V-V', VI-VI', VII-VII', масштаб 1:500 [9]

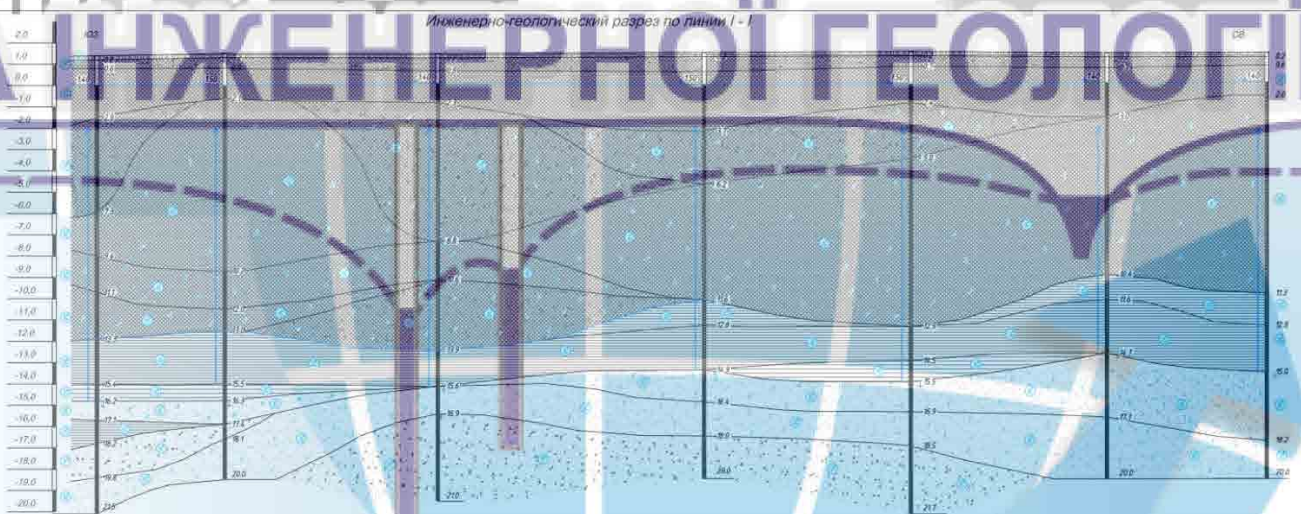


Рис. 2.4 - - Інженерно-геологічний розріз за лінією I-I', II-II' (умовні позначення див. на рис. 2.9) [9]

Отже, береговий обрив Азовського моря на ділянці досліджень складений четвертинними алювіально-морськими відкладеннями, які покривають породи неогенового віку. Територія причалу утворена техногенними ґрунтами, представленими пісками і крупноуламковими ґрунтами.

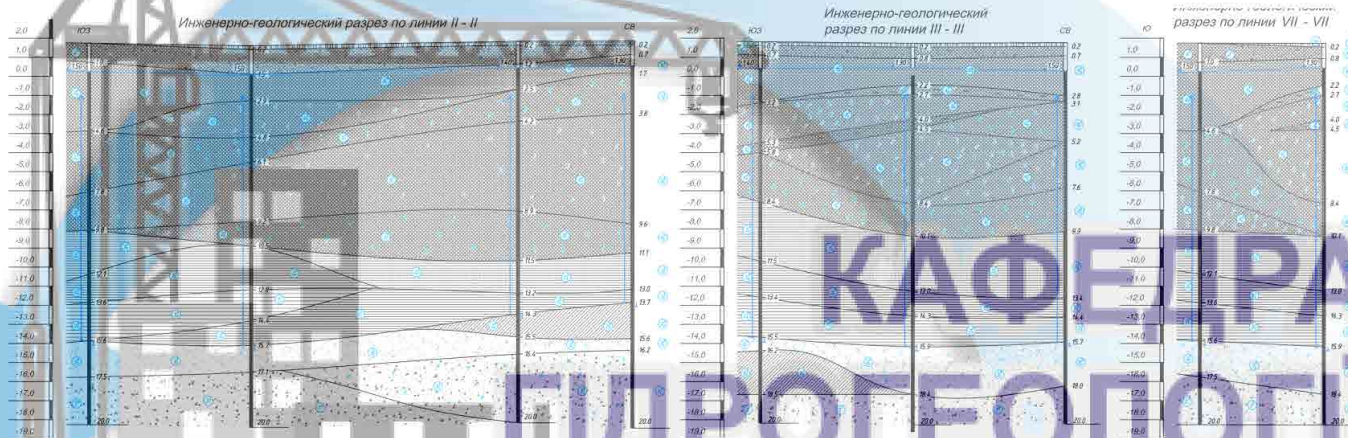


Рис. 2.5 - Инженерно-геологические разрезы за линиями II-II', III-III', IV-IV' (умовні позначення див. на рис. 2.9) [9]

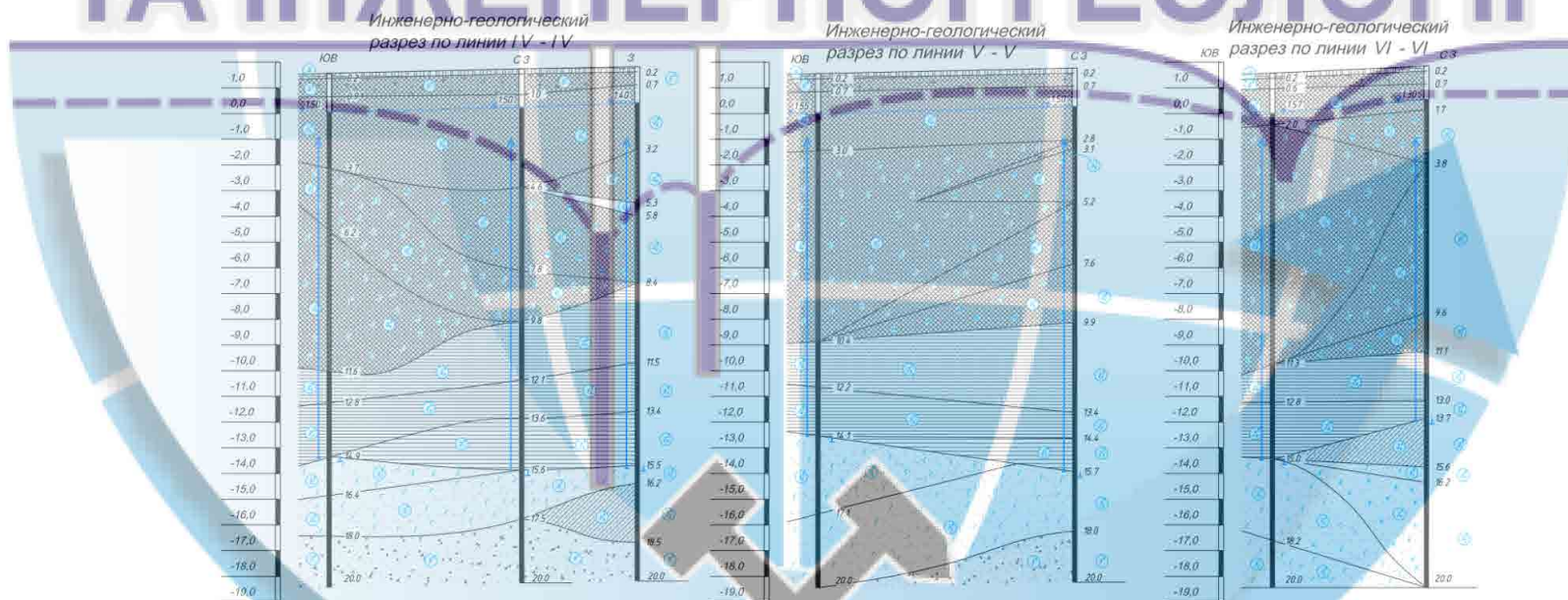


Рис. 2.6 - Инженерно-геологические разрезы за линиями IV-IV', V-V', VI-VI' (умовні позначення див. на рис. 2.9) [9]

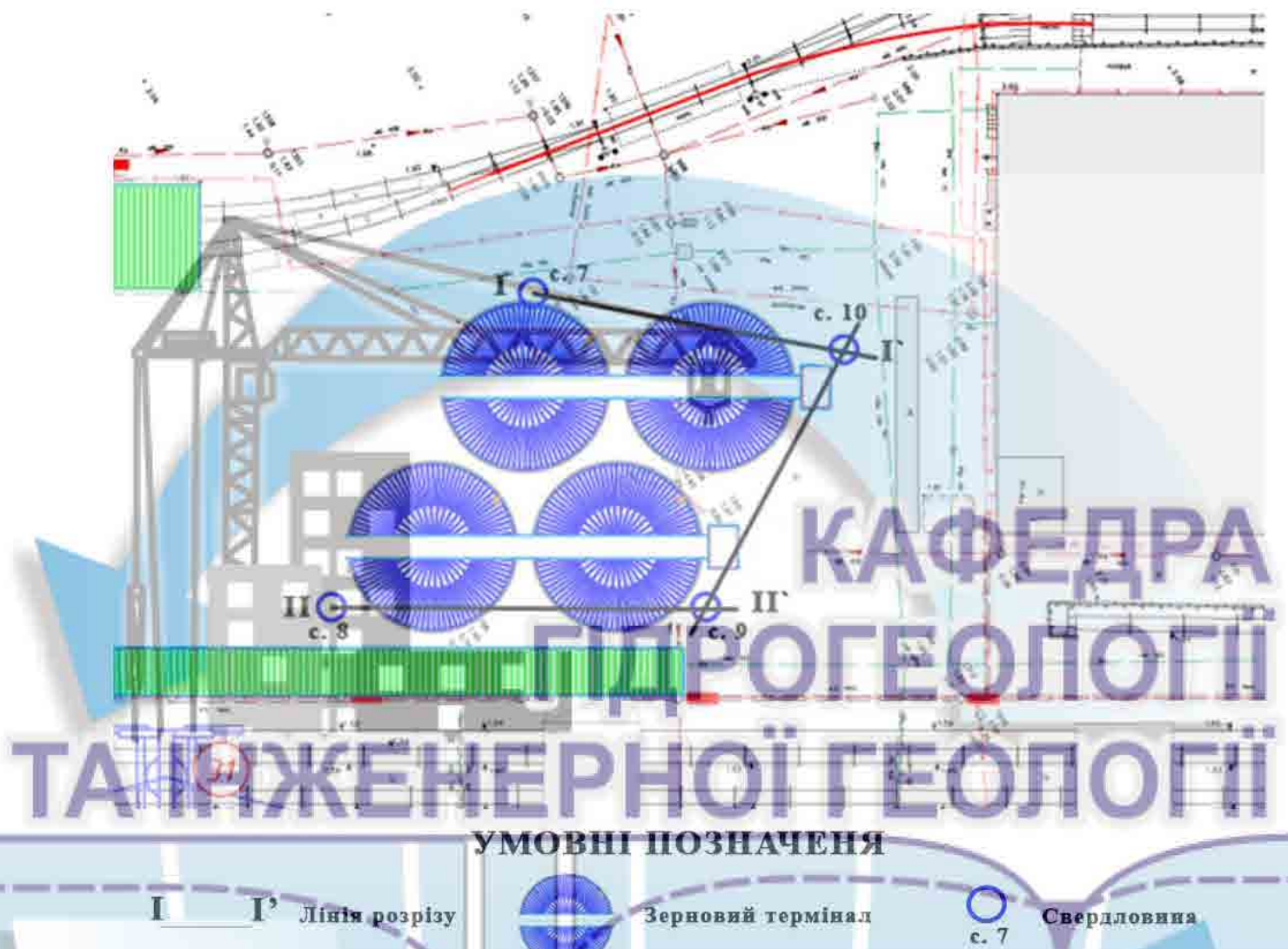


Рис. 2.7 - План досліджуваної ділянки, масштаб 1:500 [9]

Рельєф ділянки плоский. Абсолютні позначки поверхні коливаються від 1,51 до 1,85 м (за відмітками усть свердловин). Територія спланована насипними і намивними ґрунтами, потужністю від 1,7 м до 13,9 м і покладена бетонними плитами.

