

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Для проведення практичних занять
по дисципліні «Регіональна інженерна геологія»

Практикум призначений для ведення практичних і лабораторних занять з навчальної дисципліни "Регіональна інженерна геологія" у студентів 4-го курсу освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр".

Різні види будівництва (цивільне, промислове, гідротехнічне, підземне, шляхове тощо) ставлять перед інженерно-геологічними дослідженнями багато запитань залежно від геологічної обстановки території та стадії вишукувань. У даному посібнику розміщено опис робіт, що найчастіше зустрічаються в практиці й важливі для засвоєння лекційного матеріалу. Завдання об'єднані в декілька груп, кожна з яких містить різні теми:

- 1) вивчення й обробка даних з тріщинуватості порід;
- 2) виконання прогнозних розрахунків величини переробки берегів водосховищ;
- 3) лабораторні методи визначення основних класифікаційних показників властивостей ґрунтів;
- 4) методика обчислення нормативних і розрахункових показників властивостей ґрунтів.

1. ТРІЩИНУВАТІСТЬ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Тріщинуватість скельних і напівскельних порід - один із вирішальних факторів інженерно-геологічної оцінки. Вона властива скельним і напівскельним породам і характеризує результат порушення їхньої суцільності - механічного руйнування. Тріщинуватість разом з іншими тектонічними порушеннями характеризує тектонічну будову того чи іншого району або ділянки, просторову неоднорідність і анізотропність властивостей порід, що їх складають. Якщо гірські породи почленовані тектонічними порушеннями на великі блоки і ці порушення істотно визначають геологічну і тектонічну будову ділянки загалом, то тріщинуватість істотно визначає внутрішню будову окремих блоків, складених твердими і відносно твердими гірськими породами.

Тріщини зазвичай простягаються по декількох напрямках, які взаємно перетинаються. Вони визначають просторове розташування поверхонь і зон послаблення. Саме тому тріщинуватість впливає на:

- > міцність і стійкість гірських порід;
- > деформаційність, характер виявлення деформацій та їхню величину;
- > водоносність, вологоємність, водопроникність і газопроникність;
- > глибину проникнення агентів вивітрювання та інтенсивність розвитку процесів вивітрювання;
- > розвиток корозійних і карстових процесів і проникнення карсту на глибину;
- > температурний режим порід;
- > швидкість поширення сейсмічних хвиль і сейсмостійкість порід;
- > міцність, важкість розробки і будівельну категорію порід;
- > визначення потужності зони знімання при проектуванні споруд.

За походженням тріщини в гірських породах можуть бути тектонічними і нетектонічними. Тектонічні тріщини розвиваються в магматичних, метаморфічних і осадових зцементованих породах під впливом тектонічних стискальних і розтягувальних зусиль, які перевищують межі міцності порід. Відповідно до цього тектонічні тріщини поділяються на тріщини сколювання (розвиваються під впливом дотичних зсувних - сколювальних - зусиль) і тріщини відриву (розвиваються під впливом розтягувальних зусиль). Тектонічні тріщини, по яких не відбувалося переміщення гірських порід, називаються *діаклазами*, а по яких таке переміщення відбулося (зсуви, підкиди), - *паклазами*.

Загальними особливостями тектонічних тріщин є:

1. Велика або порівняно велика витриманість за простяганням і глибиною; інколи вони простежуються на сотні й тисячі метрів, розтинаючи породи різного петрографічного складу.
2. Визначене просторове розташування, яке найчастіше зумовлює утворення систем тріщин. На одній і тій самій ділянці можуть бути декілька систем тріщин, що взаємно перетинаються.
3. Закономірне сполучення систем тріщин з тектонічними елементами - складками, тектонічними порушеннями та ін.
4. Контрольованість багатьма структурно-петрографічними елементами порід - шаруватістю, сланцюватістю, лінійністю і смугастістю, орієнтуванням

шлірових виділень, жильних утворень та ін.

Тектонічні тріщини сколювання зазвичай бувають прихованими або закритими (волосяні), їхні площини гладенькі, притерті, інколи із дзеркалами й борознами сковзання, що свідчить про деяке переміщення сусідніх блоків уздовж них. У багатьох випадках такі тріщини утворюють дві похилі системи, що перетинаються. Окремості, утворені цими тріщинами, мають правильну форму. Тріщини цього типу, як правило, неводоносні або слабководоносні, водопроникність по них невелика. При викритті гірських порід з такими тріщинами можуть виникати значні деформації - зміщення великих мас порід.

Тектонічні тріщини відриву зазвичай відкриті (зяючі), круто нахилені або вертикальні, з нерівними, зазубреними і бугристими площинами, укритими патьоками, нальотами, що свідчить про циркуляцію по них підземних вод і розчинів. Часто вони бувають заповнені привнесеним піщано-глинистим матеріалом, а також продуктами подрібнення і перетирання порід, продуктами вивітрювання і гідротермальних змін. До цих тріщин часто приурочені жили кварцу, кальциту, гіпсу, а в районах багаторічної мерзлоти - жили льоду.

Тріщини відриву часто водоносні, водопроникність по них підвищена, тому вони обумовлюють великі притоки підземних вод до гірничих виробок, а також великі витрати води на фільтрацію з каналів, водосховищ, під водопідпірними спорудами і в обхід їх. Вони часто служать шляхами підйому гідротерм із глибини. Тріщини відриву за простяганням і за глибиною простежуються на коротші відстані, ніж тріщини сколювання. Інколи вони переривчасті: одна тріщина виклинюється, а поряд з нею з'являється інша такого ж напрямку. На окремих ділянках вони можуть згущуватися й утворювати зони підвищеної тріщинуватості або навпаки, бути одиничними. У берегових обривах, укосах і підземних виробках тріщини відриву сприяють утворенню вивалювань і великих зміщень гірських порід, а також інтенсивному розвитку вивітрювання і корозійних процесів на глибину.

У породах, зім'ятих у складки, часто добре виражені поверхні подільності, орієнтовані закономірно відносно складок. Таке явище подільності називається кліважем. *Кліваж* не порушує суцільності породи і цим відрізняється від тектонічних тріщин. У відслоненнях в зоні вивітрювання кліваж має вигляд відкритих або закритих частих паралельних тріщин з рівними поверхнями і часто-густо зі слідами сковзання і притирання. У породах, що перебувають поза зоною вивітрювання, поверхні подільності приховані, вони виявляються при ударі по породі або при її стисканні.

За походженням кліваж може бути ендегенним, пов'язаним із внутрішніми глибинними процесами земної кори (складкоутворенням, утворенням розривних дислокацій, метаморфізмом), і екзогенним, пов'язаним з поверхневими процесами (діагенезом, рухами льодовика, зсувів). Екзогенний кліваж - явище рідкісне й локальне.

Кліваж поділяють на кліваж течії й кліваж розлому (розколу). Обидва вони утворюються в процесі пластичних деформацій порід за відповідних умов. *Кліваж течії* зумовлений орієнтованим плоско-паралельним розташуванням мінералів у породі. Особливо характерний він для метаморфічних порід.

Розрізняють декілька видів кліважу течії: осьовий (паралельний осьовим поверхням складок), пошаровий, плейчастий. До кліважу течії відносять також кристалізаційну сланцюватість, яка утворюється в результаті перекристалізації порід під впливом факторів метаморфізму. Кліваж течії охоплює зазвичай потужні товщі порід. Відносно шаруватості він може розташовуватися по-різному: діагонально, паралельно і рідше перпендикулярно.

Тріщини нетектонічні утворюються під впливом внутрішніх сил стиснення і розтягування, що розвиваються в тій чи іншій породі. Такі тріщини зустрічаються повсюдно, вони дуже різноманітні. Загальні особливості в них такі:

- > приуроченість до приповерхневих або навіть верхніх горизонтів земної кори;
- > своєрідність для кожного петрографічного типу порід (утворюють окремі різного розміру і форми у різних типів порід);
- > невитриманість за простяганням;
- > відсутність, як правило, у багатьох з них чітко визначених систем;
- > у приповерхневих горизонтах земної кори вони відкриті, а з глибиною звужуються і виклинюються.

Нетектонічні тріщини за своїм походженням можуть бути поділені на декілька груп:

- 1) *контракційні*, що виникають у зв'язку зі зменшенням об'єму при вистиганні магматичних порід, - тріщини первинної окремістості;
- 2) *тріщини усихання*, що виникають унаслідок зменшення об'єму осадків при їхньому висиханні та усадці при діагенезі;
- 3) *тріщини напластування*, що виникають в осадових породах у процесі їхньої літифікації, яка супроводжується дегідратацією й ущільненням;
- 4) *тріщини вивітрювання*, які утворюються в результаті руйнування порід при вивітрюванні;
- 5) *тріщини розвантаження*, що виникають при збільшенні об'єму порід унаслідок їхньої гідратації або в результаті пружної віддачі при викритті глибокими котлованами, підземними виробками чи ерозійними процесами;
- б) *тріщини зсувів, провалів і просідань*, які проявляються внаслідок перерозподілу напружень у гірських породах і порушення їхньої рівноваги;
- Г) *штучні тріщини*, що виникають під час вибухів, обрушень або підробки гірських порід підземними виробками.

Контракційні тріщини зазвичай розташовуються перпендикулярно і паралельно до поверхонь охолодження магматичних порід, розбиваючи їх на окремість кубічної, паралелепіпедної, мат-рацеподібної, стовпчастої, кулястої та інших форм. Тому їхня первинна окремість може утворюватися під впливом одночасної дії внутрішніх контракційних і зовнішніх тектонічних сил.

Тріщини усихання (або діагенетичні) проявляються в тонкозернистих і глинистих породах. Вони зазвичай відкриті, розширені біля верхнього краю і затухаючі, виклинюються донизу. Розташовуються перпендикулярно до поверхні пласта і не виходять за його межі, завжди добре виражені на донній поверхні висохлих водойм, утворюючи вертикальну полігональну окремість.

Тріщини нашарування розвиваються по шаруватості порід, особливо на межі суміжних петрографічно різних шарів. Залежно від характеру шаруватості ці тріщини утворюють товстопли-ткові, тонкоплиткові або листуваті окреможості. Виникають вони в процесі ущільнення і дегідратації порід при літифікації, оскільки різні породи неоднаково реагують на зовнішні зусилля.

Тріщини вивітрювання виникають у результаті руйнування гірських порід під впливом коливань температури, води і водних розчинів, коріння рослин і організмів. Особливо інтенсивно розтріскування порід відбувається при їхньому замерзанні й розмерзанні, у результаті чого виникають так звані морозобійні тріщини. Тріщини вивітрювання розташовуються в приповерхневих горизонтах, розділяючи породу. Вони звивисті, розгалужуються, площини в них нерівні. Біля поверхні ці тріщини зазвичай відкриті, з глибиною виклинюються.

Тріщини розвантаження з'являються при збільшенні об'єму порід після зняття з них навантаження. Таке збільшення об'єму може бути обумовлено гідратацією або проявом пружних деформацій (розущільненням) порід. Наприклад, унаслідок гідратації ангідриту і переході його в гіпс відбувається збільшення об'єму приблизно на 27 %. При цьому виникають значні внутрішні напруження в породі і, як наслідок, з'являються тріщини як у гіпсі, так і в породах, що його перекривають.

Розвантаження порід від дії стискальних сил біля поверхні землі, під днищем і в бортах долин, у глибоких виїмках, котлованах, у кар'єрах або на глибині в підземних виробках викликає розкриття прихованих і закритих тріщин, розущільнення порід у бік вільного простору і появу нових тріщин розвантаження або, як їх іще називають, "пружної віддачі", "відсідання", "бортового відпору". Тріщини розвантаження розвиваються більш-менш паралельно до відслоненої поверхні. Поблизу цієї поверхні їх багато і вони добре виражені, з глибиною ж стають рідшими і менш чіткими. По тріщинах розвантаження часто відбувається зміщення (відсідання) порід і утворення ступінчастості по схилу, зсувів структурного типу і обвалів.

Тріщини зсувів і провалів з'являються на ділянках, де порушується рівновага мас гірських порід і відбувається їхнє зміщення. У результаті цього в гірських породах виникають зсувні, сколювальні й розтягувальні напруження. Зсувні тріщини розвиваються головним чином у тілі зсуву і частково вздовж його границь. По тріщинах, що обмежують зсув, зазвичай відбувається зрив і зміщення мас гірських порід. Це так звані тріщини відриву. Вони утворюються паралельно схилу, укусу або напівцирком оперізують зсувний масив. Найчастіше вони виникають біля вершин зсувів, де внаслідок цього в рельєфі схилу з'являється ступінчастість. Тріщини відриву зазвичай відкриті, біля поверхні землі зяючі, з глибиною виклинюються.

Тріщини провалів виникають над карстовими печерами та іншими порожнинами. Вони зазвичай відкриті, зяючі, круті або вертикальні, по-різному орієнтовані в плані.

Різного типу штучні тріщини утворюються в гірських породах під час вибухових робіт і під впливом гірничого тиску при розробці їх підземними виробками, глибокими виїмками тощо. У плані такі тріщини можуть мати різне

розташування, вони розтинають породи лише з поверхні або на тій чи іншій глибині, не досягаючи поверхні землі.

Такими є основні генетичні типи тріщин. Під час інженерно-геологічного вивчення тріщинуватості скельних і напівскельних порід необхідно приділяти велику увагу таким основним питанням:

> просторовому розташуванню тріщин, тобто їхньому орієнтуванню, з метою з'ясування панівних систем тріщин, орієнтуванню поверхонь і зон послаблення, і отже, просторової неоднорідності та анізотропії порід на тій чи іншій ділянці;

> морфології тріщин і систем тріщин для встановлення їхніх генетичних типів і виділення локальних і регіональних тріщин;

> визначенню ступеня тріщинуватості порід з метою кількісної оцінки ступеня їхньої подрібненості - зруйнування, виділення ділянок і зон, що відрізняються за ступенем тріщинуватості;

> оцінці впливу тріщин і систем тріщин як поверхонь і зон послаблення на міцність, деформаційність, стійкість і водопроникність порід та їх анізотропність у цьому відношенні; оцінці їхнього впливу на стійкість місцевості й проєктованих споруд;

> визначенню раціональної методики дослідних робіт під час інженерно-геологічних вишукувань для виявлення анізотропії й дирекційності фізико-механічних властивостей порід залежно від орієнтування їхньої тріщинуватості.