Для розрахунків було обрано чотири свердловини: с.7, с.8, с. 9 і с. 10 (рис. 2.7). Ці точки знаходяться поруч з майбутніми терміналами, тому доцільно використовувати саме ці данні. На рис. 2.8 представлено інженерно-геологічні розрізи досліджуваних свердловин.

Пд-3х

Пн-Сх

Пд-Сх

Пн - 3х

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

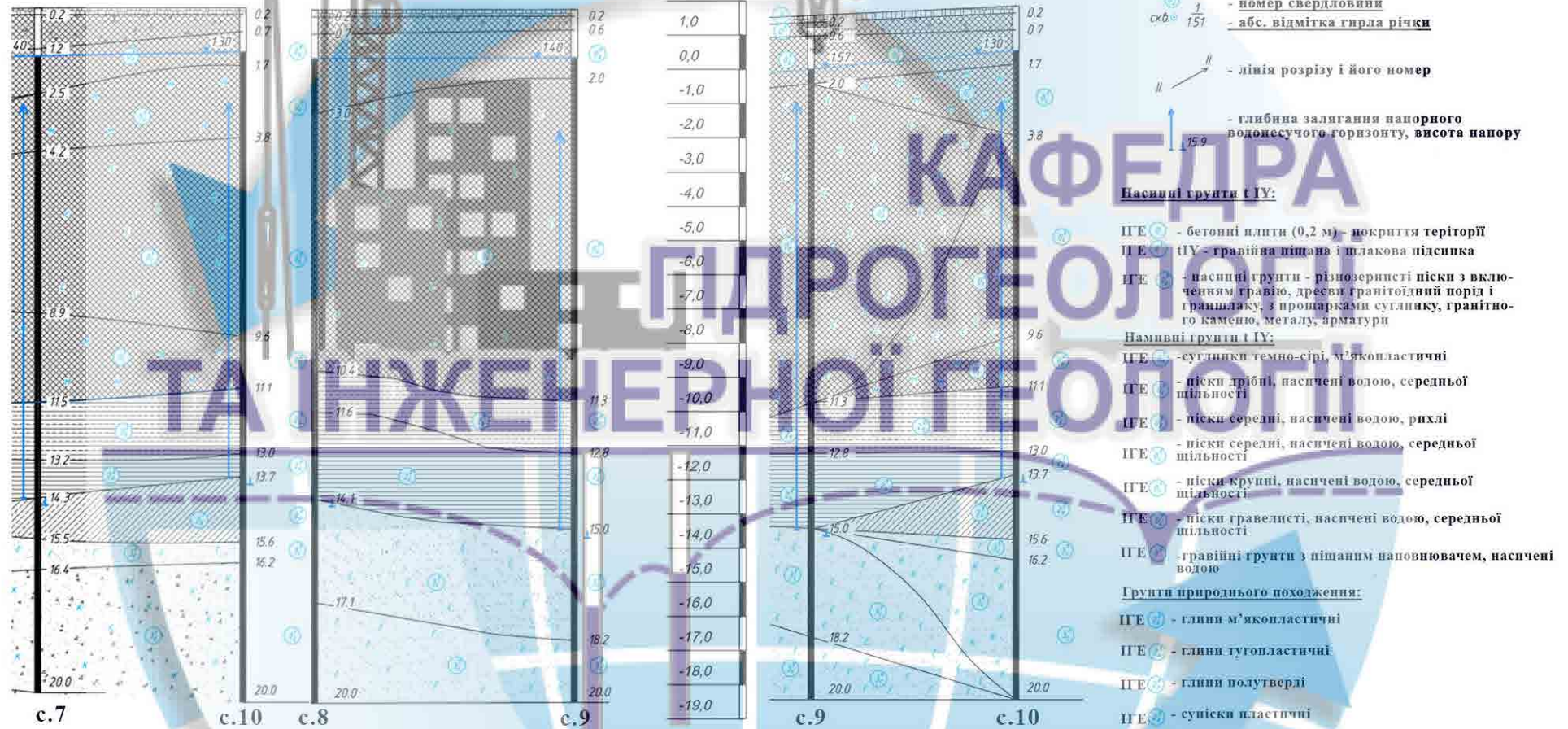


Рис. 2.8 - Інженерно-геологічні розрізи за лініями I-I', II- II', I' - II' відповідно [9]

2.3. Аналіз фізико-механічних властивостей ґрунтів

При проведенні інженерно-геологічних робіт для будівництва споруд різної ступені важливості перш за все необхідно провести польові та лабораторні дослідження, які спрямовані на вивчення фізико-механічних властивостей ґрунту для більш точного прогнозу динаміки інженерно-геологічних факторів.

Саме такі дослідження були виконані у 2016 році ДП «Державним проектно-вишукувальним і науково-дослідницьким інститутом морського транспорту» [9]. За результатами цих досліджень були отримані наступні данні: питома вага, питома зчеплення, кут внутрішнього тертя, модуль деформації, показник текучості, ступінь вологості та коефіцієнт фільтрації інженерно-геологічних елементів (надалі ІГЕ) досліджуваної ділянки.

Польові дослідження були проведені методом динамічного зондування, метою якого є визначення точних границь шарів ґрунту з різною щільністю і оцінка товщини того чи іншого шару.

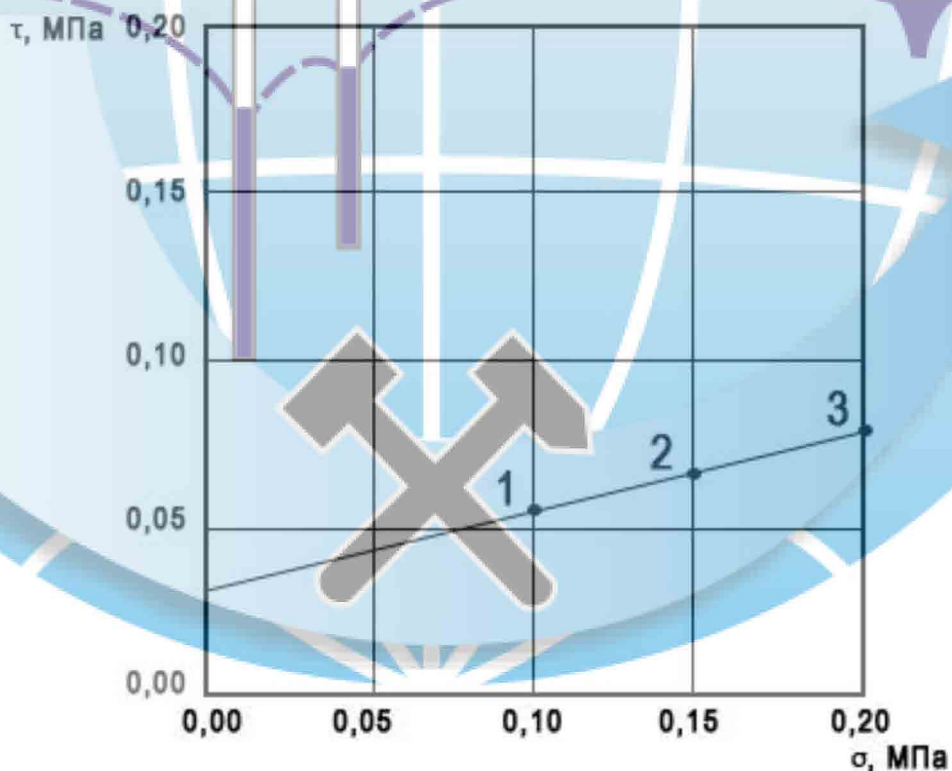


Рис. 2.9 - Графік залежності опору зрізу і нормального навантаження (122 свердловина, глибина 13,9 м) [9]

Масштаб графіку по горизонталі 40 мм – 0,1 МПа для σ , по вертикалі 40 мм – 0,1 МПа, для τ .

$$\tau = \sigma * \operatorname{tg}\varphi + c = 0,246 * \sigma + 0,0291$$

$$\varphi = 13^{\circ}49' \quad c = 0,0291 \text{ МПа}$$



Рис. 2.10 - Графік залежності опору зрізу і нормального навантаження (123 свердловина, глибина 11,3 м) [9]

Масштаб графіку по горизонталі 40 мм – 0,1 МПа для σ , по вертикалі 40 мм – 0,1 МПа, для τ

$$\tau = \sigma * \operatorname{tg}\varphi + c = 0,244 * \sigma + 0,0226$$

$$\varphi = 13^{\circ}43' \quad c = 0,0226 \text{ МПа}$$

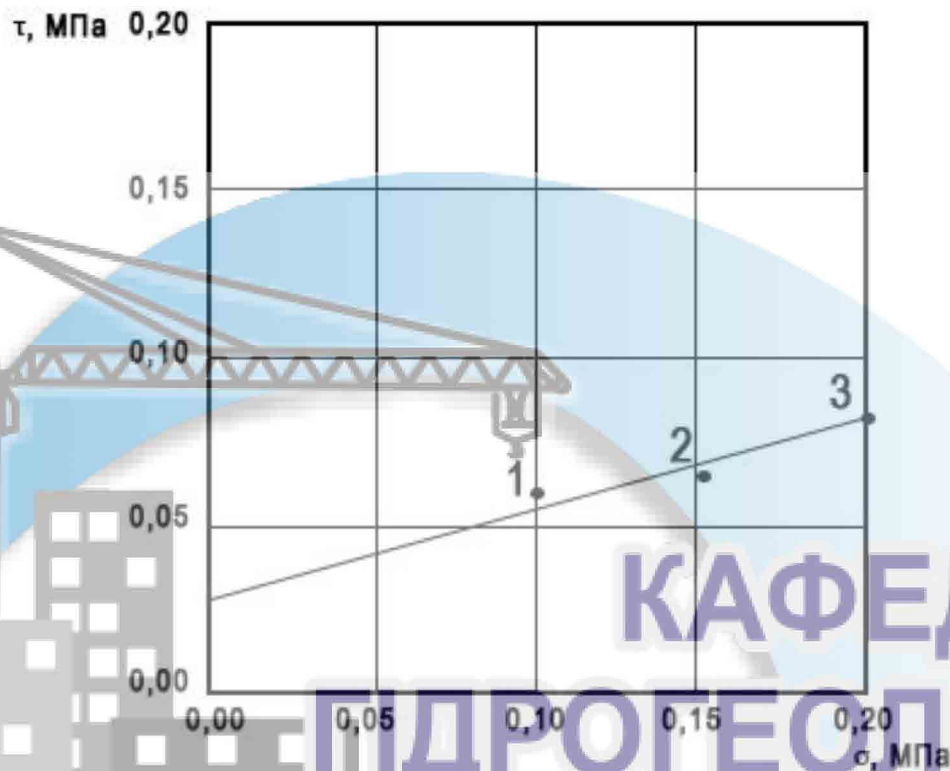


Рис. 2.11 - Графік залежності опору зрізу і нормального навантаження (123 свердловина, глибина 15,2 м) [9]

Масштаб графіку по горизонталі 40 мм – 0,1 МПа для σ , по вертикалі 40 мм – 0,1 МПа, для τ

$$\tau = \sigma * \operatorname{tg} \varphi + c = 0,296 * \sigma + 0,0266$$

$$\varphi = 16^{\circ}29' \text{ c} = 0,0266 \text{ МПа}$$

Загалом на ділянці акваторії третього и четвертого причалів розташовано 4 точки динамічного зондування (рис. 2.12). Враховуючи, що ґрунти намивні, тобто відрізняються великою різноманітністю в геологічному плані, для аналізу основних фізико-механічних показників було обрано дві з них – 122 і 123. Точки динамічного зондування були обрані поряд зі свердловинами 7, 8, 9 і 10.

Досліджуваний майданчик вільний від забудови, використовується для складування та перевантаження вантажів. Територія викладена бетонними плитами товщиною 200 мм.

Таблиця 2.1 – Результати динамічного зондування у свердловинах 122 і 123

№		1	2	3
№ свердловини		122	123	123
Глибина відбіру, м		13,9	11,3	15,2
Вологість, %	до випробування	24,6	24,5	26,8
	після випробування	24,7	26	25,7
Вологість на границі текучості, %		35,6	34,5	35,3
Вологість на границі розкочування, %		20,8	21,4	22,5
Число пластичності, I_p		14,8	13,1	12,8
Показник текучості, I_L		0,26	0,38	0,34
Щільність, ρ , г/см ³		1,98	2,01	1,98
Щільність скелету (сухого) ґрунту, ρ_d , г/см ³		1,59	1,59	1,56
Щільність частиць ґрунту, ρ_s , г/см ³		2,68	2,69	2,69
Коефіцієнт пористості	до випробування	0,686	0,691	0,724
	після випробування	0,686	0,7	0,708
Опір зрізу		0,0659	0,061	0,0709

Відомо, що динамічне зондування є найбільш ефективним при з'ясуванні фізико-механічних властивостей піщаних природних або штучних наливних ґрунтів. Результати динамічного зондування представлені у вигляді графіків (рис. 2.10, 2.11) і таблиці 2.1.

Випробування ґрунтів проводилися методом компресійного стиску у компресійних приладах, що виключають можливість бічного розширення зразків ґрунту в інтервалі вертикальних навантажень 0,025-0,400 МПа.

Отже, дивлячись на результати досліджень, важливо звернути увагу на насипні ґрунти інженерно-геологічного елементу 0⁰. З огляду на неоднорідність складу і складення, а також відсутність закономірності поширення ґрунтів за

площею і за глибиною, використовувати в якості природної підстави фундаментів проєктованих споруд, без інженерної підготовки, не рекомендується. Вибір оптимального типу фундаменту рекомендується визначати конкретними інженерно-геологічними умовами в місці прив'язки проєктованої споруди.



Таблиця 2.2 – Фізико-механічні властивості порід на території будівництва зернового терміналу Маріупольського морського торговельного порту [9]

Номер ІГЕ	Питома вага ґрунту, кН/м^3	Питоме зчеплення, кПа	Кут внутрішнього тертя, град.	Модуль деформації, мПа, Е	Показник текучості при $IL \geq 0.8$	Ступінь вологості піщаних ґрунтів, $S_r \geq 0.8$	Коефіцієнт фільтрації, K_f , м/добу
0_M^1	18.16	7	10	6.5	0.66	-	0.01
0_0^2	19.03	1	26	17.0	-	0.85	10
0_R^3	18.97	1	27	16.0	-	0.84	15
0_c^3	19.16	1	32	20.0	-	0.93	20
0_c^4	19.23	1	36	22.0	-	0.93	20
0_c^5	19.23	1	29	23.0	-	0.89	25
0^6	-	-	-	21.0	-	-	35
Заповнювач	2_5^3	18.25	13	26	9.0	0.59	-
	2_6^3	18.93	20	12.0	0.45	-	0.001
	2_7^3	19.36	40	17	0.10	-	0.001
	2_8^3	18.84	10	25	0.40	-	0.5
	3_c^3	19.13	1	30	-	0.92	20
	3_c^4	19.62	1	35	-	0.88	25
	3_c^5	19.55	1	34	-	0.85	35
3^6	19.33	1	34	28.0	-	0.92	45
Заповнювач							

3. ПРОГНОЗ ДИНАМІКИ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ДІЛЯНКИ БУДІВНИЦТВА НА ПРИЧАЛІ МАРІИУПОЛЬСЬКОГО ПОРТУ

3.1. Фактори впливу на проведення будівельних робіт на грунтах поблизу узбережжя моря

У зв'язку з активним розвитком транспортної інфраструктури на узбережжі Азовського моря, з'являються потреби у розвитку промислових об'єктів, інженерно-транспортних систем, які тісно між собою взаємозв'язані. Як наслідок – негативний вплив на екологічний стан навколишнього середовища, а саме на прибережну територію Азовського моря. Геоекологічні проблеми узбережжя Азовського моря можна поділити на дві групи:

- техногенні, які витікають з геоекологічних проблем всього Північного Приазов'я;
- природні, які загострюються техногенним навантаженням.

Обидві групи тісно пов'язані між собою і безпосередньо впливають одна на одну. Найчутливішою до антропогенного навантаження є прибережна частина Азовського моря, особливо у зоні діяльності портів, а також зони впливу великих міст. Прибережну частину забруднюють берегові підприємства, які скидають стічні води в море.

Сучасне велике місто наразі є місцем багатогалузевого будівництва: громадського, промислового, гідротехнічного, комунального і, звісно, транспортного, з різноманітним типів, розмірів, конструкцій і ваги будівель і споруд. Науково-технічна революція призвела до посилення впливу людини на природну геологічну середу, це стосується і морських портів, де зосереджено інтенсивний і концентрований техногенний вплив. Адаптуючи до своїх потреб природню обстановку, людина активно втручається у її стан, що призводить до зміни майже усіх компонентів природньої середу, а саме атмосфери, клімату, поверхової гідросфери, рослинності, ґрунту, рельєфу, верхнього покриву літосфери, підземної гідросфери, сучасних геодинамічних процесів і явищ.

За терміном Котлова В.Ф., антропогенними геологічними змінами можна вважати ті процеси, появу, існування й розвиток яких пов'язаний з інженерно-господарською діяльністю людини. У різних джерелах зустрічається альтернативні назви, такі як техногенні, штучні або індустріальні зміни [5]. На території Азовського узбережжя досить активно розвивається транспортна інфраструктура для забезпечення зручного під'їзду і пересування по узбережжю. Розвиток транспортної інфраструктури викликає негативні зміни в гідрології узбережжя, викликаючи ерозію та зсуви ґрунтів.

Велику загрозу морському довкіллю становить забруднення з боку великих морських портів. Останні є головним джерелом забруднення в результаті викидів трюмних вод, чистки дна суден з використанням токсичних хімічних сполук і фарб. Це викликає проблеми ерозії прилеглих узбережь, руйнацію природних помешкань, деградацію прибережних екосистем від землечерпальних робіт і намівання ґрунту під нове будівництво.

Виділяють три стадії формування властивостей намивних ґрунтів: ущільнення, зміцнення і стабілізований стан [8].

Після утворення намивних ґрунтів, ґрунт знаходиться в стані майже повного водонасичення і має дуже пухке складення - починається стадія ущільнення. Підвищення щільності досягається за рахунок гравітаційного ущільнення, фільтраційного обтиску ґрунту в процесі інтенсивної водовіддачі і капілярно-меніскового обтиску ґрунту під впливом капілярного тиску.

У цей період відбувається основна частина самоущільнення намивних ґрунтів. Для більшості намивних пісків тривалість стадії не перевищує 1 року.

Стадія зміцнення характеризується продовженням придбання міцних властивостей намивних ґрунтів за рахунок інфільтраційного обтиску піску і статичного тиску верхніх ярусів намиву і кольматації. Між частинками виникають різні види цементаційних зв'язків, набувається підвищена міцність і динамічна стійкість. Тривалість стадії від 1,5 до 3 років.

На стадії стабілізаційного стану зміцнення ґрунтів продовжує формуватися за рахунок утворення водостійких цементаційних зв'язків. Процес носить

затухаючий характер. В кінці стадії намівні піски відносяться вже до категорії значно зміцнених і по міцності даними наближаються до пізніх четвертинних алювіальних пісків. Тривалість стадії досягає 10 років і більше [8]. Основні інженерно-геологічні властивості техногенних утворень залежать від їх мінералогічного і гранулометричного складу, глибини залягання (потужності), наявності або відсутності органічних залишків, водонасиченості, мінералізації підземних вод, тривалості існування, рельєфу і характеру природних підстилаючих ґрунтів. На ґрунтах побутових звалищ зводити будівлі і споруди важко (табл. 3.1).

При будівництві споруд на перший план повинна висуватися комплексна задача прогнозування інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов територій, що відводяться для їх складування, зміни в часі властивостей цих ґрунтів, активізації або виникнення несприятливих інженерно-геологічних процесів, розробки оптимальних заходів з охорони природного середовища. Основи, складені насипними ґрунтами, повинні проектуватися з урахуванням їх значної неоднорідності за складом, нерівномірної стисливості, можливості самоущільнення, особливо при вібраційних впливах, зміні гідрогеологічних умов, замочування, а також за рахунок розкладання органічних включень. У насипних ґрунтах, що складаються з шлаків і глин, необхідно враховувати можливість їх набухання при замочуванні водою або хімічними відходами виробництва.