Завдання інженера-геолога полягає у встановленні кількісної та кореляційної залежності між характером та інтенсивністю тріщинуватості й станом і властивостями масивів гірських порід.

При вивченні тріщин та їхньої класифікації слід ураховувати:

- > генезис, що відображає фактори та механізм утворення;
- > вік і послідовність утворення;
- > орієнтацію у просторі, розміри;
- > інтенсивність (ступінь) тріщинуватості;
- > характер поверхні стінок;
- > наявність наповнювача (його склад і властивості);
- > можливі інженерні заходи для запобігання негативного впливу тріщинуватості на стійкість споруд.

Класифікація тріщин за генезисом

Таблиця 1

| Група | Генетичний тип |
|----------------|---|
| Контракційні | В ефузивних та інтрузивних породах за рахунок зменшення |
| Літо генетичні | Усадки, нашарування, об'ємного |
| Тектонічні | Стискання, розтягування |
| Екзогенні | Вивітрювання, мерзлотні, |
| Техногенні | Розвантаження, розупільнення |

Класифікація тріщин за шириною (за Л. І. Нейштадт)

- Мікротріщини - до 0,1 мм;
- Волосяні - 0,1-1 мм;
- Вузькі - 1-5 мм;
- Середні - 5-20 мм;
- Широкі - 20-100 мм;
- Дуже широкі - 100-500 мм і більше.

Класифікація стінок тріщин за висотою нерівностей на них

Таблиця 2

| Тип стінок | Розміри нерівностей |
|------------|---------------------|
| гладенькі | до 0,1 мм |
| шорсткі | до 1 мм |
| бугристі | до 10 мм |
| нерівні | більше 10 мм |

Класифікація за характером наповнення тріщин

- > тектонічна брекчія,
- > мінеральні утворення (за рахунок гідротермальних розчинів), > породи вивітрювання (аж до глинистих),

Показники кількісної

характеристики тріщинуватості

Модуль тріщинуватості (за О. І. Силінім-Бекчурінім) - це кількість тріщин, яка припадає на один погонний метр розрізу.

Питома густота тріщин (за Є. М. Перм'яковим) - це добуток із числа тріщин одного напрямку, які припадають на один погонний метр розрізу, на середню ширину тріщин. Вона розраховується за формулою

$Q U_{Tr} t_{сер}$, де Q - питома густота тріщин; U_{Tr} - кількість тріщин одного напрямку, що припадає на один погонний метр розрізу; $t_{сер}$ - середня ширина тріщин.

Коефіцієнт тріщинної пористості (за Л. І. Нейштадт) - це відношення загальної площі тріщин, виміряних на деякій ділянці, до площі всієї ділянки, виражене у відсотках

$K_{тр} = \frac{S_{тр}}{S} \cdot 100\%$, де $K_{тр}$ - коефіцієнт тріщинної пористості; S - площа всієї ділянки, м²; $S_{тр}$ - загальна площа тріщин на ділянці, м². Вона дорівнює сумі площ усіх тріщин, розрахованій за формулою

$S_{тр} = \sum_{i=1}^n l_i h_i$, де $i = 1, 2, \dots, n$ (n - кількість тріщин на ділянці);

l_i - довжина i -ї тріщини, м; h_i - ширина i -ї тріщини, м.

За цим показником розрізняють:

1. Слаботріщинуваті породи ($K_{тр} < 2\%$).
2. Середньотріщинуваті ($K_{тр} = 2-5\%$).
3. Сильнотріщинуваті ($K_{тр} = 5-10\%$).
4. Дуже сильнотріщинуваті ($K_{тр} = 10-20\%$).

1.1. Побудова рози-діаграми та кругової діаграми тріщинуватості

Після поділу численних вимірів тріщин на системи певного генезису складаються різноманітні діаграми для кожної системи тріщин або зведені

діаграми для всіх тріщин. Найпростіші діаграми - *рози-діаграми* азимутів ліній або слідів простягання, азимутів падінь і кутів падінь тріщин.

Роза-діаграми азимутів простягання тріщин будується на пів-вкрузі довільного радіуса. Перш за все необхідно всі виміри простягання тріщин перевести в північні румби. На окресленому півкрузі (два північні квадранти за простяганням) проводяться радіуси з інтервалом між ними, наприклад 10° ($0-10^\circ$, $11-20^\circ$, $21-30^\circ$ і т. д.). Максимальна з усіх наявних кількостей вимірів у будь-якому інтервалі відповідатиме довжині радіуса. Це буде розміром масштабної лінійки, яку необхідно розбити на поділки, що відповідають максимальній кількості вимірів у певному інтервалі. Потім у кожному інтервалі необхідно відкласти кількість вимірів у масштабі, точки в сусідніх інтервалах з'єднати і отриману фігуру виділити кольором або штриховкою (див. рис. 2).

На точкових *кругових діаграмах* елементи залягання (азимут простягання і кут падіння) тріщини наносяться у вигляді точки на спеціально побудовану сітку (рис. 1). Для приготування сітки круг довільного радіуса розбивається радіусами і колами. Зовнішнє коло сітки градується по ходу годинникової стрілки від 0 до 360° . На цій шкалі відкладаються азимути простягання площин тріщин. Кути падіння відраховуються по концентричних колах від центра до периферії (від 0 до 90°). Таким чином, кожна тріщина на діаграмі зображується у вигляді точки, положення якої визначається азимутом простягання і кутом падіння цієї тріщини.

Форма точки (кружечок, квадрат або трикутник) може означати генезис тріщини, а кольором точки можна відобразити вид заповнення тріщини. За необхідності можна ввести додаткові довільні умовні позначки.

На точкових діаграмах горизонтальна площина (тріщина, жила тощо) має вигляд точки, що лежить у центрі діаграми. Усі похилі площини проектуються у вигляді точок у середній частині діаграми між зовнішнім колом і центром. Чим крутіше падають тріщини, тим ближче до зовнішнього кола розташовуються їхні проєкції й навпаки. Вертикальні площини проектуються на зовнішнє коло.

Кожна точка на діаграмі показує орієнтування окремої тріщини. Кількість точок на діаграмі відповідає кількості виконаних вимірів тріщин.

Концентрація точок у певній частині діаграми дозволяє виділити системи тріщин. При цьому з діаграми можна оцінити межі зміни елементів залягання кожної системи тріщин і отримати середнє значення елементів залягання системи, оцінити відносну інтенсивність систем тріщин.

2. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ПЕРЕРОБКИ БЕРЕГІВ ВОДОСХОВИЩА

Метод Г. С. Золотарьова

Цей метод дає можливість розрахувати ширину зони переробки берега і побудувати його новий профіль для 10-річного періоду від моменту заповнення водосховища і для кінцевої стадії, яка має практичне значення. Під кінцевою стадією переробки розуміємо таку ширину зони руйнування, утворення якої залежить від геологічних і гідрологічних умов і за часом спів- розмірне з терміном амортизації споруд. Припускається, що процес вироблення нового профілю буде до цього моменту в основному завершений.

Для прогнозу переробки берега водосховища на якій-небудь ділянці виконується в першу чергу його інженерно-геологічне районування, тобто виділяються такі відрізки берега, де форма його надводної й підводної частин, геолого-літологічна будова і гідрологічні умови залишаються приблизно однаковими.

У межах виділених відрізків берега намічаються найхарактерніші точки, для яких виконується розрахунок і побудова профілю берега. Для виділених точок необхідно додатково мати:

- > топографічний профіль берега (включно з його підводною частиною) в масштабі 1:2000-1:10000;
- > дані про рівневий режим і швидкості течій на водосховищі;
- > параметри хвиль різних напрямків і дані про швидкості вітру;
- > дані про геолого-літологічну будову берега, розмитість порід, що його складають, гідрологічні умови берега. Крім того, необхідно мати дані натурних спостережень про форму і крутизну схилів, абразійних і акумулятивних обмілин, зон накопчування хвиль;
- > відомості про обводненість порід схилу, характер та інтенсивність фізико-геологічних процесів.

Побудова профілю виконується в такій послідовності.

Для 10-РІЧНОГО періоду переробки Віо.

1. На топографічний профіль (рис. 3) умовними знаками наносяться дані про геолого-літологічну будову і гідрологічні умови схилу.
2. На профілі зображується також положення *нормального підпірного горизонту* (НПГ), значення якого береться з проекту водосховища.
3. Від лінії НПГ угору відкладається *висота накопчування хвилі* (h_H). Інженер-геолог отримує цю величину в готовому вигляді від гідрологів. Під час наближених розрахунків висота накопчування хвилі може братися рівною 0,3 (піщані береги) - 0,5 (галькові береги) висоти хвилі ($h_{ХВ}$).
4. Від лінії НПГ вниз відкладається висота, рівна $1,5 h_{ХВ}$ (лег- корозивні піщані й суглинисті породи) або $2h_{ХВ}$ (дуже легкороз- мивні породи - леей). Вважається, що нижче від цієї глибини розмивання берега відбуватися не буде, а

накопичуватиметься обмілина. Через отриману точку проводиться горизонтальна пряма - лінія розмиву.

5. На лінії розмиву позначається точка А, яка обирається довільно і відповідає брівці уступу обмілини, де передбачається різкий перелом у формі поверхні обмілини.

6. Від точки А проводять дві лінії: лінію уступу обмілини і лінію поверхні обмілини.

Лінія уступу обмілини проводиться під кутом α в бік водосховища до перетину її з лінією топографічного профілю в точці D. Величина кута α залежить від складу порід, що становлять обмілину. Для піщано-глинистих відкладів він береться рівним $10-12^\circ$, для великозернистих піщаних і гравійних накопичень $-18-22^\circ$.

Лінія поверхні обмілини проводиться ПД кутом 011 У бік берега до перетину з лінією топографічного профілю в точці В. Пряма АВ відповідає поверхні акумулятивної частини обмілини, а площа трикутника ABD, що позначається як F_b відповідає об'єму акумулятивної частини обмілини (в умовах пласкої задачі). Значення кута щ наводяться в табл. 3.

ВІД ТОЧКИ В проводиться ПД кутом (X_2 до перетину з лінією НПГ в точці С пряма, що характеризує поверхню абразійної частини обмілини. Значення кута наводяться в табл. 3.

7. Від точки С в бік берега проводиться під кутом a_3 пряма лінія до перетину в точці Е з горизонтальною прямою, що характеризує висоту накочування хвилі (див. п. 3). Значення кута a_3 наводяться в табл.3.

8. Побудова профілю надводної частини укосу ведеться таким чином: нижня частина схилу будується з точки Е під кутом 30-33° на величину 1/3—1/4 висоти схилу. Від отриманої таким чином точки F проводиться лінія під кутом 60-70° до перетину в точці N з поверхнею землі.

Площа фігури BCEFN дорівнює об'єму розмитої частини берега F_2 .

9. Обчислюються площі F] і F_2 . Відношення $E^{\wedge}Eg$ має дорівнювати коефіцієнту акумуляції, який залежить від типу ґрунтів і виражається у відсотках (див. табл. 3).

Якщо відношення F]/ F_2 не дорівнює коефіцієнту акумуляції, то точка А була обрана неправильно, і всю побудову необхідно виконати повторно. Припустиму розбіжність Г. С. Золотарьов оцінює в 5 %.

В якому напрямку слід змістити точку А, установити неважко, оскільки переміщення її праворуч тягне за собою зменшення F] і всього дроби F]/ F_2 , а переміщення ліворуч - збільшення обох величин.

Таблиця 3

Кути прибережної (аккумулятивної та абразійної) обмілини і зони накочування хвилі та відсотки аккумуляції, які беруться для побудови профілів прогнозу переробки берегів (за Д. М. Раша)

| Найменування грунту | Кути обмілини | | Кути зони | | Відсоток аккумуляц ії за об'ємом |
|--------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|---|
| | для 10-річної | ДЛЯ кінцевої | ДЛЯ 10-річної | ДЛЯ кінцевої | |
| Піски тонко- і різно- | 1°30' | 1° | 5 | 3 | 5-Ю |
| Піски різно- і різно- | 3° | 2° | 6 | 4 | 10-15 |
| Піски | 5° | 3° | 10 | 6 | 15-20 |
| Галечник і щебінь з | 10-12° | 8-10° | 18-20 | 15-18 | 20-35 |
| Галечник і щебінь з | 8-10° | 6-8° | 15-18 | 14-16 | 20-25 |
| Супіски | 1°30' | 1° | 4 | 3 | 3-5 |
| Лесополібні ґрунти | 1°30' | 1° | 4 | 2 | до 3 |
| Суглинки легкі | 1°30' | 1° | 5 | 3 | до 2 |
| Суглинки середні й | 2° | 1°30' | 6 | 4 | практичн відсутній |
| Глини четвертинні | 3° | 2° | 7 | 5 | |

Таблиця

Варіанти геологічного розрізу берегового профілю (до

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Суглинки | Глини | Суглинки | Лесові | Суглинки | Лесові | Глини | Суглинки | Глини | Супіски |
| четверт | четверт | ки | и | и | ві | шільні | ки | четверт | и 6 м |
| Суглинки | Суглинки важкі | Суглинки легкі | Супіски 14 | Супіски 9 м | Піски д/ | Піски с/з 12 | Супіски 14 м | Піски р/з 6 м | Піски с/з 14 м |
| Піски с/з 12 м | Піски с/з 8 м | Піски с/з 10 м | Піски р/з 10 | Піски р/з 14 м | Супіски 8 | Піски к/з 10 | Піски л/з 10 м | Піски к/з 10 м | Гравійно- |
| Піски | Піски | Піски | Супіски | Глини | Глин | Супіски | Супіски | Супіски | Піски |
| Супіски | Суглинки | | | | | Сугли | | | |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Лесові породи | Лесоподібні | Глини 10 м | Суглинки | Супіски 8 м | Глини четверт | Лесоподібні | Суглинки 8 м | Піски р/з 6 м | Суглинки |
| Суглинки | Глини шільні | Суглинки 12 м | Суглинки | Суглинки | Суглинки 9 м | Суглинки | Лесоподібні | Супіски 12 | Супіски 6 м |
| Супіски | Піски | Супіски | Глини | Супіски | Супіски | Сугли | Суглинки | Сугли | Піски |
| Піски д/з 16 м | Піски к/з 15 м | Піски р/з 10 м | Суглинки | Піски р/з 16 | Суглинки 17 м | Супіски 14 м | Супіски 8 м | Глини шільні | Піски к/з |
| | Глини | Супіски | | | | | Піски р/з | | Супіски |

Примітка. Піски к/з - крупнозерниста; р/з - різнозернисті; с/з - середньозернисті; д/з - дрібнозернисті.