Нерівномірність стисливості насипних ґрунтів повинна визначатися за результатами польових і лабораторних досліджень, які виконуються з урахуванням складу і складення насипних ґрунтів, способу відсіпання, виїдаючи матеріалу, що становить основну частину насипу. Модуль деформації насипних ґрунтів, як правило, повинен визначатися на основі штампів випробувань.

Повна деформація основи повинна визначатися підсумовуванням осідань основи від зовнішнього навантаження і додаткових осад від самоущільнення насипних ґрунтів і розкладання органічних включень, а також осад (осідань) підстилаючих ґрунтів від ваги насипу і навантажень від фундаменту [8].

Таблиця 3.1 – Класифікація ґрунтів за складом і інженерно-геологічним властивостям [23]

Вид	Підвид	Різновид (порядку)				
		1	2	3	4	5
Склад ґрунту	Крупність матеріалу					
Крупноуламковий	Валунний, глибовий, галечниковий, щебенистий, гравійний, дресвяний	За видом заповнювача (піщаний, глинистий, піщано-глинистий)	За щільністю складання (щільний, середньої щільності, рихлий)	За змістом (у %) заповнювача (мале, <10; середнє 10-35; високе 35-50)	За вологістю (мало вологий, вологий, насичений водою)	
Переважно піщаний	Крупний, середній, невеликий, пилуватий	За щільністю складання (щільний, середньої щільності, рихлий)	За вологістю (мало вологий, вологий, насичений водою)	За однорідністю (однорідний, $d_{60}/d_{10} < 3$; неоднорідний, 3-7; дуже неоднорідний, >7)	За динамічною стійкістю (стійкий, $P_g > 50$ кг/см ² ; володіє схильністю до розрідження, $20 \leq P_g \leq 50$ кг/см ² ; розріджений, $P_g < 20$ кг/см ²)	

Переважно глинистий		Супіски ($1 < w_n \leq 7$), суглинки ($7 < w_n \leq 17$), глини ($w_n > 17$),	За консистенцією (твердий, пластичний, текучий)	За відношенням до замочування - набухання, просідання (активний, слабо активний, інертний)	За щільністю складання (щільний, середньої щільності, рихлий)	За ступенем засолення (незасолені, $< 0,25$; середньо засоленні, $0,3-1,0$; сильно засоленні > 1)	За здатністю до зміцнення (слаба, середня, висока)
Змішаний	переважно мінеральний, $< 10\%$ органічних речовин;	Критерії розподілу за крупністю матеріалу підлягають розробці	За розподілом органічних речовин (розсіяне, гніздове, лінзове)	За щільністю складання (щільний, середньої щільності, рихлий)	За вологістю (мало вологий, вологий, насичений водою)	За ступенем розкладання органічної речовини (мала, середня, висока)	
	органічно-мінеральний, $10 - 60\%$ органічних речовин;						
	переважно органічний, $> 60\%$ органічних речовин						

Продовження таблиці 3.1

Якщо говорити про фактори впливу природнього характеру, обов'язково треба згадати той факт, що місто Маріуполь відноситься до території з 6 (шістьма) балами сейсмічності, згідно карті сейсмічного районування ЗСР-2004-Б.

Сейсмічні райони - це зони, в яких тривають горотворні процеси. З інженерної точки зору це райони з силою землетрусу 6 балів і вище.

Кожна точка землі в такому районі відчуває послідовне вплив хвиль різного виду, тому коливання ґрунту при землетрусах носять складний просторовий характер. Через це сейсмічні сили можуть мати будь-який напрямок, бути змінними за швидкістю і величиною.

Споруди, розташовані в сейсмічних районах, піддаються впливу особливих факторів, які призводять до появи додаткових зусиль в конструкціях і зміни умов їх роботи. Тому для забезпечення їх надійності при проектуванні і будівництві потрібно враховувати силу землетрусу, яку зазвичай оцінюють за загальним руйнівним ефектом. Це стосується як надземних будівель, так і фундаментів [15].

Ґрунти, що складають майданчик, відносяться до III категорії за сейсмічними властивостями. Нормативна сейсмічність майданчика будівництва становить 7 балів [8].

Отже, активна експлуатація узбережжя Азовського моря призводить до деградації природних ландшафтів, втрати його рекреаційної привабливості, розвитку ерозії та зсувів в прибережних зонах. Одним із факторів, який призводить до погіршення екологічного стану узбережжя Азовського моря є перевантаженість узбережжя відпочиваючими: руйнування берегів, знищення пляжів, рослинності, засміченість.

Так як об'єкт дослідження відноситься до споруд підвищеної важливості, необхідно враховувати всі фактори впливу на будівництво і експлуатацію ще на етапі проектування, адже навіть невеликі похибки в розрахунках можуть привести до великого збитку. До таких факторів відносяться:

- намівні ґрунти, що володіють специфічними фізико-механічними властивостями;
- шторми, що впливають на вологість ґрунту;

- морський прибій, як фактор динамічного навантаження на берег;
- активний вантажообіг;
- можлива сейсмічна активність, в зону дії якої входить досліджувана ділянка.



Рис. 3.1 – Основні фактори впливу на проведення будівельних робіт на ґрунтах поблизу узбережжя моря

Якщо проаналізувати данні метеорологічних спостережень, зрозуміло, що динамічне навантаження морських прибоїв і штормів не основний фактор впливу.

Найнебезпечнішим фактором, який має серйозний вплив на будівництво є намитий характер ґрунту, саме тому необхідно спрогнозувати його динаміку, враховуючи специфічні фізико-механічні властивості.

3.2. Обґрунтування методики інженерно-геологічних розрахунків та прогнозу стану ділянки під впливом будівництва

Термін «деформація» у загальному плані означає зміну форми і розміру під впливом зовнішніх чинників. В інженерно-геологічному контексті прийнято розглядати деформацію як зміну положення ґрунтів, яку визначають за

вертикальними і горизонтальними переміщеннями в порівнянні з початковим становищем.

Такі деформації відбуваються під час будівництва та експлуатації будівель і споруд, що призводить до розвитку нерівномірних осідань фундаментів.

Просідання - це вертикальне переміщення поверхні ґрунту під подошвою фундаменту, причиною якого є надмірне зволоження внаслідок рясних дощів чи водонесучих комунікацій або помилки зроблених при розрахунку несучої здатності фундаменту. При просадці ґрунти поглинають воду і відбувається деформація.

Осідання – це вертикальне переміщення поверхні ґрунту під подошвою фундаменту під впливом навантаження від споруди. Осідання бувають рівномірні і нерівномірні, це залежить від того, однаково переміщуються точки поверхонь ґрунту чи ні. Осідання відбувається у вологонасичених ґрунтах, з яких під дією навантаження вода «витискається».

Так як територію будівництва складають вологонасичені ґрунти, у даному випадку необхідно обчислювати саме осідання, а не просідання.

На даний момент існує велика кількість різних розрахунків навантажень на фундаменти, на підставі яких потім підбирається тип будівельних матеріалів, розміри подошви підстави та інші дані.

Для визначення осідання на практиці будівництва широко застосовують метод пошарового підсумовування, який використовується з 30–х років до теперішнього часу відповідно до діючих будівельних норм [10]. Сутність методу полягає у розрахунку вертикальних стискаючих напружень та деформацій за розрахунковими шарами товщі, що стискається, з наступним підсумовуванням величин пошарових деформацій (осадок) під центром фундаменту або його кутовими точками.

Методом пошарового підсумовування рекомендується користуватися, якщо потрібно визначити не тільки основні чинники осадок, а й вторинні або додаткові, що виникають тільки в конкретних ситуаціях.

Розрахунок дозволяє визначити осідання окремо стоячого фундаменту або комплекту підстав, розташованих недалеко один від одного або з ними

зістикованих. Використовується при розрахунках підстав, зроблених з неоднорідних матеріалів. Такі параметри відображаються в змінах модуля деформації зі зростанням глибини залягання.

Як правило, метод дає можливість розрахувати осідання відразу за кількома вертикалями, причому тут можна опускати параметри кутових змінних, а використовувати центральні або периферійні параметри. Але це можливо зробити тільки за умови, якщо фундамент має шари по всьому своєму периметру, їх товщина і структура однакові.

Такі осідання часто виникають від сусідніх фундаментів, адже із зростанням навантаження на майданчик неминуче виникають осідання ґрунту, особливо при використанні потужних важких конструкцій. Але тут часто проєктувальники стикаються з проблемою саме створення епюр осадок, адже потрібно чітко визначити по осі вертикалі саме ті сили, які виникли від впливу сусідніх основ.

Необхідність у розрахунку осідання виникає через те, що деякі фундаменти відрізняються слабкою міцністю на вигин і деформацію за рахунок великих лінійних розмірів і невеликої поздовжньої товщини. Як правило, метод шарового підсумовування часто використовують для розрахунків стрічкових фундаментів, адже вони не можуть забезпечити максимально високе навантаження на одиницю площі ґрунту, тому і осідання може виникати практично в будь-якому місці цілком спонтанно.

Переваги методу полягають в наступному:

- завдяки методу, можна поррахувати осідання практично будь-якого типу підстави, незалежно від структури і розмірів;
- можна використовувати параметри безлічі шарів ґрунту, а також врахувати рівень розташування ґрунтових вод;
- підходить для розрахунку лінійних і монолітних основ;
- також можна використовувати несучі параметри напруги скельних порід, на яких встановлена підшва підстави;
- можна використовувати не тільки метод кутових точок. Розрахунок допустимий при використанні будь-яких вертикальних розрізів.

Серед недоліків варто відзначити складність у розрахунках, зробити їх може тільки професійний геолог. Також цей метод складний за часом, тому його використовують при розрахунках підстав для великих масивних будівель з глибоким заляганням підоспи. Для невеликих приватних будинків метод не практикується [14].

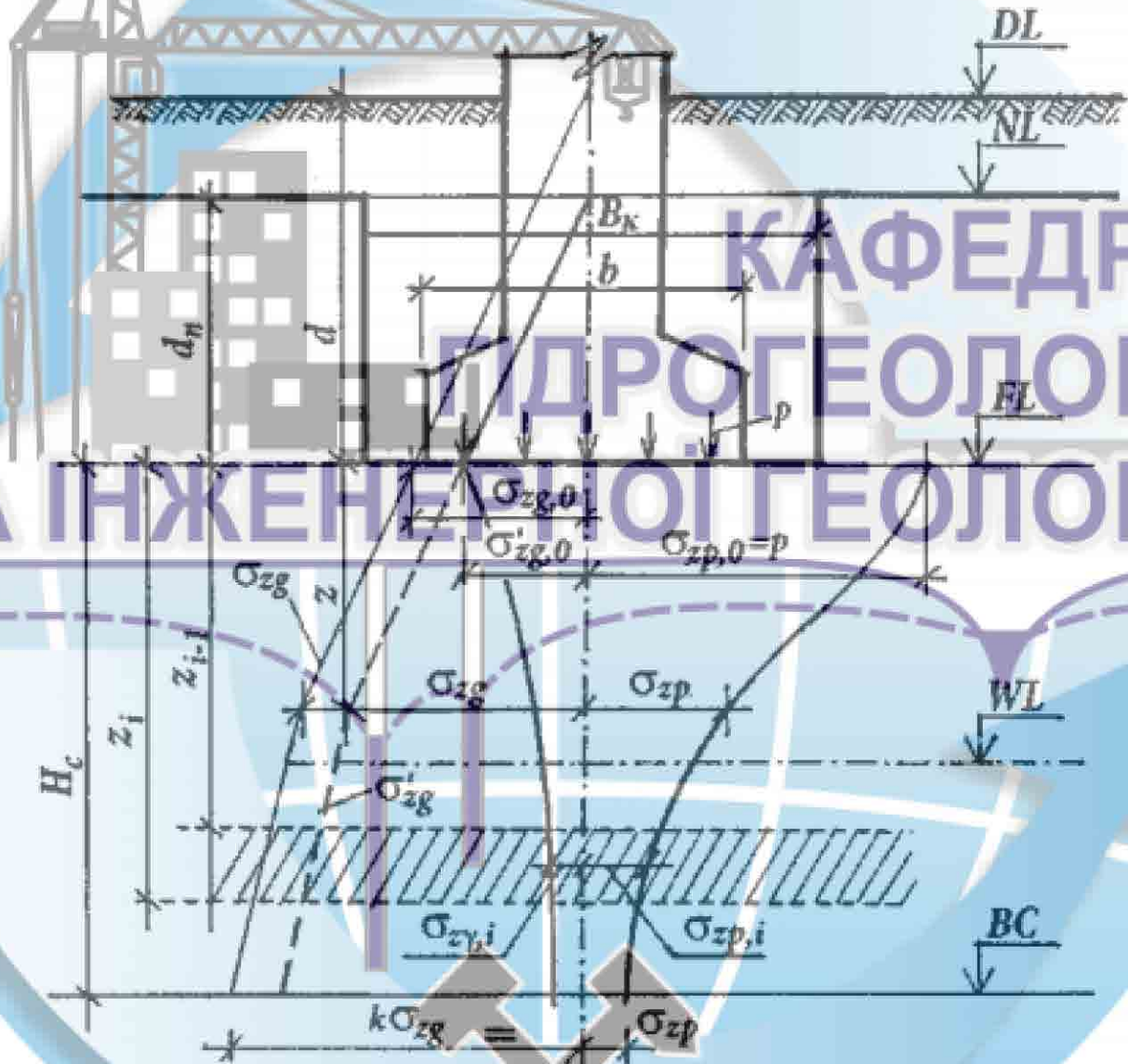


Рис. 3.2 - Схема розподілу вертикальних напружень в основі під фундаментом згідно з моделлю лінійно-деформованого півпростору

Умовні позначення такі: DL – позначка планування підсіпкою (або зрізкою); NL – позначка поверхні природного рельєфу; FL – позначка підоспи фундаменту; WL – позначка рівня підземних вод; BC – нижня межа стисливої товщі; d і d_n –

глибина закладання фундаменту відповідно від рівня планування і поверхні природного рельєфу; H_c – глибина стисливої товщі; b – ширина фундаменту; B_k – ширина котловану; p – середній тиск під подошвою фундаменту; σ_{zg} і $\sigma_{zg,0}$ – вертикальне напруження від власної ваги ґрунту на глибині z від подошви фундаменту і на рівні подошви з врахуванням планування поверхні ґрунтової основи підсипкою (або зрізкою); σ_{zp} і $\sigma_{zp,0}$ – вертикальне напруження від зовнішнього навантаження на глибині z від подошви фундаменту і на рівні подошви; σ_{zg} і $\sigma_{zg,0}$ – вертикальні напруження від власної ваги ґрунту, що утворені при природному рельєфі на глибині z від подошви фундаменту і на рівні його подошви; $\sigma_{z\gamma,i}$ і $\sigma_{z\gamma,0} = \sigma_{zg,0}$ – вертикальні напруження від власної ваги ґрунту, вийнятого з котловану, що утворені при природному рельєфі, на глибині z від подошви фундаменту і на рівні його подошви; k – коефіцієнт визначення нижньої межі стисливої товщі.

Внаслідок поступової зміни напружень з глибиною в межах підґрунтя його товщу розбивають на ряд розрахункових шарів (рис. 3.3), максимальна потужність котрих знаходиться з умови $h_i \leq 0, b$.

Розраховують вертикальні стискаючі напруження від власної ваги ґрунтів σ_{zg} з урахуванням зважуючого впливу води (для водопроникних ґрунтів нижче рівня ґрунтових вод).

Сумарні напруження від дії ваги ґрунту σ_{zg} визначаються з виразу 3.1:

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i \quad (3.1)$$

де n – число різнорідних шарів у межах глибини z ; γ_i – питома вага ґрунту i -го шару; h_i – товщина i -го шару.

Питома вага водопроникних ґрунтів γ_{sb} , що залягають нижче рівня ґрунтових вод, приймається з урахуванням зважувальної дії води відповідно до виразу 3.2:

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_b}{1 + e} \quad (3.2)$$

або 3.3:

$$\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_w)(1 - n) \quad (3.3)$$

де σ_{zg} – питома вага твердих частинок ґрунту; γ_w – питома вага води; e і n – відповідно коефіцієнт пористості і пористість ґрунту.

У водонепроникних ґрунтах, що підстилають водовміщуючу товщу, зважувальний вплив не враховується в тому випадку, якщо в підшві водотривких порід залягають водопроникні ґрунти, що містять напірні води з п'езометричним рівнем нижче рівня ґрунтових вод верхніх шарів.

Будують епюру σ_{zg} .

За формулою (3.4) знаходять величину додаткового (відносно природного) середнього тиску P_0 , розподіленого по підшві фундаменту:

$$p_0 = p - \sum_{i=1}^n \gamma' h_i \quad (3.4)$$

де p – тиск по підшві фундаменту, що передається на основу вагою споруди; γ' та h_i – відповідно питома вага та потужність i -го розрахункового шару в межах глибини закладення підшви фундаменту d_n ; n – кількість розрахункових шарів в межах глибини d_n .

Знаючи p_0 визначають величини вертикальних стискаючих напружень на різних глибинах під центром площі завантаження по розрахункових шарах (по підшві кожного шару) за формулою (3.5):

$$\sigma_{s,p}^i = \alpha p_0 \quad (3.5)$$

де α – табличний коефіцієнт; p_0 – рівномірно розподілений тиск.

Значення α приймають у залежності від величин за

$$\eta = \frac{l}{b} \quad \text{і} \quad \xi = \frac{2z}{b}$$

де l – довга сторона прямокутної площі навантаження; b – її ширина.

Будують епюру σ_{zg} .

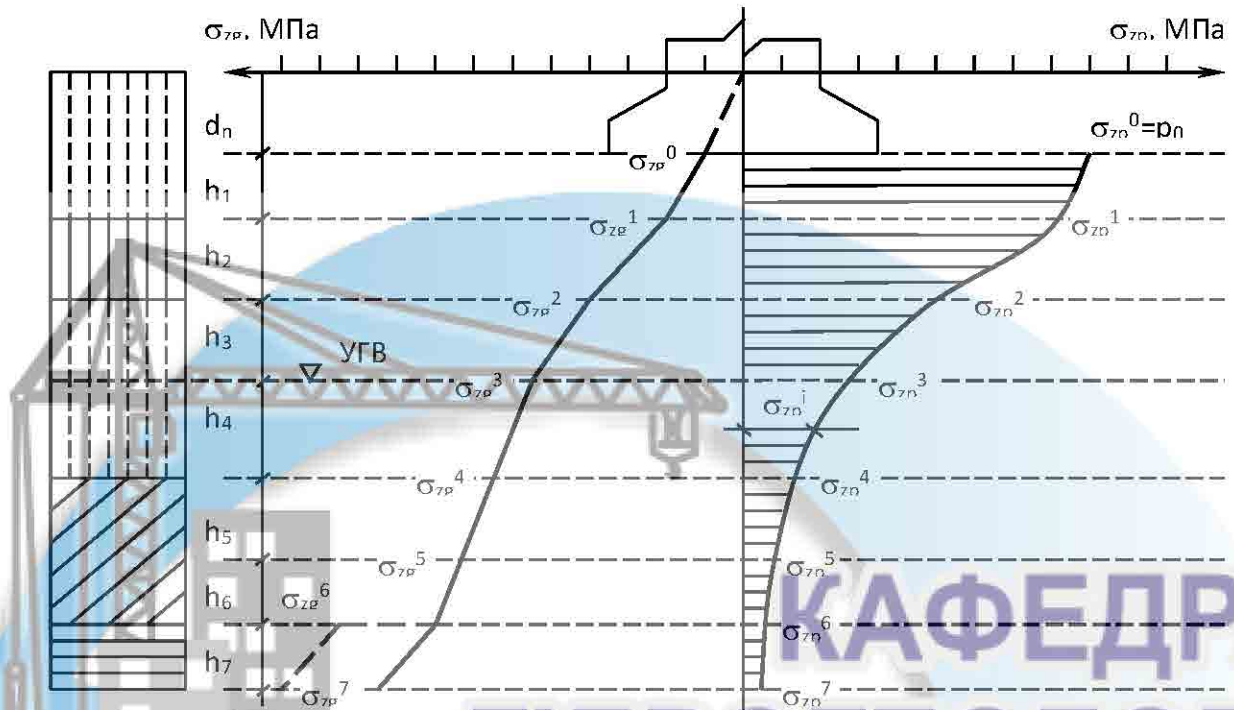


Рис. 3.3 - Схема до розрахунку осідання фундаменту з епоруєю напружень

Визначають потужність товщі стискання H_c . Величина σ_{zp} з глибиною зменшується, тому при розрахунку доцільно обмежуватися товщею, нижче якої деформації малі, і на них можна не зважати. Рекомендовано для звичайних ґрунтів приймати товщу стискання H_c до глибини, на якій напруження σ_{zp} не перевищує 20% природного напруження, тобто

$$\sigma_{zp} \leq 0,2\sigma_{zg},$$

де σ_{zg} – природне вертикальне напруження на глибині H_c .

При заляганні ґрунтів, що сильно стискаються, з модулем деформації $E_0 \leq 5,0$ МПа нижче цієї глибини, деформації враховують за умовою:

$$\sigma_{zp} \leq 0,1\sigma_{zg},$$

В межах потужності товщі стискання визначають осідання кожного розрахункового шару за середнім значенням $\bar{\sigma}_{z,p}$, яке отримується як середнє арифметичне σ_{zp} в покрівлі та підшві розрахункового шару.