Для кінцевої стадії переробки В_к.

Побудова профілю берега для кінцевої стадії переробки ведеться приблизно за такою ж схемою, як і для 10-річного періоду, за винятком деяких відмінностей.

1. На профіль, крім лінії НППГ, наноситься також *горизонт навігаційного спрацювання* водосховища в маловодний рік (НГС). Значення НГС отримується від гідрологів.

2. Проводиться лінія розмиву на дві (для пісків)-три (для глинистих ґрунтів) висоти хвилі нижче від горизонту навігаційного спрацювання і на ній наноситься точка А за тими ж правилами, що і в попередньому випадку.

3. Висота накочування хвилі (h_H) береться рівною попередньому значенню.

4. Значення кутів ψ , α і β беруться дещо меншими, ніж в розрахунках на 10-річну стадію (див. табл. 3).

5. Надводний береговий укіс будується за тим же принципом, що й на 10-річну стадію.

3. МЕТОДИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ҐРУНТІВ ДЛЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ЦІЛЕЙ

3.1. ВОЛОГІСТЬ ҐРУНТІВ

Під вологістю ґрунту розуміють вміст в ньому деякої кількості води. Розрізняють вагову та об'ємну вологість.

Ваговою вологістю ґрунту називають відношення маси води, присутньої в порах ґрунту в природних умовах, до ваги ґрунту, висушеного за температури 100-105 °С до постійної ваги.

Під *об'ємною вологістю* розуміють відношення об'єму води, що міститься в породи, до об'єму всієї породи.

Визначається вологість у відсотках або частках одиниці.

Природною вологістю ґрунту називають кількість вільної або поверхнево зв'язаної води, що міститься в порах ґрунту в природних умовах його залягання. Величина природної вологості є важливою характеристикою фізичного стану породи, визначає міцність породи та її поведінку під спорудами. Особливе значення має для глинистих ґрунтів, які різко змінюють свої властивості залежно від ступеня зволоженості.

Природна вологість є важливим опосередкованим показником, необхідним для визначення щільності, пористості, ступеня вологості тощо.

Визначення вологості ґрунту методом висушування до постійної ваги

Ваговий метод визначення вологості є найбільш поширеним методом. За допомогою цього методу визначають вологість на всіх стадіях стандартних вишукувань з метою будівництва, за винятком випадків, коли ґрунт містить значну кількість рослинних решток.

Визначають природну вологість шляхом висушування зразка ґрунту до постійної ваги за температури (105±2) °С.

Обладнання: технічні ваги, алюмінієві бюкси, ексикатор, сушильна шафа.

Хід роботи

1. На технічних вагах зважують бюкс з кришкою (g_1). Усі зважування

виконують з точністю до 0,01 г.

2 . До бюкса кладуть не менше 10 г ґрунту і виконують зважування (g_2).

3 . Відкритий бюкс ставлять до нагрітої сушильної шафи, де ґрунт висушують при температурі $(105\pm 2)^\circ\text{C}$ до постійної ваги, яку визначають шляхом періодичного повторюваного зважування. Піщані ґрунти висушують протягом 3 год., а інші - протягом 5 год. Наступні зважування піщаних ґрунтів виконують протягом 1 год., а інших - протягом 2 год.

4 . Бюкс з висушеним ґрунтом закривають кришкою і охолоджують в ексикаторі, потім зважують (g_3).

5 . Результати заносять до таблиці, а далі виконують розрахунки вологості.

Зразок таблиці з результатами зважування

| Дата | № бюкса | Маса бюкса, г | | | Маса вологи, г | Маса скелета | Природна вологість |
|------|---------|---------------|----------------------|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|
| | | пустого | з вологим ґрунтом | із сухим ґрунтом | | | |
| | | g_1 | g_2 | g_3 | $g_2 - g_1$ | W | |
| | 252 | 21.4 | 76.6 | 76.3 | 0.3 | 54.9 | 0.0055 |
| | 256 | 21.3 | 71.2 | 71.0 | 0.2 | 49.7 | 0.004 |

Вологість розраховують за формулою

$$W = \frac{g_2 - g_3}{g_1} \cdot 100$$

де W_{np} - природа вологість ґрунту; g_1 - вага пустого бюкса; g_2 - вага бюкса з вологим ґрунтом; g_3 - вага бюкса із сухим ґрунтом.

Результати розраховують з точністю до 0,1. Вологість указують у частках одиниці.

Для кожного зразка ґрунту виконують не менше двох випробувань, з яких береться середнє арифметичне.

3.2. Гранулометричний (механічний) склад піщаних і глинистих ґрунтів

Пухкі осадові породи складаються з окремих частинок різної форми, розміру та складу. Розмір основних часток змінюється від декількох десятків сантиметрів до тисячних часток міліметра. Зміна розмірів структурних елементів ґрунту в таких широких межах призводить до великої різниці між питомою поверхнею твердої компоненти та її поверхневої енергії, що впливає на властивості ґрунту загалом. Цей вплив особливо виявляється в дисперсних ґрунтах (відсутні структурні зв'язки між елементами твердої компоненти). Тому поряд з мінеральним складом розмір є однією із суттєвих ознак твердої компоненти ґрунту, що визначає його властивості.

Вивчення співвідношення кристалів різних розмірів у магматичних і метаморфічних породах можливе у шліфах під мікроскопом. При цьому зазвичай вказується однорідність зерен за їхнім розміром.

При вивченні уламкових осадових порід як ґрунтів розмір уламків та їхнє кількісне співвідношення є однією із класифікаційних ознак. Розмір часток характеризує їхню дисперсність. Великоуламкові та піщані ґрунти є

грубодисперсними, а глинисті - високодисперсними.

Існують номенклатурні класифікації, розроблені різними фахівцями - петрографами, літологами, ґрунтознавцями, гідрологами, інженерами-будівельниками. У ґрунтознавстві використовується номенклатурна характеристика В. В. Охотіна (див. Додаток), яка базується на врахуванні зміни властивостей, що виділяються за розміром часток. При її розробці наголос було зроблено на обґрунтування меж глинистих, пілуватих, піщаних і гравійних часток, оскільки з ними пов'язано виділення основних петрографічних типів осадових порід: глин, лесів, пісків, аргілітів, алевролітів, пісковиків, великоуламкових порід.

У дисперсних ґрунтах (зв'язних і незв'язних) кількісне співвідношення структурних елементів твердої компоненти різного розміру оцінюють за допомогою гранулометричного аналізу. За його результатами роблять висновки про дисперсність ґрунту, а також виконують його класифікацію. Гранулометричний склад є структурною характеристикою ґрунту, дозволяє попередньо зробити висновки про походження породи, оцінити деякі властивості ґрунту (фільтраційні, фізико-хімічні), оцінити ґрунт як будівельний матеріал.

Під гранулометричним або механічним складом ґрунту розуміють відносний вміст у ньому (за масою) часток різної величини. Від гранулометричного складу залежать такі властивості ґрунту, як пластичність, опір зсуву, стисливість, усадка, набрякання, висота капілярного підняття, водопроникність тощо.

Зміна гранулометричного складу ґрунту викликає зміну його властивостей. Наприклад, зі зменшенням розмірів часток зменшується водопроникність ґрунтів: якщо галечник має велику проникність, то в піску вона значно менша, а у глин дорівнює майже нулю.

Для визначення гранулометричного складу виконують гранулометричний аналіз, який полягає в розчленуванні ґрунту на групи з близькими за розміром частками (фракції). Гранулометричний склад - це вміст у ґрунті (за масою) окремих фракцій, виражений у відсотках відносно маси взятої для аналізу абсолютно сухої породи.

Фракція становить собою сукупність часток, близьких за своїм розміром. Розміри фракції виражаються в міліметрах, а вміст її - у відсотках. Розміри часток визначають за діаметром і виражають у міліметрах.

Визначення гранулометричного складу необхідно для:

- > класифікації ґрунтів за гранулометричним складом;
- > приблизного визначення водопроникності пухких незв'язних ґрунтів за емпіричними залежностями;
- > оцінки придатності ґрунтів щодо використання їх для шляхових насипів, дамб, земляних гребель;
- > визначення оптимальних отворів для фільтрів бурових свердловин;
- > оцінки можливих явищ суфозії в тілі фільтруючих гребель та їхньої основи, у стінках котлованів, бортах виїмок тощо;
- > оцінки пухких незв'язних ґрунтів як будівельного матеріалу.

Кількісно неоднорідність ґрунту оцінюють за результатами

гранулометричного аналізу коефіцієнтом неоднорідності (за Газеном), де d_{60} та d_w - діаметри часток, менше яких у ґрунті міститься відповідно 60 % та 10 % за масою часток. Діаметр d_w називають ефективним, а d_{60} контролюючим. Для ґрунту, який складається із часток однієї фракції, $d_{60} = d_w$ і $K_n = 1$. Проте чим різномірніший ґрунт за розміром часток, тим більшим виявляється значення коефіцієнта неоднорідності. При $K_n > 3$ для пісків і $K_n > 5$ для глин ґрунти вважають неоднорідними.

3.2.1. Ситовий метод

Усі методи визначення гранулометричного складу поділяють на прямі та опосередковані. Прямі методи дозволяють безпосередньо виділяти окремі фракції, зважувати і визначати їхній відсотковий вміст у ґрунті. Опосередковані методи не передбачають поділу породи на фракції, і в таких випадках про гранулометричний склад роблять висновки за результатами вивчення деяких властивостей або особливостей досліджуваних ґрунтів.

Ситовий метод використовується для визначення гранулометричного складу піщаних ґрунтів і є прямим методом.

Ситовий аналіз може виконуватися як самостійний, якщо при аналізі обмежуються виділення фракцій більше 0,1 мм, або може використовуватися як комбінований при виділенні в ґрунті пилюватих і глинистих фракцій.

Обладнання: набір стандартних сит з діаметром отворів 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 5; 7; 10 мм, технічні ваги, фарфорова ступка, товкачик з гумовим наконечником, бюкси, совок.

Хід роботи

1. Зразок ґрунту необхідно довести до повітряно-сухого стану. Якщо в ґрунті наявні злипли, сухі грудки, то їх необхідно розтерти в ступці з гумовим наконечником так, щоб запобігти розтиранню окремих мінеральних зерен.

2. Вага середньої проби для визначення гранулометричного складу:

- > для ґрунтів, що не містять частинки розміром більше 2 мм, - 100 г;
- > для ґрунтів, що містять до 10 % (за вагою) часток розміром більше 2 мм, - 500 г;
- > для ґрунтів, що містять від 20-30 % часток розміром більше 2 мм, - не менше 2000 г.

2. Зважену пробу ґрунту просіюють через набір сит із піддоном. Для цього ґрунт уміщують у верхнє сито і обережно струшують, доки не буде досягнуто повного сортування часток ґрунту в ситах на фракції.

4. Фракції ґрунту, які затримуються на кожному ситі та піддоні, зважують з точністю до 0,1 г.

Обробка результатів

1. Необхідно просумувати вагу всіх фракцій ґрунту. У випадку, коли отримана сума всіх фракцій ґрунту перевищує більш ніж на 1 % вагу проби, узятій для аналізу, слід повторити аналіз.

2. Вміст у ґрунті кожної фракції A у відсотках визначають за формулою

$$A = \frac{g_i}{g} \cdot 100\%,$$

де $g_{<j>}$ - вага даної фракції ґрунту, г; g_i - вага середньої проби ґрунту, узятій на

аналіз, г.

3. Результати аналізу реєструють у журналі.

| фракцій записок | ГД V | 0,25-0, 5 | 0,5-1 | 1 | 2-3 | 3-5 | 5-7 | 7-10 | A |
|--------------------|---------|--------------|-------|-----|-----|------|-----|------|-----|
| Г (вага | 14,3 | 34 | 32 | 32 | 21 | 4 | 28 | 3 | 33 |
| A % | 71,8 | 17, | 1,6 | 1,6 | 1,0 | 2 | 1,4 | 1,5 | 1,6 |
| C % | 71,8 | 89, | 90, | 92, | 93, | 95,4 | 96, | 98,3 | 100 |
| (сумарний | 4 | 2 | 8 | 4 | 45 | 5 | 85 | 5 | |

4. За даним ситового аналізу будують сумарну криву гранулометричного складу в напів логарифмічно му масштабі. Для цього по осі ординат (y) показують відсотковий вміст за сукупністю. По осі абсцис (x) показують не діаметр часток у міліметрах, а логарифми цих величин або, точніше, розміри, пропорційні цим логарифмам. Тому для побудови шкали по осі абсцис необхідно вибрати основу цієї шкали, тобто довжину відрізка, який відповідає $1g 10$.

Якщо за основу шкали взяти, наприклад, відрізок довжиною 4 см, то по осі абсцис від початку координат через інтервал 4 см роблять граничні помітки. На початку координат ставлять величину 0,1, а напроти наступних відміток - відповідно 1 та 10. Знаючи логарифми чисел, що відповідають діаметрам часток, можна визначити пропорційні логарифмам цих чисел відрізки на осі. Для цього необхідно основу шкали помножити на відповідний логарифм.

Наприклад, якщо $lg 2 = 0,301$, а основа шкали дорівнює 4 см, то перемножимо $0,301 * 4 = 1,2$ см. Відкладаємо довжину відрізків від початку координат і від кожної мітки вправо, на шкалі абсцис роблять проміжні відмітки, напроти яких указують відповідні діаметри.

Далі перераховують фракції за сукупністю і на відповідних ординатах (y), точками відмічають відсотковий вміст фракцій менше визначеного діаметра. З'єднують точки плавними лініями і отримують криву однорідності в напівлогарифмічному масштабі.

На кривій кожна точка вказує, скільки відсотків часток міститься в досліджуваному ґрунті діаметром, меншим від даного.

На кривій кожна точка вказує, скільки відсотків часток міститься в досліджуваному ґрунті діаметром, меншим від даного.

5. Ступенем неоднорідності гранулометричного складу піщаних і глинистих ґрунтів є коефіцієнт неоднорідності K_n . Співвідношення діаметрів 60 і 10 % вмісту фракцій називають коефіцієнтом неоднорідності.

$$K_n = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,2}{0,16} = 1,25$$

де d_{60} - ефективний діаметр часток, мм; d_{10} - контролюючий діаметр часток, мм.