Знаючи середнє значення напруження в кожному шарі товщі стискання знаходять осідання фундаменту S у вигляді суми осадок поверхонь окремих шарів за формулою :

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{h_i \sigma_{zp}^i}{E_i} \quad (3.6)$$

де h_i – товщина i -го шару; σ_{zp}^i – середнє напруження в межах i -го шару; E_i – модуль деформації i -го шару, β – коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта бічного розширення ґрунту.

Внаслідок складності залежності β від напруженого стану і характеру ґрунту значення β рекомендується приймати рівним 0,8 [11].

Крен фундаменту за умови дії на нього позацентрового навантаження було обчислено як різницю осадок у двох точках, що розташовані на протилежних краях споруди до відстані:

$$i = \frac{S_1 - S_2}{l} \quad (3.7)$$

де S_1 і S_2 – це значення осідання у крайніх точках фундаменту, см; l – відстань між цими точками.

Було розраховано декілька варіантів крену: між свердловинами 7-8, 8-9, 9-10, 7-9 і 8-10.

3.3. Розрахунок осідання і крену круглого фундаменту на території Маріупольського порту

Для розрахунку осідання шарів в межах запроєктованого об'єкту в якості вихідних даних були взяті свердловини 7-10, які оконтурюють досліджувану територію з усіх сторін та слугують для неї граничними точками (рис.3.4).



Рис. 3.4 - Розташування колон у плані і ПГЕ, які використані при розрахунку осідання досліджуваної ділянки (умовні позначення див. на рис. 2.7)

Розвідана в геологічному плані досліджувана ділянка була розділена на 20 розрахункових шарів. Фізико-механічні параметри ґрунтів та потужності розрахункових шарів представлені в таблиці 2.2. Запроектований зерновий термінал силосного типу має круглий фундамент, діаметр якого складає 18 м, глибина залягання - 3 м. Навантаження по підшві фундаменту становить 0,2 МПа.

Визначено початкове вертикальне стискаюче напруження σ_{z0} від власної ваги ґрунту, до глибинні закладення фундаменту.

Потужність 1-го розрахункового шару ґрунту $h_1 = 1,2$ (м), а питома вага $\gamma_1 = 1,85$ (т / м³); другого $h_2 = 0,2$ (м); $\gamma_2 = 1,85$ (т / м³); третього $h_3 = 1,1$ (м); $\gamma_3 = 1,85$ (т / м³); четвертого $h_4 = 0,5$ (м); $\gamma_4 = 1,9$ (т / м³).

$$\sigma_{zg0} = (1,2 * 1,85) + (0,2 * 1,85) + (1,1 * 1,85) + (0,5 * 1,9) = 5,58 \text{ (кг/см}^2\text{)}.$$

Вертикальне стискаюче напруження від власної ваги ґрунтів для кожного наступного розрахункового шару, розташованого під фундаментом визначено за формулою (3,8), для ґрунтів, що знаходяться під УГВ (розрахункові шари 10-15), σ_{zg} визначається з урахуванням вагового впливу води, використовуючи γ_{sb} . Для 4-го розрахункового шару ґрунту:

$$\sigma_{zg1} = h_4 * \gamma_4 \quad (3.8)$$

$$\sigma_{zg1} = 1,2 * 1,9 = 0,66 \text{ (кг/см}^2\text{)}.$$

Всі результати розрахунків вертикального напруження від власної ваги ґрунтів наведені в таблиці 3.1.

За результатами розрахунків побудована епюра вертикальних напружень від власної ваги ґрунту (Рис. 3.5).

Величина додаткового тиску p_0 на глибині закладення підшви фундаменту за формулою (3.9), становить:

$$p_0 = 25 - (2,5 * 1,85 + 0,5 * 1,9) = 19,4 \text{ (кг/см}^2\text{)} \quad (3.9)$$

Величина вертикального стискаючого напруження по розрахунковим прошаркам від ваги споруди була розрахована за формулою (3.5), отже, для 4-го розрахункового шару:

$$\sigma_{zp1} = 19,4 * 0,949 = 18,43 \text{ (кг/см}^2\text{)}.$$

Всі результати вертикального стискаючого напрямку по розрахунковим прошаркам від ваги фундаменту наведені в таблиці (додаток Г).

Побудована епюра вертикальних напружень від ваги фундаменту (рис. 3.4).

З умови формули (3.7) визначена потужність стиснутої товщини від ваги споруди:

$$\sigma_{zp12} \leq \sigma_{zg12}$$

В межах потужності товщини, що стискається, визначена осідання кожного розрахункового шару за середнім значенням σ_{zp} , яке розраховане як середні арифметичне значення σ_{zp} і в покрівлі і підшві шару ґрунту. Для 4-го розрахункового шару ґрунту:

$$\sigma_{zp^1} = \frac{19 + 18,43}{2} = 18,72 \text{ (кг/см}^2\text{)}.$$

Результати середнього значення σ_{zp} всіх розрахункових шарів в межах стиснутої потужності представлені в таблиці (додаток Г).

За формулою (3.8) знайдене кінцеве стабілізоване осідання основи фундаменту в межах товщі, що стискається, яке становить:

$$S = 0,8 \cdot \left(\frac{3 * 19,4}{17} + \frac{1,2 * 18,4}{17} + \frac{0,8 * 16,6}{20} + \frac{1 * 14,7}{20} + \frac{1 * 12,7}{20} + \frac{1,2 * 9,9}{20} + \frac{0,7 * 9,1}{17} + \frac{1,1 * 7,1}{17} + \frac{1,5 * 5,6}{17} + \frac{0,9 * 4,9}{17} + \frac{0,8 * 4,2}{9} + \frac{1,1 * 3,7}{9} + \frac{1,2 * 3}{12} \right) = 6,2 \text{ (см)}.$$

Аналогічно прикладу розрахунку осідання поверхні в умовах техногенного навантаження, були проведені розрахунки для свердловин 8-10.

Для оцінки стійкості споруди під час експлуатації було розраховано крен фундаменту за формулою (3.7):

$$i_{A4-D4} = \frac{7,69 - 6,69}{1900} = 0,0005$$

Оцінивши осідання поверхні за 4-ма свердловинами, з'ясовано, що осідання ґрунту не перевищує 7,69 см.

Гранулометричний склад насипних ґрунтів має неоднорідний характер, коефіцієнт пористості з часом може зменшуватись, що в свою чергу безпосередньо впливає на змінення потужності шару. Вплив неоднорідної структури ґрунту на стисливість у компресійних приборах вивчався М.Н. Троїцькою у 1940 році, згідно досліджень [22], модуль деформації насипних ґрунтів змінюється в межах 20% відносно нормативного значення.

Песимістичний варіант крену був розрахований з запасом, враховуючи варіативність показника модуля деформації в межах 20 відсотків. При зміні модуля

деформації з найбільшим запасом у 20% максимальне значення осідання в межах досліджуваної території спостерігається у точці D терміналу №4 і складає 10,47 см. В умовах нерівномірного осідання для розрахунку візьмемо протилежну точку А з нормативним значенням осадки 6,69 см і отримаємо:

$$i_{A4-D4} = \frac{10,47 - 6,69}{1900} = 0,0019$$

Аналогічно було розраховано два сценарії крену споруди для зернового терміналу №4 в точках AD і BC (табл. 3.2). Рівномірне осідання означає, що параметри ґрунту, зокрема, модуль деформації, у двох протилежних точках приймаються згідно середніх значень вимірювань, а нерівномірне – коли в одній з точок модуль деформації приймається вищим на 20% за середнє значення, а в іншій точці – більший на 20%. Така ситуація можлива в умовах неоднорідності ґрунтів, а відхилення у 20% відповідає варіації середніх значень при натурних та лабораторних вимірюваннях.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку крену терміналу №4 за рівномірного осідання (середні значення параметрів) та нерівномірного осідання (відхилення від середніх значень)

Крен	Рівномірне осідання	Нерівномірне осідання
AD	0,00052	0,0019
BC	0,00013	0,0014

Згідно ДБН В.2.1-10:2018, гранично допустиме значення (ГДЗ) крену для даної споруди становить $i = 0,004$. Виходячи з цього стає зрозуміло, що максимальне значення крену, навіть з урахуванням песимістичного варіанту, не перевищує гранично-допустиме значення.

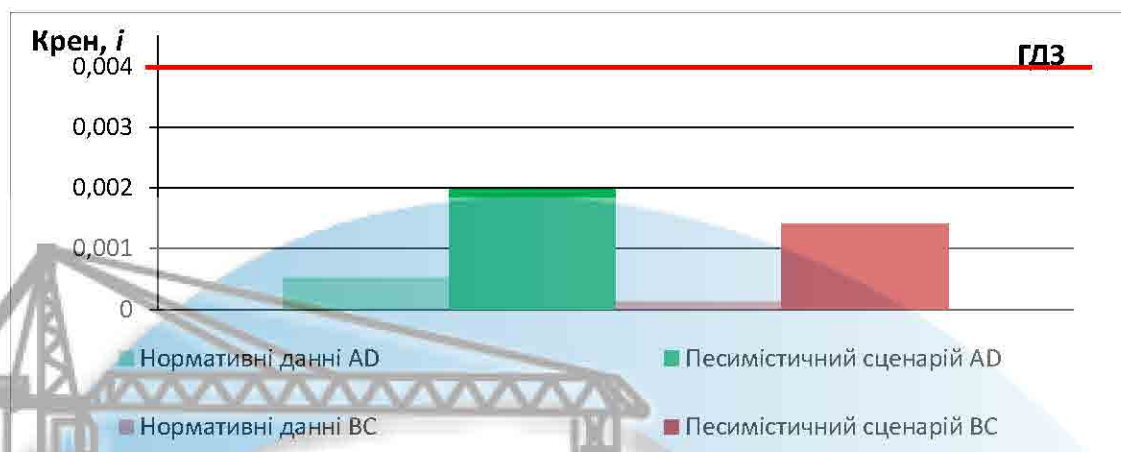


Рис.3.5 – Результати розрахунків крену за двома сценаріями – песимістичним і нормативним

Отже, можна зробити висновок, що інженерно-геологічні фактори не критичним чином впливають на будівництво зернових терміналів силосного типу (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Результати виконаних розрахунків

№ зернового терміналу	№ точки	Нормативні значення		Модуль деформації -20%	
		Осідання (S), см	Крен (i)	Осідання (S), см	Крен (i)
1	A1	6,33	0,000257	7,92	0,000317
	B1	6,42	0,000459	8,17	0,000844
	C1	6,60	0,000257	8,25	0,000317
	D1	6,87	0,000459	9,00	0,000844
2	A2	6,78	0,000257	8,47	0,000317
	B2	6,74	0,000163	8,42	0,000202
	C2	7,16	0,000176	9,06	0,000469
	D2	7,37	0,000176	9,61	0,000469
3	A3	6,19	0,000007	7,74	0,000007
	B3	6,20	0,000007	7,75	0,000007
	C3	6,54	0,000163	8,17	0,000202
	D3	6,85	0,000513	8,95	0,000950
4	A4	6,69	0,000163	8,36	0,000202
	B4	7,24	0,000459	9,68	0,000844
	C4	7,49	0,000176	9,93	0,000469
	D4	7,69	0,000176	10,47	0,000469