Базуючись на результатах визначення гранулометричного складу ґрунту, можна визначити коефіцієнт фільтрації за емпіричними залежностями. Найбільше застосування на практиці має формула Газена

$K = C / (10(0,7 + 0,3t))$, де K - коефіцієнт фільтрації, м/доб; C - емпіричний коефіцієнт чистоти та однорідності піску (для чистих та однорідних пісків C береться від 1200 до 800, для забруднених глинистих і неоднорідних пісків - від 800 до 400); s_{i0} - ефективний діаметр часток, мм; t - температура води, °С

Сфера застосування формули Газена обмежена. Ця формула застосовується лише для пісків з ефективним діаметром від 0,1 до 3 мм і коефіцієнтом неоднорідності $K_n < 5$.

3.2.2. Метод піпетки

Метод піпетки застосовується для визначення гранулометричного складу глинистих ґрунтів (супіски, суглинки, глини).

Розподіл часток ґрунту на фракції ґрунтується на різній швидкості падіння їх у ґрунті при відмучуванні. Фракції визначаються шляхом відбору проби піпеткою з приготовленої суміші з визначеної глибини і через визначений час.

Обладнання: ваги технічні та аналітичні; циліндр об'ємом 1200-1300 мл, висотою 40-45 см, діаметром 6-7 см; піпетка на 25 мл; конічна колба зі зворотним охолоджувачем; фарфорова чаша; бюкси і тиглі; ступка з товкачиком; мішалка; секундомір; промивач; термометр; термостат.

Хід роботи

1.3 глинистого ґрунту беруть дві наважки (одну для визначення вологості ґрунту; другу - для аналізу методом піпетки) вагою для глини - 10 г, для суглинків - 15 г, для супісків - 20 г.

2. Наважку ґрунту переносять до конічної колби, заливають 20-кратною кількістю дистильованої води і додають 1 мл аміаку, кип'ятять на піщаній бані протягом 1 год.

3. Суспензію переносять на сито з отвором 0,1 мм і промивають над чашею, при цьому трохи розтирають до повного відмучування.

4. Залишок на ситі 0,1 мм змивають у тигель, воду випаровують, а осад висушують і просіюють через набір сит. Потім кожну фракцію зважують і визначають відсотковий вміст.

5. Суспензію із чаші зливають до циліндра і доливають до об'єму 1 л дистильованою водою.

6. Вимірюють температуру розчину, суспензію перемішують за допомогою мішалки до повного зникнення осаду на дні й залишають у стані спокою на час, зазначений у таблиці.

| Температура | 10 | 12 | 15 | 17 | 20 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Час відстоювання | 58 с | 55 с | 51 с | 48 с | 45 с |
| Час відстоювання | 24 хв | 22 хв | 22 хв | 20 хв | 18 хв |
| Час відстоювання | 20 | 19 | 17 | 16 | 15 |
| Час відстоювання | 5 год | 4 год | 4 год | 4 год | 3 год |

Відбирають першу пробу з глини 10 см, користуючись піпеткою.

По закінченню зазначеного часу суспензія, яку відібрали за допомогою піпетки, буде містити частки діаметром менше 0,05 мм.

7. Вміст піпетки зливають у попередньо зважений тигель або бюкс, воду випаровують, осад висушують і зважують.

Сумарний відсотковий вміст фракцій діаметром менше 0,05 мм

$$A\text{-с розраховують за формулою } X = \frac{A}{b},$$

де X - сумарний відсотковий вміст фракцій менше 0,05 мм; A - вага часток діаметром менше 0,05 мм, перерахована на весь об'

... . a-V

єм суспензії $A = \frac{a}{1+W}$, a - вага висушеного залишку в об'ємі піпетки; V та Vi - об'єми суспензії відповідно в циліндрі та піпетці; c - сумарний відсотковий вміст фракцій, взятих для аналізу (якщо не виконувався аналіз ситовим методом, то c завжди дорівнює 1 (100 %)); b - вага наважки ґрунту, яку було взято для аналізу методом піпетки, перерахована в абсолютно сухий стан B ($B = \frac{b}{1+W}$, де B = 10-20 г).

1+W

8. Для визначення вмісту в ґрунті фракцій менше 0,01 мм знову визначають температуру суспензії, перемішують і відстоюють відповідно до часу, зазначеного в таблиці.

9. Після відстоювання беруть в циліндрі другу пробу піпеткою з глибини 10 см від поверхні суспензії. Друга проба міститиме тільки частки діаметром менше 0,01 мм. Проба переноситься в бюкс, висушується, зважується і її сумарний відсотковий вміст визначається так, як і для фракції менше 0,05 мм.

10. При відборі третьої й четвертої проби глибина становить 5 см від поверхні суспензії, а час відстоювання зазначено в таблиці.

11. Визначивши сумарний відсотковий вміст у ґрунті фракцій діаметром < 0.05; < 0.01; < 0.002; < 0.001 мм, визначають вміст кожної фракції шляхом послідовного віднімання (напр., вміст фракції 0,05-0,01 мм визначають за різницею між відсотковим вмістом фракцій < 0,05 і < 0,01 мм).

Дані заносять до журналу.

| Дата | Наважка | Вологість ґрунту | Показники | о Л | 0,1-0,05 | 0,05-0,01 | 0,01-0,002 | 0,002-0,001 | < 0,001 |
|------|---------|------------------|----------------|-----|----------|-----------|------------|-------------|---------|
| | | | Номер і | | | | | | |
| | | | Вага фракції в | | | | | | |
| | | | Сумарний вміст | | | | | | |

3.2.3. Визначення гранулометричного складу глинистих ґрунтів аерометричним методом

Метод базується на вимірюванні щільності суспензії ареометром у процесі її відстоювання.

Обладнання: ваги технічні та аналітичні, фарфорова ступка з товкачиком, сушильна шафа, ексікатор, конічна колба об'ємом 500 см³ зі зворотним охолоджувачем, тиглі, скляний циліндр об'ємом 1 л, термометр, мішалка, секундомір, промивач, аерометр, розчин 20 % аміаку, фарфорова чашка.

Хід роботи

1. Суспензію готують так само, як і для методу піпетки, в об'ємі 1 л.
2. Після виміру температури суспензії її перемішують до повного зникнення осаду на дні.

3. Роблять відлік часу і обережно опускають в суспензію аерометр. При цьому спостерігають, щоб його цибулина не доторкалася до стінок циліндра. Знімають відмітки по шкалі ареометра через 30 с, 1, 2, 5, 30 і 60 хв; 3, 5, 6 і 24 год. Перші три значення (через 30 с, 1 та 2 хв) проводять, не виймаючи аерометр із суспензії. Під час наступних вимірів занурюють аерометр у суспензію за 5-10 с до початку вимірювання (попередньо необхідно витерти його насухо). Періодично виконують вимірювання температури суспензії. Результати вимірювань заносять до таблиці.

4. Для кожного відліку по аерометру (R_0) вводять поправку на висоту меніска (C) і температуру t . Спрощений відлік отримують шляхом відкидання одиниці, а кому переносять на три знаки праворуч (напр., відлік 1,0154 читають як 15,4). Поправку на висоту меніска вносять до відліку зі знаком "+". Температурну поправку беруть з таблиці.

Визначивши таким чином кінцевий відлік за аерометром (R), визначають за номограмою діаметр часток.

Всі шкали в номограмі, за винятком шкали VII, є постійними для аерометра. Правий бік шкали VII (шкалу R) наносять у лабораторії для кожного аерометра окремо під час його тарування.

5. Використовують номограму при визначенні діаметра часток таким чином: прикладають лінійку до шкали II і III в точках, що відповідають щільності суспензії й температурі ґрунту при замірі, і на перетині зі шкалою I отримують значення $A \cdot 10^3$ (співмножник у підкореневому виразі формули Стокса). Прикладавши лінійку до шкали VII і VI у точках, що відповідають кінцевому відліку ареометра R і часу даного заміру, на перетині лінійки зі шкалою V отримують швидкість падіння часток при даному замірі. З'єднавши шкали I і V в отриманих точках, на перетині лінійки зі шкалою IV знаходять шуканий діаметр часток при даному замірі.

6. Відсотковий вміст часток знаходять за формулою $p_5(100-C) \cdot l - k$
(p_5-1) b

де X - відсотковий вміст часток за сукупністю, тобто сумарний відсотковий вміст часток, розміром менше визначеного діаметра; C - відсотковий вміст часток діаметром більше 0,5 мм, отриманий в результаті ситового аналізу; b - вага наважки ґрунту в абсолютно сухому стані; P_s - щільність часток ґрунту, г/см³; R - спрощений кінцевий відлік за аерометром з поправкою на меніск і температуру.

7. Будують криву гранулометричного складу в напівлогари- фмічному

масштабі. За отриманою кривою графічно визначають відсотковий вміст фракцій розміром 0,5-0,25; 0,25-0,1; 0,1-0,05; 0,05-0,01 ;0,01-0,005; і менше 0,005 мм.

Для кожного зразка ґрунту виконують два паралельних визначення щільності ґрунту

| № | T | R | R | V | d | X |
|---|------|-------|-----|------|------|------|
| 1 | 30 с | 1 004 | 4 | 0 35 | 0 06 | 32 5 |
| 2 | 1 хв | 1 003 | 305 | 0 19 | 0 52 | 28 4 |
| 3 | 2 хв | 1 002 | 2 5 | 0 10 | 0 38 | 20 3 |
| 4 | 3 хв | 1 002 | 2 | 0 04 | 0 28 | 16 2 |
| 5 | 4 хв | 1 | 0 | 0 01 | 0 01 | 0 |

Рис. 5. Номограма для визначення діаметра часток

3.3. Щільність ґрунту

Ґрунти складаються не лише із твердих часток, а і з води, газів (повітря). Вміст води та газів в одному і тому самому ґрунті може змінюватися під впливом різних природних і техногенних факторів. Поряд із цим відбувається зміна маси ґрунту та його щільності. Розрізняють щільність ґрунту, щільність сухого ґрунту (щільність скелета), щільність часток ґрунту, щільність ґрунту під водою.

Щільність ґрунту ρ — відношення маси ґрунту (включаючи масу води в його порах) до об'єму ґрунту (включаючи об'єм пор).

Щільність сухого ґрунту ρ_d - відношення маси ґрунту (виключаючи воду в його порах) до об'єму ґрунту (включаючи об'єм йор).

Щільність часток ґрунту ρ_s - відношення маси ґрунту (виключаючи воду в його порах) до об'єму ґрунту (виключаючи об'єм йор).

Щільність осадових порід (піщаних, глинистих, пилуватих) залежить від їхньої пористості, вологості й менше від мінерального складу. Це можна пояснити широкими межами зміни пористості (вологості, газонасиченості) цих порід, різкою відмінністю щільності твердої, рідкої та газоподібної складової й порівняно стабільною щільністю породотвірних мінералів.

Величина щільності дисперсних ґрунтів (глинистих, лесових, піщаних) коливається від 1,3 до 2,2 г/см³.

Величина щільності твердих часток ґрунту визначається мінеральним складом і наявністю органічних речовин. Відповідно до щільності найбільш поширених породотвірних мінералів щільність твердих часток більшості ґрунтів змінюється від 2,5 до 2,8 г/см³. Наявність органічних речовин знижує щільність твердих часток ґрунту, оскільки їхня щільність невелика порівняно з мінеральною компонентою (щільність гумусу 1,25-1,4 г/см³), тому щільність твердої компоненти торфів і заторфованих ґрунтів суттєво нижча порівняно з мінеральними ґрунтами.

Визначення щільності ґрунтів

Для визначення щільності зв'язних ґрунтів зазвичай використовують метод різального кільця або метод парафінування, для пухких ґрунтів застосовують метод різального кільця.

3.3.1. Метод різального кільця

Обладнання: ваги технічні, штангенциркуль, різальне кільце з некородованого металу із загостреним краєм, діаметром не менше 50-70 мм і висотою не більше одного діаметра і не менше 0,5 половини діаметра, ніж.

Хід роботи

1. Вимірюють за допомогою штангенциркуля внутрішній діаметр і висоту кільця, обраховують його об'єм (V) і зважують кільце (g_1).

2. Поступово, без особливих зусиль, кільце вривається в моноліт ґрунту. Зайва частина породи обережно і акуратно відтинається ножом. Після того, як стовпчик ґрунту виступить над краєм кільця, зайву його частину зрізують урівень з нижнім і верхнім кінцями кільця. Кільце з ґрунтом зважують (g_2).

3. Розраховують щільність ґрунту за формулою

$$\rho = \frac{g_2}{V}$$

| | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------|----------|----------|
| g₁ | g₂ | g₂-g₁ | V₁ | v₂ | V | P | p |
| 19.7 | 23.9 | 4.2 | 4.6 | 13.8 | 9.6 | 2 | 2 |
| 19.8 | 24.0 | 4.2 | 4.6 | 13.8 | 9.6 | 2 | 2 |

Для розрахунку щільності сухого ґрунту необхідно брати наважки ґрунту 15-20 г для визначення природної вологості. Знаючи вологість ґрунту, щільність сухого ґрунту визначають за

$$P_{\text{нр}} = \frac{g_2 - g_1}{V} \cdot 100$$

формулою $P_{\text{нр}} = \frac{g_2 - g_1}{V} \cdot 100$ (г/см³).

1.3.3. **Визначення щільності ґрунтів з порушеною структурою**

Іноді для оцінки ступеня щільності пісків виникає необхідність визначити їхню щільність у порушеному та природному стані.

Обладнання: металевий стакан діаметром 5-7 см і об'ємом 250-500 см³ з насадкою, трамбівка, лійка, лінійка, розпушувач, технічні ваги.

Хід роботи

Визначення щільності піску в найбільш розуцільненому стані.

1. Зважують стакан на вагах (g₁).
2. Вставляють у стакан розпушувач і поступово через лійку наповнюють його повітряно-сухим піском. Після заповнення стакана виймають розпушувач. Лінійкою "на ребро" вирівнюють поверхню піску в стакані. Отримують об'єм піску (V), який дорівнює внутрішньому об'єму стакана.
3. Зважують стакан з піском (g₂) і розраховують щільність піску порушеної структури.

$$\rho_{\text{п}} = \frac{g_2 - g_1}{V}$$

де g₁ - вага порожнього стакана; g₂ - вага стакана з піском; V - об'єм стакана.

Дослід виконують щонайменше два рази і розраховують середнє значення.

Визначення щільності утрамбованого піску

1. Стакан наповнюють піском поступово і при цьому трамбують. Коли рівень піску буде вищим від краю стакана, надлишок знімають до рівня краю стакана.
2. Стакан з піском зважують і розраховують щільність піску (g₃)

$$\rho_{\text{т}} = \frac{g_3 - g_1}{V}$$

де g₁ - вага порожнього стакана; g₃ - вага стакана з ущільненим піском; V - об'єм стакана.

Дослід виконують щонайменше два рази і розраховують середнє значення.

Результати заносять до журналу.

| Пухкий стан | | | | | | Ущільнений стан | | | | | |
|----------------|----------------|--------------------------------|-------|---------|---------|-----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|---------|---------|
| вага | | вага піску, г | Об'єм | щільні | | вага | | вага піску, г | Об'єм піску, см ³ | щільні | |
| пустого | з піском | | | окремої | середня | пустого | з піском | | | окремої | середня |
| g ₁ | g ₂ | g ₂ -g ₁ | V | ρ | | g ₁ | g ₃ | g ₃ -g ₁ | V | ρ | |

| | | | | | | | | | | | |
|----|-----|-----|----|-----|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 73 | 223 | 149 | 10 | 1.4 | 1,50 | 73 | 236 | 162 | 100 | 1.6 | 1,6 |
| 73 | 225 | 152 | 10 | 1.5 | ε | 73 | 238 | 164 | 100 | 1.6 | ε |

Щоб зробити висновки про те, наскільки близький природний стан піску до гранично щільного або гранично пухкого стану, використовують характеристику, яку називають ступенем ущільненості або відносною щільністю піску.

$$D = \frac{\rho_{\text{таж}} - \epsilon}{\rho - \epsilon_{\text{тт}}}$$

де ϵ - коефіцієнт пористості піску в природному стані; $\epsilon_{\text{таж}}$ - коефіцієнт пористості піску в найбільш ущільненому стані; $\epsilon_{\text{тт}}$ - коефіцієнт пористості піску в найбільш пухкому стані.

За ступенем ущільненості піски поділяють (за К. Терцагі) на:

- > щільні - $1 > D > 0,67$
- > середньої щільності - $0,67 > D > 0,33$
- > пухкі - $0,33 > D > 0$.

Для характеристики здатності піску до ущільнення зазвичай використовують показник ущільненості піску

$$F = \frac{\epsilon - \epsilon_{\text{min}}}{\epsilon_{\text{max}} - \epsilon_{\text{min}}}$$

Він змінюється від 0 до 1, і чим ближче F до одиниці, тим більшу здатність до ущільнення має пісок.

Необхідно розрахувати ці показники для досліджуваного ґрунту і зробити відповідні висновки.

3.3.4. Визначення щільності часток ґрунту

Обладнання: пікнометри об'ємом 100 см^3 , ваги лабораторні, ступка з товкачиком, сушильна шафа, ексікатор, термометр, піщана баня, бюкси.

Хід роботи

1. Із подрібненого у фарфоровій ступці ґрунту відбирають середню пробу (15 г) і висушують у сушильній шафі до постійної ваги за температури $100-105 \text{ }^\circ\text{C}$.

2. До попередньо висушеного та зваженого пікнометра (g_1) через лійку засипають взятую наважку і зважують пікнометр із ґрунтом (g_2). Таким чином визначають точну вагу ґрунту g

$$(g = g_2 - g_1).$$

3. На одну третину об'єму пікнометр заливають дистильованою водою, деякий час збовтують і кип'ятять на піщаній бані: (піски і супіски - 30 хв (рахують з моменту закипання), суглинки і глини - 60 хв).

4. Після охолодження пікнометр доливають дистильованою водою при $t 18-20 \text{ }^\circ\text{C}$ до мірної позначки, ретельно витирають фільтрувальним папером і зважують (g_3).

5. Після зважування суспензію із пікнометра виливають, ретельно промивають його і наповнюють дистильованою водою з $t 18-20 \text{ }^\circ\text{C}$ до тієї ж позначки. Зважують пікнометр з водою (g_4).

Обробка результатів

Щільність часток ґрунтів необхідно розраховувати за формулою де ρ_s - щільність часток ґрунтів, г/см³; g - вага ґрунту; g_1 - вага пікнометра; g_2 - вага пікнометра з ґрунтом; g_3 - вага пікнометра з ґрунтом і водою; g_4 - вага пікнометра з водою; ρ_w - щільність води, г/см³. При температурі води 18-20 °С $\rho_w = 0,998$ г/см³.

Для кожного різновиду ґрунту визначення щільності часток ґрунту необхідно виконувати паралельно у двох пікнометрах і потім визначити середнє. Розбіжність між результатами допускається до 0,02 г/см³.

Результати дослідження реєструються в журналі.

| № | № пікнометра | Вага г | | | | | Щільність часток ґрунту, г/см ³ |
|---|--------------|------------|---------------------|--------|----------------------|--------------------|--|
| | | пікнометра | пікнометра із сухим | сухого | пікнометра з водою 1 | пікнометра з водою | |
| | | g1 | g2 | g | g3 | g4 | ρ_s |

3.4. Пористість ґрунтів

Під пористістю ґрунтів розуміють наявність у них дрібних порожнин. *Пористістю ґрунтів (n)* називають загальний об'єм пор в одиниці об'єму ґрунту.

Чисельно пористість дорівнює відношенню об'єму пор у ґрунті до об'єму ґрунту і виражається у відсотках

$$n = \frac{V_p}{V} \cdot 100 \%$$

Часто для характеристики пористості ґрунтів використовують *коефіцієнт пористості (e)*, який дорівнює відношенню об'єму пор до об'єму скелета ґрунту і виражається в частках одиниці

$$e = \frac{V_p}{V_s}$$

Пористість і коефіцієнт пористості є показниками ємнісних властивостей ґрунтів, оскільки пори є ємностями для інших компонентів. З урахуванням оцінки ізолюваності пор виділяють загальну, відкриту (активну) та закрити пористість.

Відкрита пористість ґрунту зумовлена з'єднаними порами, закрити - ізолюваними, а загальна враховує обидва види пор. Відкрита пористість обумовлює транспортні властивості ґрунту - його здатність пропускати крізь себе рідини та газу. Закрити пористість у процесах перенесення речовини не задіяна. Величина пористості коливається в широких межах у ґрунтах різних типів. Найменше її значення (частки відсотків) характерні для невивітрілих інтрузивних і метаморфічних ґрунтів, а найбільше (до 80 % і більше) - для високодисперсних осадових ґрунтів - мулів, глин.

Установлення пористості n грубоуламкових порід (галька, щебінь, гравій) і крупнозернистих пісків здійснюється шляхом визначення об'єму води, необхідного для повного заповнення пор у ґрунті. Для інших порід цей метод

виявляється непридатним через затиснення в порах породи повітря при заповненні водою. У таких випадках визначення пористості n та коефіцієнта пористості ϵ частіше за все розраховують за даними щільності часок ґрунту (ρ_d і щільності сухого ґрунту (ρ_s).

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} \cdot 100\% \quad \epsilon = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s - \rho_{sk}} \cdot 100\%$$

де ρ_s - щільність часток ґрунту; ρ_{sk} - щільність скелета.

Між пористістю та коефіцієнтом пористості існує таке співвідношення:

$$n = \frac{\epsilon}{1 + \epsilon}; \quad \epsilon = \frac{n}{1 - n}$$

1.1.1. Визначення пористості пісків методом насичення

Обладнання: скляний градуйований стакан об'ємом 250- 500 см³, бюретка на штативі, ваги технічні.

Хід роботи

1. Зважують градуйований стакан (g_1).
2. Наповнюють стакан повітряно-сухим піском до зазначеного об'єму (V) зі щільністю, за якої необхідно визначити пористість. Зважують стакан з піском (g_2).
3. Стакан з піском ставлять під бюретку і поступово насичують пісок водою до появи на його поверхні плівочки води. Відлік по бюретці дає об'єм води (V_B), яку витратили на насичення піску, тобто на заповнення наявних пор. Після цього пісок висушують і стакан зважують (g_3).
4. Розраховують пористість піску $n = 21.100\%$.
5. Одночасно розраховують показники щільності, що відповідають даній пористості ρ і ρ_d

$$\rho = \frac{g_3 - g_1}{V} \text{ г/см}^3; \quad \rho_d = \frac{g_2 - g_1}{V} \text{ г/см}^3.$$

Для кожного зразка ґрунту виконують два паралельних визначення пористості.

| Вага, г | | | | | Об'єм води, см ³ | Об'єм піску, см ³ | Пористість, % | Щільність ґрунту, г/см ³ | Щільність сухого ґрунту, |
|---------|-------------------------|----------------------------|--------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------|-------------------------------------|--------------------------|
| пустого | стакана із сухим піском | стакана з водою насиченого | сухого піску | піску, насиченого | | | | | |
| g_1 | g_2 | g_3 | $g_2 - g_1$ | $g_3 - g_1$ | K | V_n | n | ρ | ρ_d |
| 72 | 226 | 154.5 | | | 37 | 100 | 37 | 1.54 | 1.9 |

3.5. Пластичність ґрунтів

Під пластичністю ґрунту розуміють здатність ґрунту під дією зовнішніх зусиль змінювати форму (деформуватися) без розриву суцільності й зберігати надану їм форму після того, як дію зовнішньої сили усунуто.

Пластичність ґрунту тісно пов'язана з вологістю і змінюється залежно від

кількості та якості води, що є в ґрунті.

Пластичність ґрунтів проявляється у визначеному діапазоні вологості, межами якого є верхня границя пластичності або границя текучості (W_i) і нижня границя пластичності або границя розкочування ($fflp$).

Вологість, за якої ґрунт переходить із пластичного стану в текучий, називається верхньою границею пластичності (границя текучості).

Вологість, за якої ґрунт переходить із пластичного стану у твердий, називається нижньою границею пластичності (границя розкочування).

Інтервал вологості, у межах якого ґрунт перебуває в пластичному стані, називають *числом пластичності* і використовують для характеристики глинистих ґрунтів, водно-механічних і водних властивостей ґрунтів (при $1 < I_p > 7$ - супіски; $7 < I_p > 17$ - суглинки; $17 < I_p$ - глини).

У глин і суглинків розрізняють такі стани: а) твердий; б) пластичний; в) текучий.

При цьому вважають, що ґрунт перебуває у *твердому* стані, якщо його природна вологість менша від нижньої границі пластичності, тобто $W < W_p$.

Ґрунт перебуває в *пластичному* стані, якщо його природна вологість перевищує границю пластичності, але не перевищує вологості на границі текучості, тобто $W_p < W < W_l$.

Ґрунт перебуває в текучому стані, якщо його природна вологість вища від границі текучості ($ffl > W_l$).

Границі пластичності та число пластичності широко використовуються при класифікації глинистих ґрунтів, визначенні опору ґрунтів та оцінці стійкості ґрунтів.

З метою показу стану глинистих порід за вологістю в кількісному вигляді використовують показник консистенції:

$$a = \frac{W - W_l}{W_p - W_l}$$

При цьому розрізняють

- > глини тверді ($B < 0$),
- > глини пластичні ($0 < B < 1$),
- > глини текучі ($B > 1$).

Консистенція глинистих ґрунтів може визначатися, виходячи із залежності

$$a = \frac{W - W_l}{W_p - W_l}$$

При $a > 1$ - тверда консистенція;

- $0,75 < a < 1$ - напівтверда;
- $0,5 < a < 0,75$ - тугопластична;
- $0,25 < a < 0,5$ - м'якопластична;
- $0 < a < 0,25$ - текучопластична;
- $a = 0$ - текуча.

Визначення пластичності паралельно з визначенням вмісту глинистих фракцій у ґрунті дозволяє встановити показники, що характеризують гідрофільність глинистої фракції, її колоїдну активність та інші властивості

глинистих порід.

3.5.1. *Визначення верхньої границі пластичності (границя текучості)*

Ця границя визначається частіше за все за допомогою балансирного конуса Васильєва. Для цього використовується конус вагою 75 г з кутом загострення 30 і висотою 25 мм.

Обладнання: стандартний конус, стаканчик діаметром не менше 4 см і висотою не менше 2 см, ваги технічні, бюкси, ступка з резиновим товкачиком, сито з діаметром отворів 0,5 мм, фарфорова чашка, шпатель, сушильна шафа, ексікатор.

Хід роботи

1. Розтертий товкачиком повітряно-сухий ґрунт просівають через сито (0,5 мм), відбирають середню пробу, зволожують, перемішують і витримують добу в закритому посуді.

2. Після цього ґрунтову пасту ще раз ретельно перемішують і заповнюють стаканчик, поверхню згладжують шпателем урівень з краями стаканчика.

3. Стаканчик розміщують на підставці й до поверхні ґрунту підносять гостру частину конуса, який попередньо змащують вазеліном. Повільно розтискають пальці й вільно занурюють конус у ґрунтову масу під дією власної ваги.

4. Занурення конуса на глибину 10 мм (мітка на конусі) протягом 5 с указує на досягнення шуканої границі текучості.

Якщо глибина занурення конуса не становить 10 мм, ґрунтову масу виймають із стаканчика, додають трохи води, перемішують і знову повторюють випробування конусом.

Занурення конуса на глибину більше 10 мм указує на те, що вологість ґрунту перевищує шукану і вимагає підсушення ґрунту. У такому випадку ґрунтову масу виймають із стаканчика і деякий час перемішують, підсушуючи при цьому. Після цього знову повторюють випробування конусом.

5. При досягненні необхідних умов занурення конуса із стаканчика відбирають пробу в кількості 10-15 г. Визначення вологості виконують звичайним шляхом.

Для кожного зразка ґрунту виконують два паралельних визначення.

Результати записують до журналу.

| Дата | № бюкса | Вага, г | | | | | Нижня границя | |
|------|---------|---------|-----------------|----------------|------------|---------------|---------------|---------|
| | | бюкса | бюкса з вологим | бюкса із сухим | ВОЛОГ И | сухого ґрунту | окремої проби | середня |
| | | 22.3 | 52.7 | 46.4 | 6.3 | 24.1 | 0.26 | 0,255 |
| | | 21.3 | 58.3 | 50.7 | 7.6 | 29.4 | 0.25 | |

3.5.2. *Визначення нижньої границі пластичності (границя розкочування)*

Визначається стандартним шляхом - розкочуванням породи в шнурочок

(джгутик).