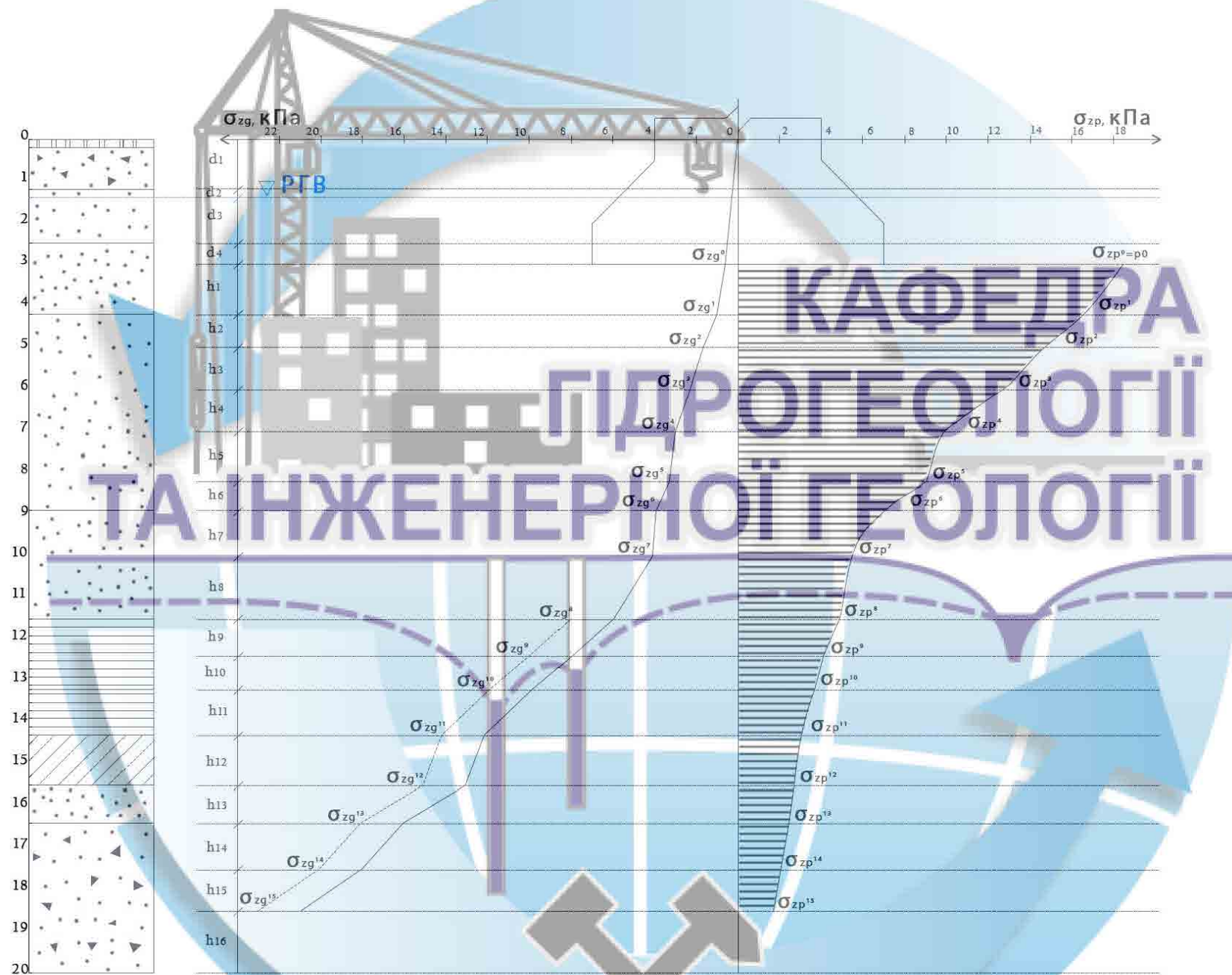


Рис. 3.5 - Схема розрахунку фундаменту у свердловині 7 з епюрою напружень



Рис. 3.6 - Схема розрахунку фундаменту у свердловині 8 з епюрою напружень



Рис. 3.7 - Схема розрахунку фундаменту у свердловині 9 з епюрою напружень



Рис. 3.8 - Схема розрахунку фундаменту у свердловині 10 з епюрою напружень

ВИСНОВОК

Маріупольський торговий порт є важливою частиною інфраструктури країни і має серйозний вплив на розвиток її економіки. Від правильного функціонування морських транспортних об'єктів залежить діяльність і розвиток багатьох сфер. У зв'язку з цим, перед початком будівельницьких робіт, необхідно детально дослідити територію, структурувати і проаналізувати отриманні.

Геологічна будова району представлена неогеновими відкладеннями акчагильського регіоярису (N_{2ak}), на розмитій поверхні яких залягають четвертинні алювіально-морські відкладення (а, м). Корінні ґрунти представлені глинами і пісками, четвертинними відкладеннями - пісками, крупноуламковими і глинистими ґрунтами. Територія причалу утворена техногенними ґрунтами (t), представленими пісками і крупноуламковими ґрунтами.

Маріупольський порт відноситься до мілководної Таганрозької затоки, де хвилювання рідко перевищує 4...5 балів, складаючи біля берега 2...4 бали [2]. Гідрогеологічні умови ділянки характеризуються розвитком двох водоносних горизонтів, що приурочені до тріщинуватої зони кристалічних порід і продуктів їх вивітрювання.

Район досліджень розташований в південній частині помірної кліматичної зони, для якої характерні м'яка похмура зима і дуже тепле, сухе літо; в окремі роки спостерігається посуха. Взимку стан погоди в районі Азовського моря обумовлено впливом Азіатського максимуму, а влітку - Азорського максимуму. Середня температура найбільш теплого періоду $t = +29^{\circ}\text{C}$, середня найбільш холодного періоду $t = -9^{\circ}\text{C}$, середня температура зовнішнього повітря на рік становить $t = +8.6^{\circ}\text{C}$.

Ділянка північного узбережжя Азовського моря, в районі м. Маріуполь за сукупністю природних факторів відноситься до III категорії складності. До ускладнюючих факторів відносяться динамічне навантаження – прибій і шторми

Азовського моря, активний вантажний потік, сейсмічна активність і намівний характер ґрунту.

Найнебезпечнішим фактором, який має серйозний вплив на будівництво є намівний характер ґрунту, якому характеризується доволі специфічними властивостями в порівнянні з природними, тому виникає необхідність у прогнозуванні його динаміки.

У зв'язку з цією проблемою, зроблено огляд і систематизація літературних джерел щодо інженерно-геологічних факторів в районі Маріупольського порту.

Оцінка осідання була розрахована методом пошарового підсумовування, на основі якого було обчислено крен споруд техногенно навантаженої території. За результатами розрахунку найбільший показник осідання приурочений до четвертого терміналу і складає 7,69 см, а найбільший крен – 0,0005 в межах 3 терміналу. Також було проведено розрахунок із врахуванням песимістичного сценарію, де в опорних точках зернового терміналу було змінено модуль деформації на 20%. Гранично допустимий показник крену для споруд із круглим фундаментом складає 0,004, з урахуванням песимістичному сценарію в розрахунках, максимальна відмітка крену у 0,0019 не перевищує гранично допустимого значення, тому можна зробити висновок, що інженерно-геологічні процеси не чинять негативного впливу на будівництво та експлуатацію перевантажувального комплексу зернових вантажів. В процесі будівництва і експлуатації проєктованих споруд істотних змін інженерно-геологічних умов не відбудеться.

Новизною роботи є урахування можливої варіації можливої варіації фізико-механічних властивостей техногенних намівних ґрунтів, що дозволяє оцінювати осідання та крен споруд з необхідним інженерним запасом відповідно до мінливості визначених параметрів

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України. Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/informaciya-pro-vodniy-transportukraini.html?PrintVersion>
2. Офіційний сайт Маріупольського державного порту. Режим доступу: <https://www.marport.net/uk/pro-port/kharakterystyky-portu/kharakterystyky>
3. Лоция Азовского моря // ЦКФ ВМФ, 1974 – 144 с.
4. Екологічний атлас Азовського моря. Режим доступу: <http://atlas.iaz.ssc-ras.ru/ecoatlas/eco-3-2.html>
5. Котлов, Федор Васильевич. Антропогенные геологические процессы и явления на территории города / Ф. В. Котлов ; АН СССР. Отд-ние геологии, геофизики и геохимии. Науч. совет по инж. геологии и грунтоведению. Госстрой СССР. - М. : Наука, 1977. - 171 с.
6. Офіційний сайт УкрДГРІ. Режим доступу: <http://supermaps.ukrdgri.gov.ua/geologymap/default.aspx>
7. ДСТУ Б В.2.6-145: 2010 т Б-4, т Б-5
8. Реферат на тему: «Особенности проектирования железобетонных подстав споруд, що зводяться на техногенних грунтах». Режим доступу: https://revolution.allbest.ru/construction/00614632_0.html
9. Науково-технічний звіт Інженерно - геологічні вишукування по об'єкту: "Будівництво спеціалізованого перевантажувального комплексу зернових вантажів на території Маріупольського порту", 2016 р.
10. Костюченко М.М, Шостак А.В. – Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Механіка ґрунтів», для студентів геологічного факультету, Київ, 2005 р., 59 с.
11. С.65 ДБН В.1.1-12:2006, Додаток Б
12. С. 51 ДБН В.2.1-10-2009, Додаток Д
13. Непша А.В. // Геоморфологическое строение аккумулятивных образований северного побережья азовского моря

14. Офіційний сайт «Фундамент Клуб». Режим доступу:
<https://fundamentclub.ru/raschet/osadki-fundamenta-metodom-poslojnogo-summirovaniya.html>
15. Офіційний сайт «ГлавФундамент». Режим доступу:
https://glavfundament.ru/articles/fundamenty_v_seysmicheskikh_rayonakh_svaynye_fundamenty/#1
16. Воронка В.П. Обґрунтування кордонів Північно-Західного Приазов'я // Географія та екологія: матеріали ІІ Всеукр. наук.-практ. конф. (Умань, 17-18 квітня 2008 р.). – Умань: Видавець «Сочінський», 2008. – С. 34-37.
17. Палиєнко В.П., Барщевський М.Є., Бортник С.Ю. та ін. Загальне геоморфологічне районування території України // Укр. геогр. журнал. – 2004. – № 1. – С. 3-11.
18. Шапошников С.В., Кривонос В.П., Пастушенко А.А. и др. Геологический отчет по теме: «Обобщение результатов геологоразведочных работ прошлых лет с целью локального прогнозирования глиноземистого сырья в Приазовье за 1989-1990 гг.». Кн. 1. Текст / Фонды Приазовской ГРЭ. Волноваха Донецкой обл., 1990. – 183 с.
19. Рослый И.М., Кошик Ю.А., Палиенко Э.Т. Геоморфология Украинской ССР: учеб. пособие / Под общ. ред. И.М. Рослого. – К.: Вища школа, 1990. – 287 с.
20. Монографія «Північно-Західне Приазов'я: Геологія, Геоморфологія, Геолого-Геоморфологічні Процеси, Геоекологічний Стан», 2014 р.
21. Седлерова О.В., Опанасюк О.І. Вивчення динаміки розвитку кіс північного берега Азовського моря за даними дистанційного зондування Землі / Тези ІІ Всеукр. конф. – К.: Освіта України, 2010. – С. 132-134
22. Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии. – М.: Недра, 1981. – 256 с
23. Абелев Ю.М., Крутов В.И. Возведение зданий и сооружений на насыпных грунтах, М., Госстройиздат, 1962 г.