Хід роботи

1. Частину приготовленої заздалегідь ґрунтової маси підсушують шляхом неодноразового перемішування, після чого беруть невелику кількість і долонею на склі розкочують у тонкий джгутик діаметром близько 3 мм.

2. Вологість на нижній границі пластичності вважається досягнутою, коли джгут із ґрунтової маси діаметром близько 3 мм стане покриватися тріщинами і кришитися на шматочки довжиною 3-10 мм.

Якщо ґрунтову масу розкачати в джгут діаметром 3 мм неможливо (ґрунт розсипається), то роблять висновки про те, що даний ґрунт границі розкочування не має (непластичний).

3. Після закінчення розкочування шматочки триміліметрового джгута збирають у бюкс (10-15 г) і визначають вологість, яка буде відповідати нижній границі пластичності.

Для кожного зразка ґрунту виконують два паралельних визначення. Розбіжність між результатами паралельних визначень допускається не більше 2 %. Результати записують до журналу.

| Дата | № бюкса | Вага, г | | | | | Нижня границя | |
|------|---------|---------|-----------------|----------------|---------|--------|---------------|---------|
| | | бюкса | бюкса з ВОЛОГИМ | бюкса із СУХИМ | ВОЛОГ И | сухого | окремої проби | середня |

Знайшовши нижню і верхню границю пластичності, можна розрахувати число пластичності

$$I_p = (W_t - W_p) 100\%$$

Використовуючи прийнятну класифікацію ґрунтів за числом пластичності, необхідно визначити досліджуваний ґрунт.

3.6. Розмокання ґрунтів

Під розмоканням ґрунтів розуміють їхню здатність при зволоженні втрачати зв'язність і перетворюватися в пухку масу з повною втратою несучої здатності. Розмокання ґрунтів відбувається в результаті поступового послаблення водонестійких структурних зв'язків між елементарними частками або агрегатами ґрунту в процесі гідратації. Здатність до розмокання мають дисперсні ґрунти з розчинним, водонестійким або глинистим цементом. Базуючись на роботах В. В. Охотіна (1933), можна зробити такі висновки стосовно розмокання ґрунтів. Так, наприклад, водомірність легких суглинків досить мала. Розмокання середніх суглинків залежить від величини та характеру їхніх пор: за наявності малої пористості розмокання знижується з підвищенням вмісту глинистих часток, за великої пористості вона значна незалежно від вмісту в них глинистих часток. Розмокання важких суглинків у воді залежить від вмісту глинистих часток: з їхнім збільшенням вона підвищується. У глин з великою пористістю спостерігається така ж залежність, у глин з малою пористістю величина водомірності наближається до максимального значення. Дуже велика швидкість

розмокання характерна для лесових суглинків і особливо лесів, вони розмокають майже миттєво з характерним виділенням затисне них бульбашок повітря.

Показниками розмокання ґрунтів є:

> час, протягом якого зразок ґрунту, поміщений у воду, утрачає зв'язність і розпадається;

> характер розпаду.

Залежно від мети дослідження швидкість і характер розмокання визначають на зразках природної будови і вологості або на зразках з порушеною структурою, але ущільнених до певного стану за відповідної вологості.

Визначення розмокання ґрунту

Обладнання: прилад для визначення швидкості й характеру розмокання ПРГ-І, ніж, різальне кільце, секундомір.

Хід роботи

1. Посудину приладу ПРГ-І заповнюють водою (дистильованою або близькою за складом до тієї, яка буде впливати на ґрунт) на 10 мм нижче верхнього краю посудини. Упевнившись у тому, що стрілка стоїть на нульовій позначці, виконують підготовку зразка.

2. Із моноліту вирізають кубик розміром 30x30x30 мм або циліндр діаметром 30 мм і висотою 30 мм. Одночасно відбирають пробу для визначення природної вологості ґрунту.

3. Кубик ґрунту встановлюють на сітку приладу, яку потім плавно занурюють у воду і записують початковий відлік. Усі зміни з ґрунтом, як кількісні так і якісні, заносять до журналу.

| Дата | Час | Характер | Приміт |
|------|-----|--|--------|
| | 0 | При опусканні | 15 |
| | 10 | волу спочатку | 10 |
| | 20 | випілення | ? |
| | 30 | компоненти (бульбашки), з'являються тріщини розколювання, по яких потім | 0 |

Показники шкали знімають через 1, 5, 10, 30, 60 хв. Під час замірів зміни стану зразка інтервали між спостереженнями збільшують до одного разу на добу. Дослід вважається закінченим, коли ґрунт повністю провалиться крізь сітку на дно посуду або коли процес розмокання припиниться, і зразок зберігає свій стан без зміни протягом тривалого часу.

Для описання процесу розмокання іноді розраховують відсо- $N - N$ ток розпаданя зразка за визначений час. $I = \frac{N - N_0}{N} \cdot 100\%$, де I - відсоток розпаду ґрунту; N_0 - початкова числова відмітка шкали; N - відмітка шкали в процесі розмокання.

При визначенні швидкості розмокання ґрунту з порушеною структурою розтертий і просіяний через сито (0,5 мм) повітряно-сухий ґрунт заливають

водою і готують робочу ґрунтову масу такої консистенції, за якої вона не прилипає до рук при розкочуванні. Після того відбирають пробу і виконують визначення так, як і для ґрунту непорушеної структури.

3.7. Набухання ґрунтів

Набуханням ґрунту називають збільшення його об'єму при взаємодії з водою. Найбільше воно проявляється в слабкоцементованих переущільнених ґрунтах, які формуються в умовах посух і містять глинисті мінерали (типу монтморилоніт), а також органічні речовини. У ґрунтах, що набухають, спостерігається зменшення щільності, перехід із твердої та напівтвердої консистенції в пластичну, зниження в декілька разів міцнісних характеристик.

Набухання ґрунтів може спостерігатися при проходженні котлованів і виямок і призводити до деформації та руйнування дорожнього полотна, фундаментів.

Характеристики набухання визначають за відносною деформацією в умовах, що виключають можливість бокового розширення при насиченні ґрунту водою.

За показники, що характеризують набухання ґрунтів, беруть абсолютне набухання ($D_{\text{аб}}$), відносне набухання (S), вологість ґрунту до початку (W_0) і після набухання (W_k).

Визначення набухання ґрунту

Обладнання: прилад набухання ґрунтів (ПНГ), ніж, технічні ваги, сушильна шафа, ексікатор.

Хід роботи

1. За допомогою різального кільця приладу (попередньо зваженого на технічних вагах (g_1)) відбирають із моноліту пробу ґрунту. Кільце ретельно зачищають з обох боків і знову зважують (g_2).

2. Кільце з ґрунтом установлюють у прилад, який складається з перфорованого піддону з гніздом для кільця і верхнього перфорованого штампі. Знизу і зверху ґрунт перекладають фільтрувальним папером. Зверху на робоче кільце одягають направляюче кільце.

3. Зібраний таким чином прилад установлюють у металеву або скляну ванночку. На приладі за допомогою гвинтів кріплення встановлюють індикатор. При цьому ніжка індикатора має торкатися виступу на штампі, а стрілки виставляються в нульове положення.

4. У ванночку наливають воду до середини робочого кільця. Відліки по індикатору беруть через 5, 10, 20, 30 хв, далі через 2 год протягом робочого дня, а потім через 24 год до досягнення умовної стабілізації. Дослід вважається завершеним, якщо приріст показників індикатора за одну добу не перевищує 0,02 мм.

5. Після завершення набухання зразка ґрунту необхідно кільце з вологим ґрунтом (без фільтрів) зважити (g_3), а ґрунт з кільця висушити в сушильній шафі й після охолодження в ексікаторі також зважити (g_4).

Обробка результатів

1. Початкова та кінцева вологість розраховується відповідно за формулами

$$W = \frac{g_1 - g_4}{g_3 - g_4} \cdot 100$$

2. Необхідно також визначити величину абсолютної деформації (набухання) ґрунту (Ай), мм.

$$Ай = й_к - h_0$$

де $й_к$ - кінцевий відлік за індикатором, мм; h_0 - початковий відлік за індикатором, мм.

3. Величину відносного набухання зразку (5) розраховують за формулою

$$Ай$$

де h - початкова висота зразка (висота кільця), мм.

4. Будується графік зміни величини абсолютного набухання в часі.

3.8. Усадка ґрунту

Характеристики усадки ґрунтів визначають в умовах вільної тривісної деформації при висиханні ґрунту.

Причинами зменшення об'єму ґрунтів при їхньому зневодненні є зменшення товщини водних плівок навколо часток, поступове зближення часток і перетворення коагуляційних контактів у точкові. За рахунок цього об'єм ґрунту та його пористість поступово зменшується.

Усадка ґрунтів залежить від вихідного співвідношення твердої, рідкої та газової компоненти ґрунту. У процесі усадки співвідношення між цими компонентами змінюється.

Усадка ґрунтів може виникати не лише при висиханні, але й при будь-якому механізмі їхнього зневоднення. Наприклад, унаслідок дії осматичного зневоднення. Усадка залежить від загального вмісту солей в ґрунті. Значну усадку можуть мати як засолені (напр., морські мули), так і незасолені (прісноводні мули) ґрунти.

Дослідження для визначення тривісної усадки ґрунту необхідно виконувати до повної втрати ним вологості. За показники, що характеризують усадку ґрунту, беруть величини усадки за висотою (5Д, діаметром (5d), об'ємом (5у) і вологістю усідання (W_y).

Визначення величини усадки ґрунтів

Обладнання: різальне кільце, ваги технічні, сушильна шафа, штангенциркуль, технічний вазелін.

Хід роботи

1. За допомогою штангенциркуля вимірюють діаметр (d) і висоту кільця (h), змазують внутрішню поверхню технічним вазеліном і зважують на технічних вагах (g).

2. Із моноліту природної структури вирізають зразок за допомогою різального кільця або різальне кільце заповнюють приготовленою ґрунтовою пастою (утворення пустот не допускається).

3. Кільце з ґрунтом зважують (g_1) і висушують зразок на повітрі протягом 2-4 діб, не виймаючи із кільця. Потім переносять його до сушильної шафи і при температурі 105 °С висушують до постійної ваги.

4. Після цього зразок зважують (g_2) і роблять контрольне вимірювання діаметра (d_0) і висоти зразка (h_0).

Обробка результатів

1. За результатами випробування необхідно:
 - а) визначити об'єм ґрунту (см^3) на початку і в кінці дослідження за формулою

$$\pi \cdot \frac{nd^2}{4}$$

4'

де d - діаметр зразка в момент заміру, визначений як середнє арифметичне вимірів у трьох напрямках, см; h - висота зразка в момент вимірювання, см.

б) розрахувати усадку за висотою, діаметром і об'ємом за формулами відповідно

$$\frac{g}{h} \frac{h-h'}{h}$$

$$\frac{d-d'}{d}$$

$$\frac{V-V'}{V}$$

V

в) розрахувати вологість усідання $w_{\wedge} V_{T\wedge}$

де ρ_w - щільність води, г/см³, W_o - початкова вологість ґрунту, визначена за формулою

$$\frac{(g_1 - g) \sim g_2}{g_2}$$

Розрахунки заносять до

| журналу Досліджувані параметри | Розрахунок і величина | |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------|
| | до початку | ПІСЛЯ досліду |
| Вага зразка ґрунту г | 142 | 123 |
| Висота зразка | 2.05 | 2 |
| Діаметр зразка | 5.66 | 5.5 |
| Об'єм зразка ґрунту | 51.6 | 47.5 |
| Вологість л ол | 0.16 | 0.13 |

4. НОРМАТИВНІ ТА РОЗРАХУНКОВІ ПОКАЗНИКИ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ

Розрахункові показники ґрунтів, що використовуються для оцінки ступеня стійкості споруд, схилів та укосів, мають установлюватися з належною відповідальністю з метою унеможливлення помилок. Також необхідно враховувати і те, що зниження показників викликає різке збільшення об'ємів робіт, ускладнення захисних конструкцій і, як наслідок, збільшення термінів будівництва та його подорожчання.

При встановленні розрахункових показників необхідно враховувати такі фактори:

- > специфічні умови накопичення відкладів (генезис, фація) і наступного формування та зміни порід (діагенез, метаморфізм, гіпергенез);
- > зміна властивостей порід зазвичай відбувається як за простяганням пласта, так і з глибиною;
- > можливість використання усереднених дослідних даних.

Нормативні та розрахункові показники фізико-механічних властивостей ґрунтів визначаються шляхом статистичної обробки результатів випробувань ґрунтів, що становлять різні ґрунтові об'єкти (основи споруд, схили, масиви, що містять підземні споруди, ґрунтові споруди) і застосовують при інженерно-геологічних вишукуваннях і проектуванні.

Ґрунти, що досліджуються, попередньо поділяють на інженерно-геологічні елементи з урахуванням їхнього походження, текстурно-структурних особливостей та виду.

Характеристики ґрунтів у кожному попередньому виділенні ІҒЕ аналізують з метою встановлення і виключення значень, які різко відрізняються від більшості значень, якщо вони спричинені помилкою під час експерименту або належать до іншого ІҒЕ.

Остаточне виділення ІҒЕ проводять на основі оцінки характеру просторової мінливості характеристик ґрунтів та їхнього коефіцієнта варіації. При цьому необхідно встановити, чи змінюються характеристики ґрунтів у межах попередньо виділених ІҒЕ і простежити, чи не має місце їхня закономірна зміна в яко-му-небудь напрямку, частіше з глибиною.

Для виділення ІҒЕ поряд з фізичними та механічними характеристиками ґрунтів можна використовувати величини або показники, отримані при зондуванні, які підтверджені лабораторними дослідженнями.

Для оцінки характеру просторової мінливості характеристик їх наносять на інженерно-геологічні розрізи в точках їхнього визначення та будують графіки зондування.

Якщо встановлено, що характеристики ґрунтів змінюються в межах попередньо виділеного ІҒЕ випадково, то такий елемент беруть за кінцевий незалежно від значення коефіцієнта варіації характеристик. В єдиний інженерно-геологічний елемент можуть увійти товщі, представлені тонкими шарами, які часто чергуються (не менше 20 см) шарами і лінзами ґрунтів різного виду. Пласти та лінзи, складені пухкими пісками, глинистими ґрунтами з показником текучості більше 0,75, мулами, сапропелями, заторфованими ґрунтами та торфами, потрібно розглядати як окремі інженерно-геологічні елементи незалежно від їхньої потужності.

При проведенні додаткового розділення попередньо виділеного ІҒЕ, визначаючи границі нових ІҒЕ, потрібно враховувати:

- > тенденцію до різкої зміни характеристик ґрунтів;
- > положення рівня підземних вод;
- > наявність зон просадочних, набухлих і засолених ґрунтів і ґрунтів з домішками органічної речовини;
- > наявність у скельних породах зон різного ступеня вивітрювання;
- > наявність зон ґрунтів з різною консистенцією.

Статистичну обробку результатів випробувань проводять також для оцінки неоднорідності ґрунтів, виділених інженерно-геологічних елементів (ІҒЕ) і розрахункових елементів (РҒЕ) тощо.

Неоднорідність ґрунту оцінюють за допомогою коефіцієнта варіації характеристик ґрунту.

Для порівняння неоднорідності за різними характеристиками може застосовуватися порівняльний коефіцієнт варіації.

Статистичну обробку проводять для окремих значень характеристик ґрунтів, які становлять випадкову вибірку.

Для всіх характеристик ґрунту знаходять нормативні, а для характеристик, які використовують для розрахунків - розрахункові значення.

Нормативні значення характеристик визначають як середньо- статистичні, отримані шляхом усереднення їхніх окремих значень.

Розрахункові значення отримують у результаті ділення нормативного значення на коефіцієнт надійності по ґрунту.

Коефіцієнт надійності по ґрунту має встановлюватися з урахуванням мінливості й числа визначення характеристик (числа випробувань) за заданої довірчої ймовірності. (Довірча ймовірність - ймовірність того, що довірчий інтервал накріє невідоме істинне значення параметра, що оцінюється за даними вибірки.

Значення довірчої ймовірності при визначенні розрахункових значень характеристик ґрунту беруться відповідно до рекомендацій норм проектування різних видів споруд.

Необхідно зазначити, що за вимогами норм проектування різних видів споруд при визначенні розрахункового значення характеристики можуть вводитися й інші коефіцієнти, які враховують вплив факторів, що не можуть бути враховані статистичним шляхом.

Для окремих характеристик ґрунтів за вимогою норм проектування різних видів споруд їхні розрахункові значення можуть бути взяті рівними нормативним значенням.

Дослідні дані, для яких проводиться статистична обробка, мають бути отримані одним методом випробування.

При статистичній обробці повинно бути не менше шести визначень для досліджуваної характеристики.

4.1. Визначення нормативних і розрахункових показників фізико-механічних властивостей ґрунтів

Хідроботи

Визначення нормативних і розрахункових показників фізико- механічних властивостей ґрунтів виконується відповідно до ДСТУ Б В.2.1-5-96 "ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань".

1. Нормативне значення X_n для всіх фізичних (вологість, щільність, характеристика пластичності тощо) і механічних властивостей ґрунтів (модуль деформації, відносного просідання і набухання і т. д.) беруть рівним середньому арифметичному значенню X (середнє значення - середньоарифметичне з окремих значень, що утворюють вибірку незалежних один від одного і від просторових координат величин)

де n - число визначення характеристики; X_i - окремі значення характеристики, отриманні за результатами окремих і-випробувань.

Для фізичних характеристик ґрунтів, які розраховуються за формулами (коефіцієнт пористості, число пластичності тощо) залежно від величин, що

визначаються дослідним шляхом, і для компресійного модуля деформації їхні нормативні значення можуть бути встановлені, виходячи з нормативних значень вимірних під час дослідів величин.

2. Нормативне значення показника беруть рівним середньому значенню з точністю до 0,01.

3. Розраховуємо середнє квадратичне відхилення - ступінь відхилення дослідних даних від вибіркового середнього значення або від функціональної залежності (виражається в абсолютних одиницях). Визначається за формулою:

Виконують статистичну перевірку для виключення можливих помилок, які залишилися після аналізу дослідних даних. Виключають те окреме (максимальне або мінімальне) значення X_{iz} яке задовольняє умову де v - статистичний критерій, який береться залежно від кількості визначень n характеристики за таблицею (при $n = 20$ $v = 2,78$).

Якщо будь-яке значення характеристики виключено, необхідно знову знайти $X_{i, S}$ для значень, що залишилися.

4. Розраховуємо коефіцієнт варіації - ступінь відхилення дослідних даних від вибіркового середнього значення виражається в частках одиниці або відсотках. Визначаємо коефіцієнт варіації V і показник точності середнього значення досліджуваної характеристики p_f

де I_a - коефіцієнт, який береться залежно від довірчої ймовірності a і числа ступенів свободи $K = n - 1$ ($a = 0,95, K = 19, t_a = 1,73; a = 0,85, K = 19, t_a = 1,07$).

5. Перевіряємо величину отриманого значення коефіцієнта варіації з його допустимим значенням для фізичних властивостей ($R_{доп} = 0,15$) і для фізико-механічних властивостей ($R_{доп} = 0,3$). У разі необхідності виконуємо відбракування у виборці вихідних даних.

6. Розраховуємо коефіцієнт надійності по ґрунту y_g

7. Знак перед p_a беруть таким, щоб забезпечити більшу надійність споруди чи основи

$$\frac{1}{\alpha} \left(\frac{1}{\beta} + p \right) y_g^2 \left(\frac{1}{\beta} + p \right)$$

8. Розраховують розрахункове значення X характеристики ґрунту за формулою

$$X = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{1}{\beta} + p \right) y_g^2 \left(\frac{1}{\beta} + p \right)$$

Розрахунки виконують для $a = 0,95, a = 0,85$.

Для перевірки і порівняння отриманих величин нормативних і розрахункових показників досліджуваних фізичних або фізико-механічних властивостей ґрунтів порівнюємо їх з табличними значеннями для певних ґрунтів.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Варіант 1

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пустотності, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, м | Довжина, м | Заповнюв |
|-------------|--|---------------|-------------------|----------|--------|-----|-----------|------------|------------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1439 | Залізистий кварцит червонувато-жовтий з прожилками, збагачений гематитом, силь- | Тектонічні | 10 | 200 | | 00 | 1 | 1,0 | відкриті |
| | | | 12 | | 250 | 25 | 2 | 1,7 | |
| | | | 10 | | 10 | 75 | 1 | 0,7 | |
| | | | 10 | | 80 | 75 | 1 | 0,7 | |
| | | | 12 | 130 | | 00 | 2 | 0,7 | |
| | | | 10 | | 210 | 75 | 2 | 0,6 | |
| | | | 10 | 110 | | 00 | 1 | 1,7 | |
| | | | 10 | | 56 | 00 | 1 | 0,5 | |
| | | | 10 | 200 | | 00 | 2 | 1,2 | |
| | | | 8 | 140 | | 00 | 2 | 1,7 | |
| | | | 6 | 240 | | 00 | 2 | 0,0 | |
| | | | 10 | | 210 | 82 | 1 | 0,8 | |
| | | | 10 | | 40 | 62 | 1 | 0,0 | |
| 5 | | 200 | 61 | 2 | 1,8 | | | | |
| 12 | 210 | | 00 | 1 | 1,7 | | | | |
| 10 | | 110 | 25 | 1 | 1,5 | | | | |
| 1423 | Вапняки доломітизовані, світло-сірі, з рідкими прошарками вапняковистих піщаників потужністю | Напластування | 7 | | 100 | 75 | 2 | 1,2 | відкрікаль |
| | | | 4 | | 120 | 50 | 1 | 0,7 | |
| | | | 6 | 110 | | 00 | 2 | 1,2 | |
| | | | 5 | 10 | | 00 | 2 | 0,7 | |
| | | | 5 | 210 | | 00 | 2 | 0,4 | |
| | | | 10 | 100 | | 00 | 1 | 0,0 | |
| | | | 10 | 10 | | 00 | 1 | 0,8 | |
| | | | 8 | 40 | | 00 | 2 | 1,7 | |
| | | | 6 | | 200 | 58 | 2 | 1,2 | |
| | | | 10 | 20 | | 00 | 1 | 0,4 | |
| | | | 7 | 200 | | 00 | 1 | 0,8 | |
| | | | 10 | | 20 | 72 | 1 | 0,5 | |
| | | | 5 | | 20 | 56 | 2 | 0,5 | |
| | | | 10 | | 120 | 50 | 2 | 0,0 | |
| | | 5 | | 200 | 32 | 1 | 1,4 | | |
| 10 | 280 | | 00 | 1 | 1,7 | | | | |
| Кл | | | 20 | 210 | | 00 | 0,5 | 0,8 | каль |
| | | | 20 | | 100 | 21 | 0,5 | 0,0 | |

Варіант 2

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пористості, дати аналіз отриманих результатів

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, м | Довжина, м | Заповнювач |
|-------------|--|------------------------|-------------------|----------|--------|-----|-----------|------------|------------------------------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1270 | Вапняки світло-сірі, масивні, з рідкими прошарками кременистих сланців потужністю 5-10 см, розбиті великою | Нашарування тектонічні | 5 | — | 270 | 75 | 2 | 0,2 | відкри кварцит кальцит |
| | | | 4 | — | 350 | 90 | 10 | 2,0 | |
| | | | 3 | 270 | — | 90 | 2 | 1,5 | |
| | | | 3 | — | 340 | 52 | 7 | 1,7 | |
| | | | 3 | — | 310 | 35 | 2 | 1,3 | |
| | | | 2 | — | 140 | 63 | 2 | 2,1 | |
| | | | 5 | — | 0 | 72 | 2 | 2,2 | |
| | | | 5 | — | 90 | 45 | 1 | 2,6 | |
| | | | 4 | 0 | — | 90 | 1 | 1,0 | |
| | | | 10 | — | 200 | 45 | 2 | 0,5 | |
| | | | 4 | — | 250 | 85 | 10 | 0,5 | |
| | | | 7 | — | 260 | 75 | 1 | 0,7 | |
| | | | 4 | 30 | — | 90 | 2 | 1,2 | |
| | | | 4 | 270 | — | 90 | 2 | 1,3 | |
| | | | 3 | 180 | — | 90 | 3 | 2,3 | |
| | | | 2 | — | 310 | 72 | 2 | 2,8 | |
| 5 | — | 320 | 56 | 4 | 2,5 | | | | |
| 3 | — | 320 | 25 | 10 | 0,7 | | | | |
| 1686 | Вапняки світло-сірі, мармуризовані, масивні, із прошарками кременистих сланців потужністю 2-10 см, | Нашарування тектонічні | 9 | — | 85 | 85 | 2 | 0,7 | кальцит відкритий |
| | | | 7 | — | 10 | 75 | 2 | 0,6 | |
| | | | 8 | — | 110 | 85 | 1 | 1,7 | |
| | | | 3 | — | 340 | 16 | 2 | 1,8 | |
| | | | 10 | — | 0 | 76 | 1 | 1,5 | |
| | | | 12 | — | 90 | 78 | 1 | 2,3 | |
| | | | 16 | — | 170 | 32 | 1 | 2,0 | |
| | | | 7 | — | 40 | 35 | 1 | 2,7 | |
| | | | 5 | — | 150 | 65 | 1 | 2,9 | |
| | | | 12 | 180 | — | 90 | 1 | 3,0 | |
| | | | 7 | — | 30 | 78 | 1 | 3,1 | |
| | | | 4 | — | 110 | 72 | 1 | 2,6 | |
| | | | 8 | — | 20 | 76 | 1 | 2,5 | |
| | | | 10 | — | 0 | 10 | 1 | 0,7 | |
| 5 | — | 330 | 25 | 1 | 0,9 | | | | |
| 4 | — | 20 | 65 | 1 | 2,0 | | | | |

Варіант 3

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пустотності, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, м | Заповнює |
|-------------|---|------------|-------------------|----------|--------|-----|---------|------------|----------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1439 | Залізистий кварцит червонувато-жовтий з прожилками, збагачений гематитом, силь-нотріщинуватий. Заміри | Тектонічні | 10 | 290 | 90 | 1 | 1.0 | відкриті | |
| | | | 12 | 250 | 35 | 2 | 1.7 | | |
| | | | 10 | 10 | 75 | 1 | 2.2 | | |
| | | | 10 | 80 | 72 | 1 | 0.7 | | |
| | | | 12 | 130 | 90 | 2 | 0.7 | | |
| | | | 10 | 210 | 75 | 2 | 2.6 | | |
| | | | 10 | 110 | 90 | 1 | 1.7 | | |
| | | | 10 | 56 | 90 | 1 | 2.5 | | |
| | | | 10 | 290 | 90 | 2 | 1.2 | | |
| | | | 8 | 140 | 90 | 2 | 1.7 | | |
| | | | 6 | 240 | 90 | 3 | 2.9 | | |
| | | | 10 | 310 | 82 | 1 | 0.8 | | |
| | | | 10 | 40 | 63 | 1 | 2.0 | | |
| | | | 5 | 300 | 61 | 2 | 1.8 | | |
| 12 | 310 | 90 | 1 | 1.7 | каль | | | | |
| 10 | 110 | 35 | 1 | 1.5 | | | | | |
| 1676 | Сланці філітові, тонкорозсла-нцьо- вані, які дають при вивітрюванні тонкий листовий щебінь. Зустрічаються | Нап | 20 | 100 | 63 | 2 | 2.0 | відкриті | |
| | | | 10 | 130 | 69 | 1 | 1.4 | | |
| | | | 14 | 115 | 66 | 1 | 1.5 | | |
| | | Тектонічні | 4 | 205 | 65 | 1 | 1.7 | відкриті | |
| | | | 10 | 0 | 62 | 1 | 1.9 | | |
| | | | 8 | 300 | 33 | 2 | 2.3 | | |
| | | | 14 | 80 | 15 | 1 | 2.7 | | |
| | | | 5 | 350 | 58 | 2 | 0.7 | | |
| | | | 4 | 80 | 22 | 1 | 0.9 | | |
| | | | 4 | 20 | 69 | 1 | 1.9 | | |
| | | | 6 | 320 | 31 | 1 | 1.4 | | |
| | | | 7 | 160 | 22 | 1 | 0.5 | | |
| | | | 4 | 260 | 36 | 1 | 0.8 | | |
| | | | 5 | 20 | 78 | 1 | 0.9 | | |
| | | | 12 | 60 | 41 | 1 | 1.6 | | |
| | | | 4 | 200 | 75 | 1 | 1.7 | | кварцит |
| 2 | 180 | 62 | 2 | 1.5 | | | | | |
| 14 | 20 | 85 | 1 | 3.0 | | | | | |
| 8 | 80 | 43 | 3 | 2.2 | | | | | |