24. Хазанов М.И., «Искусственные грунты, их образования и свойства», СССР, Москва, 1975 г.

25. Земляна А. В. ОСОБЛИВОСТІ ТА ПРОГНОЗ АБРАЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ БЕРЕГОВОЇ ЛІНІЇ НА СХОДІ АЗОВСЬКОГО МОРЯ : 6.040103 / Земляна Анастасія В'ячеславівна – Дніпро, 2019. – 2 с.



КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

A stylized globe with a grid of latitude and longitude lines. The top half of the globe is light blue, and the bottom half is a darker blue. On the left side, there is a grey silhouette of a construction crane and a building. In the center, there are two vertical grey lines representing boreholes or wells. At the bottom center, there is a grey silhouette of crossed hammers. On the right side, there is a large blue arrow pointing upwards and to the right. The text is overlaid on the right side of the globe.

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

ТЕКСТОВІ ДОДАТКИ

Відзив

наукового керівника на кваліфікаційну роботу ступеня магістра НТУ «Дніпровська політехніка» спеціальності «Науки про Землю» (освітня програма «Гідрогеологія»), студентки гр. 103м-19-2 Земляної Анастасії В'ячеславівни «Аналіз інженерно-геологічних факторів і прогноз їхньої динаміки з метою забудови техногенно навантаженої берегової зони»

Зв'язок завдання на кваліфікаційну роботу з об'єктом діяльності магістра. Завдання на представлену кваліфікаційну роботу безпосередньо пов'язано з об'єктом діяльності магістра за спеціальністю «Науки про Землю» (освітня програма «Гідрогеологія») – дослідження інженерно-геологічного стану ґрунтових масивів та обґрунтування об'єктів будівництва.

Актуальність. Дослідження інженерно-геологічного стану техногенно навантаженої берегової зони, де розміщені масивні портові споруди, є обов'язковою складовою їх безпечної та тривалої експлуатації. Особливо важливим є обґрунтування можливості розміщення потужних споруд на техногенних або змінених ґрунтах в умовах комплексного впливу різних інженерно-геологічних чинників. Тому тема кваліфікаційної роботи студентки Земляної А.В. є актуальною.

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

Новизна. У роботі проведено розрахунки показників інженерно-геологічного стану ділянки порту з ємностями для сипучих вантажів з урахуванням можливої варіації фізико-механічних властивостей техногенних намівних ґрунтів, що дозволяє оцінювати осідання та крен споруд з інженерним запасом відповідно до мінливості визначених параметрів.

Практичне значення результатів. Отримані результати можуть бути використані для обґрунтування технічних рішень щодо забудови техногенно навантаженої берегової зони, зокрема, спорудами для тимчасового зберігання та перевантаження сипучих вантажів для умов порту м. Маріуполь.

Ступінь самостійності виконання. Студентка Земляна А.В. виконала кваліфікаційну роботу самостійно за допомогою консультацій наукового керівника.

Застосування ПЕОМ, реальність, комплексність. Усі розрахунки в роботі виконані студенткою Земляною А.В. з використанням ПЕОМ для реального об'єкту з відповідним урахуванням його інженерно-геологічної специфіки. Робота враховує необхідні відомості та картографічний матеріал з інженерної геології.

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

Недоліки. Розрахунки осідання та крену споруд виконані для обмеженої кількості варіантів. Однак це не є критичним, зважаючи на прийняті з певним інженерним запасом значення фізико-механічних властивостей.

Комплексна оцінка. Кваліфікаційна робота Земляної А.В. відповідає вимогам до рівня вищої освіти за НРК та компетентностям освітньої програми «Гідрогеологія» (ОКР «магістр») і заслуговує оцінки «відмінно», а її автор Земляна А.В. – присвоєння їй кваліфікації магістр за спеціальністю «Науки про Землю» (освітня програма «Гідрогеологія»). Рекомендована оцінка кваліфікаційної роботи – 92 бала.

Науковий керівник:
зав. каф. гідрогеології та інженерної геології
д.т.н., проф.

Рудаков Д.В.

Рецензія

на кваліфікаційну роботу ступеня магістра НТУ «Дніпровська політехніка» спеціальності «Науки про Землю» (освітня програма «Гідрогеологія»), студентки гр. 103м-19-2 Земляної Анастасії В'ячеславівни «Аналіз інженерно-геологічних факторів і прогноз їхньої динаміки з метою забудови техногенно навантаженої берегової зони»

Проблема стійкості багатотоннажних споруд для тимчасового зберігання вантажів є актуальною для територій, що перебувають під спільним впливом різних інженерно-геологічних чинників. Особливо важливим є оцінювання стану техногенно навантаженої берегової зони, де споруди розміщені на змінених або штучних ґрунтах, властивості яких потребують ретельного вивчення. Тому тема кваліфікаційної роботи студентки Земляної А.В. є актуальною.

Представлена робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. У першому розділі проведено огляд природних та техногенних умов на ділянці дослідження в порту м. Маріуполь, її геолого-геоморфологічна будова, гідрологічних та інженерно-геологічних умов.

У другому розділі виконано аналіз інженерно-геологічних факторів, які впливають на стійкість запланованих для будівництва споруд, а також результатів попередніх досліджень фізико-механічних властивостей ґрунтів, охарактеризовані інженерно-геологічні елементи.

У третьому розділі досліджені особливості техногенних намівних ґрунтів в основі споруд, які роблять найбільш суттєво впливають на їх стійкість. З використанням стандартного методу пошарового підсумовування проведені відповідні розрахунки осідань та крену для чотирьох ємностей на території порту. Ці результати мають практичне значення, оскільки можуть використовуватися при обґрунтуванні відповідних проектів будівництва в береговій зоні.

До недоліків роботи можна віднести скорочену інтерпретацію результатів розрахунків, але це не ставить під сумнів їх коректність і не впливає на загальну позитивну оцінку представленої роботи.

Кваліфікаційна робота написана грамотною мовою, оформлена відповідно до вимог, має практичну значимість.

Кваліфікаційна робота Земляної А.В. відповідає вимогам до рівня вищої освіти за НРК та компетентностям освітньої програми «Гідрогеологія» і заслуговує оцінки «відмінно», а її автор Земляна А.В. – присвоєння йому кваліфікації магістр за спеціальністю «Науки про Землю» (освітня програма «Гідрогеологія»). Рекомендована оцінка кваліфікаційної роботи – 92 балів.

Рецензент:

Зав каф. геофізичних методів розвідки,
докт. геол. наук, проф.

Довбніч М.М.

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи магістра

студента (ки) групи 103м-19-2

(шифр групи)

Земляної Анастасії В'ячеславівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

Назва роботи: «Аналіз інженерно-геологічних факторів і прогноз їхньої динаміки з метою забудови техногенно навантаженої берегової зони»

Науковий керівник проф. Рудаков Д.В.

(прізвище, ініціали, посада)

Plagiat.pl «StrikePlagiarism»	Показники звіту подібності Unicheck	
	Оригінальність	74
Схожість	26	

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

проф. Рудаков Д.В.

Нормо контролер

доц. Загриценко А.М.

Зав. кафедри

проф. Рудаков Д.В.

_____ (дата)

Результати розрахунку осідання ґрунту

№ ПГЕ	№ шару	Потужність шару, м	Питома вага ґрунту, т/м ³ γ	Коефіцієнт пористості	Питома вага водонепроникних ґрунтів, т/м ³	Модуль деформації, КПа, E	Показник текучості, при IL ≥ 0.8	Ступінь вологості піщаних ґрунтів, S r ≥ 0.8	Коефіцієнт фільтрації, Кф, м/доб	σ _{z,δ} , кг/см ²	P ₀ , кг/см ²	ξ, см	α	σ ^{z,r} , кг/см ²
0	d1	0,6	1,85	-	-	-	-	-	-	5,597	19	0,7	0,804	19
0 ⁰	d2	0,8	1,903	-	-	-	-	-	-	0,66	-	0,4	0,949	18,43
0 ⁰	d3	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	d4	1	1,916	-	-	-	-	-	-	1,69	-	0,8	0,756	14,68
0 _p ³	h1	1	1,897	0,65	0,54	16000	-	0,84	15	2,26	-	1,0	0,652	12,65
	h2	1	1,897	0,65	0,54	16000	-	0,84	15	0,54	-	0,2	0,975	18,91
	h3	1	1,897	0,65	0,54	16000	-	0,84	15	1,09	-	0,4	0,949	18,41
	h4	1	1,897	0,65	0,54	16000	-	0,84	15	1,63	-	0,7	0,804	15,60
	h5	1	1,897	0,65	0,54	16000	-	0,84	15	2,17	-	0,9	0,704	13,65
	h6	1	1,897	0,65	0,54	16000	-	0,84	15	2,72	-	1,1	0,599	11,63
	h7	1	1,897	0,65	0,54	16000	-	0,84	15	3,26	-	1,3	0,508	9,85
	h8	1,3	1,897	0,65	0,54	16000	-	0,84	15	3,97	-	1,6	0,390	7,57
2 _s ³	h9	1,5	1,825	0,5	-	9000	0,59	-	0,03	6,71	-	2,0	0,285	5,53
2 ₆ ³	h10	1,2	1,893	0,8	-	12000	0,45	-	0,001	8,98	-	2,2	0,250	4,84
3 _c ³	h11	1	1,893	0,8	-	12000	0,45	-	0,001	10,87	-	2,4	0,214	4,15
	h12	1	1,913	0,55	-	23000	-	0,92	20	12,78	-	2,7	0,177	3,44
	h13	1	1,913	0,55	-	23000	-	0,92	20	14,70	-	2,9	0,156	3,03
3 _c ³	h14	1,2	1,913	0,55	-	23000	-	0,92	20	16,99	-	3,2	0,130	2,52
	h15	1,8	1,955	0,6	-	27000	-	0,85	35	20,51	-	3,6	0,106	2,06