Варіант 4

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пустотності, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, | Заповнює |
|-------------|---|-------------|-------------------|----------|-------|-------|---------|----------|----------|
| | | | | азимут | нахил | кут | | | |
| 1239 | Вапняки чорні, крупнокристалічні, бітумінозні, 3 різким запахом сірководню, розбиті великою кількістю тріщин, | Нап | 10 | | 325 | 25 | 1 | 2,7 | відкриті |
| | | | 12 | | 300 | 25 | 2 | 1,6 | |
| | | | 7 | | 270 | 25 | 1 | 2,4 | |
| | | Тектонічні | 2 | | 355 | 85 | 1 | 1,7 | кальцит |
| | | | 8 | | 70 | 63 | 1 | 1,0 | |
| | | | 5 | | 340 | 22 | 2 | 0,2 | |
| | | | 2 | | 170 | 75 | 1 | 1,7 | |
| | | | 6 | | 260 | 86 | 2 | 2,0 | |
| | | | 2 | | 10 | 25 | 2 | 2,5 | |
| | | | 7 | | 215 | 70 | 2 | 1,2 | |
| | | Кліваж | 4 | | 120 | 70 | 1 | 2,7 | кальцит |
| | | | 6 | 100 | | 00 | 1 | 2,6 | |
| | | | 2 | | 0 | 62 | 2 | 2,5 | |
| | | | 6 | 205 | | 00 | 2 | 2,0 | |
| | | | 4 | 20 | | 00 | 2 | 2,2 | |
| 2 | 135 | | | 00 | 2 | 1,2 | | | |
| Тектонічні | 15 | | 340 | 35 | 1 | 2,0 | ка | | |
| | 5 | | 10 | 25 | 2 | 2,5 | | | |
| | 3 | - | 140 | 70 | 2 | 2,0 | | | |
| 1270 | Вапняки світло-сірі, потужні 3 рідкими прошарками кременистих сланців потужністю 5-10 см, розбиті | Напластуван | 5 | | 270 | 75 | 2 | 0,2 | відкриті |
| | | | 4 | 350 | | 00 | 10 | 2,0 | |
| | | | 2 | 270 | | 00 | 2 | 1,5 | |
| | | | 2 | | 340 | 52 | 7 | 1,7 | |
| | | | 2 | | 310 | 35 | 2 | 1,2 | |
| | | | 2 | | 140 | 63 | 2 | 0,7 | |
| | | Тектонічні | 5 | | 0 | 72 | 2 | 2,2 | кварцит |
| | | | 4 | | 00 | 45 | 1 | 2,6 | |
| | | | 2 | 340 | | 00 | 2 | 1,6 | |
| | | | 5 | 0 | | 00 | 1 | 1,0 | |
| | | | 10 | | 200 | 45 | 2 | 0,5 | |
| | | | 4 | | 250 | 85 | 10 | 0,5 | |
| | | | 7 | | 260 | 75 | 1 | 0,7 | |
| | | | 4 | 20 | | 00 | 2 | 1,2 | |
| | | | 4 | 270 | | 00 | 2 | 1,2 | |
| 3 | 180 | - | 90 | 3 | 2,3 | каль- | | | |

Варіант 5

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пористості, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, м | Заповнює | | |
|-------------|--|---------------|-------------------|----------|--------|-----|---------|------------|-----------|-----|-------------------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | | | |
| 1264 | Вапняки доломатизовані, сірі, закремнені, дуже щільні, кріпкі, сильнотріщинуваті. Тріщини тектонічні з рівними | Напластування | 3 | 185 | - | 90 | 3 | 1,9 | відкриті | | |
| | | | 4 | - | 10 | 62 | 2 | 2,5 | | | |
| | | | 4 | 200 | - | 31 | 2 | 2,0 | | | |
| | | | 6 | 220 | - | 90 | 5 | 1,2 | | | |
| | | | 4 | 90 | - | 90 | 5 | 0,7 | | | |
| | | | 3 | 0 | - | 90 | 5 | 0,6 | | | |
| | | | 5 | - | 100 | 53 | 2 | 2,0 | | | |
| | | | 4 | - | 68 | 52 | 2 | 0,7 | | | |
| | | | 10 | 310 | - | 90 | 1 | 0,6 | | | |
| | | | 10 | 40 | - | 90 | 1 | 2,7 | | | |
| | | | 5 | - | 100 | 64 | 20 | 1,9 | | | |
| | | | 6 | - | 0 | 12 | 5 | 2,3 | | | |
| | | | 3 | - | 0 | 31 | 20 | 2,0 | | | |
| | | | Кліва | 10 | - | 0 | 33 | 1 | | 2,4 | кальцит відкритий |
| 15 | - | 330 | | 79 | 1 | 2,8 | | | | | |
| 10 | - | 220 | | 54 | 1 | 1,6 | | | | | |
| 1260 | Вапняки доломітизовані, світло-сірі, мраморизовані, з прошарками кремністих сланців, потужністю 5-20 см | Тектонічні | 5 | - | 70 | 69 | 10 | 1 | розширені | | |
| | | | 3 | - | 320 | 31 | 5 | 10,5 | | | |
| | | | 5 | 350 | - | 90 | 10 | 0,7 | | | |
| | | | 5 | - | 320 | 18 | 1 | 1,5 | | | |
| | | | 5 | 240 | - | 90 | 10 | 2 | | | |
| | | | 5 | 260 | - | 90 | 2 | 0,5 | | | |
| | | | 3 | - | 350 | 76 | 3 | 3 | | | |
| | | | 3 | - | 20 | 15 | 3 | 2,5 | | | |
| | | | 5 | 100 | - | 90 | 2 | 1 | | | |
| | | | 5 | 270 | - | 90 | 1 | 0,7 | | | |
| | | | 7 | 90 | - | 90 | 10 | 2,1 | | | |
| | | | Клів | 10 | - | 20 | 66 | 2 | | 2,3 | відкриті |
| | | | | 7 | - | 40 | 42 | 5 | | 1,5 | |
| | | | 6 | - | 270 | 69 | 3 | 0,6 | | | |

Варіант 6

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пористості, дати аналіз отриманих результатів

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, м | Довжина, м | Заповнювач |
|-------------|---|--------------------------|-------------------|----------|--------|-----|-----------|------------|-------------------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 168 6 | Вапняки світло-сірі, мармуризова-ні, потужні, із прошарками кременистих сланців, потужністю 2- 10 см Сильнотріщинуваті, | Напластування тектонічні | 9 | - | 85 | 82 | 2 | 0,7 | від |
| | | | 7 | | 10 | 75 | 2 | 0,6 | |
| | | | 8 | | 110 | 85 | 1 | 1,7 | |
| | | | 3 | | 340 | 16 | 2 | 1,8 | |
| | | | 10 | | 0 | 76 | 1 | 1,5 | |
| | | | 12 | | 90 | 78 | 1 | 2,2 | |
| | | | 16 | | 170 | 32 | 1 | 2,0 | |
| | | | 7 | | 40 | 35 | 1 | 2,7 | |
| | | | 5 | | 150 | 56 | 1 | 2,0 | |
| | | | 12 | 180 | | 90 | 1 | 2,0 | |
| | | | 7 | | 30 | 78 | 1 | 3,1 | |
| | | | 4 | | 110 | 72 | 1 | 2,6 | |
| | | | 8 | | 20 | 76 | 1 | 2,5 | |
| | | | 10 | | 0 | 10 | 1 | 0,7 | |
| | | | 5 | | 330 | 25 | 1 | 0,0 | |
| | | | 4 | | 20 | 65 | 1 | 2,0 | |
| 4 | 105 | | 90 | 1 | 0,6 | | | | |
| 5 | | 20 | 63 | 2 | 0,8 | | | | |
| 167 9 | Сланці філітові, тонкорозсла-нцьо- вані, які дають при вивітрюванні листовий щебінь. | Клі | 10 | | 280 | 85 | 0,5 | 1,7 | кальцит відкритий |
| | | | 10 | | 210 | 31 | 1 | 0,6 | |
| | | Сланці | 20 | | 150 | 53 | 1 | 1,3 | |
| | | | 5 | | 90 | 65 | 2 | 2,3 | |
| | | | 10 | | 140 | 55 | 1 | 2,8 | |
| | | | 10 | | 80 | 56 | 0,5 | 2,6 | |
| | | | 12 | | 180 | 42 | 1 | 1,0 | |
| | | | 10 | | 170 | 76 | 2 | 1,6 | |
| | | | 10 | | 0 | 15 | 2 | 2,7 | |
| | | | 7 | | 200 | 42 | 1 | 0,7 | |
| Кліваж | 10 | | 160 | 60 | 1 | 1,7 | | | |
| | 10 | | 210 | 75 | 1 | 1,0 | | | |
| | 12 | | 50 | 35 | 1 | 2,6 | | | |
| | 8 | | 30 | 58 | 1 | 2,2 | | | |
| | 4 | 210 | | 90 | 1 | 1,2 | | | |
| | 20 | | 110 | 21 | 1 | 0,6 | | | |
| 2 | - | 160 | 52 | 2 | 0,5 | | | | |

Варіант 7

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пористості, дати аналіз отриманих результатів

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, | Заповню |
|-------------|--|--------------------------|-------------------|----------|--------|-----|---------|----------|-------------------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1239 | Вапняки чорні, крупнокристалічні, бітумінозні, з різким запахом сірководню, розбиті великою кількістю тріщин | Нап | 10 | | 225 | 25 | 1 | 2.7 | відкриті |
| | | | 12 | | 300 | 25 | 3 | 1.6 | |
| | | | 7 | | 270 | 25 | 1 | 2.4 | |
| | | | 3 | | 355 | 85 | 1 | 1.7 | |
| | | | 8 | | 70 | 63 | 1 | 1.0 | |
| | | | 5 | | 340 | 22 | 2 | 0.2 | |
| | | | 3 | | 170 | 75 | 1 | 1.7 | |
| | | | 6 | | 260 | 86 | 2 | 2.0 | |
| | | | 2 | | 10 | 25 | 2 | 2.5 | |
| | | Кляж | 7 | | 215 | 70 | 2 | 1.3 | кальцит |
| | | | 4 | | 120 | 70 | 1 | 2.7 | |
| | | | 6 | 100 | | 00 | 1 | 2.6 | |
| | | | 2 | | 0 | 62 | 2 | 2.5 | |
| | | | 6 | 205 | | 00 | 2 | 2.0 | |
| | | | 4 | 20 | | 00 | 2 | 2.2 | |
| | | | 2 | 135 | | 00 | 2 | 1.2 | |
| | | | 15 | | 340 | 35 | 1 | 2.0 | |
| 5 | | 10 | 25 | 2 | 2.5 | | | | |
| 3 | - | 140 | 70 | 2 | 2.0 | ка | | | |
| 1686 | Вапняки світло-сірі, мармуризовані, потужні, із прошарками кременистих сланців, потужністю 2- 10 см | Напластування тектонічні | 0 | | 85 | 82 | 2 | 0.7 | кальцит відкритий |
| | | | 7 | | 10 | 75 | 2 | 0.6 | |
| | | | 8 | | 110 | 85 | 1 | 1.7 | |
| | | | 3 | | 340 | 16 | 2 | 1.8 | |
| | | | 10 | | 0 | 76 | 1 | 1.5 | |
| | | | 12 | | 90 | 78 | 1 | 2.3 | |
| | | | 16 | | 170 | 32 | 1 | 2.0 | |
| | | | 7 | | 40 | 35 | 1 | 2.7 | |
| | | | 5 | | 150 | 56 | 1 | 2.0 | |
| | | | 12 | 180 | | 00 | 1 | 2.0 | |
| | | | 7 | | 30 | 78 | 1 | 2.1 | |
| | | | 4 | | 110 | 72 | 1 | 2.6 | |
| | | | 8 | | 20 | 76 | 1 | 2.5 | |
| | | | 10 | | 0 | 10 | 1 | 0.7 | |
| | | | 5 | | 330 | 25 | 1 | 0.0 | |
| 4 | | 20 | 65 | 1 | 2.0 | | | | |
| 4 | 195 | | 00 | 1 | 0.6 | | | | |

Варіант 8

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пористості, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, | Заповню |
|-------------|--|---------------|-------------------|----------|--------|--------|---------|----------|-------------------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1260 | Доломітизовані вапняки, світло-сірі, мармуризовані, з прошарками кременистих сланців, потужністю 5-20 см. Заміри | Тектонічні | 5 | | 70 | 60 | 10 | 1 | розширений відкри |
| | | | 3 | | 320 | 31 | 5.1 | 0.5 | |
| | | | 5 | 350 | - | 90 | 10- | 0.7 | |
| | | | 5 | | 320 | 18 | 1.1 | 1.5 | |
| | | | 5 | 240 | - | 90 | 10- | 2 | |
| | | | 5 | 260 | | 90 | 2 | 0.5 | |
| | | | 3 | | 350 | 76 | 3 | 3 | |
| | | 3 | | 20 | 15 | 3 | 2.5 | | |
| | | 5 | 100 | | 90 | 2 | 1 | | |
| | | 5 | 270 | | 90 | 1 | 0.7 | | |
| | | 7 | 90 | | 10 | 2 | 2.1 | кал | |
| | | 7 | 90 | | 90 | 10 | 2.1 | | |
| | | 7 | - | 40 | 42 | 5 | 1.5 | Б- | |
| 6 | | 270 | 60 | 3 | 0.6 | кал | | | |
| 6 | | 0 | 55 | 1 | 1.2 | | | | |
| 10 | - | 180 | 24 | 2 | 1.8 | від | | | |
| 1423 | Вапняки доломітизовані, світло-сірі, з рідкими прошарками вапняковистих піщаників потужністю | Напластування | 7 | | 100 | 72 | 2 | 1.3 | відкри |
| | | | 4 | | 120 | 59 | 1 | 0.7 | |
| | | | 6 | 110 | | 90 | 2 | 1.2 | |
| | | | 5 | 10 | | 90 | 2 | 2.7 | |
| | | | 5 | 310 | | 90 | 3 | 0.4 | |
| | | | 10 | 100 | | 90 | 1 | 2.0 | |
| | | | 5 | | 20 | 90 | 0.5 | 2.5 | |
| | | 10 | | 120 | 59 | 2 | 2.0 | відк кал | |
| | | 5 | | 200 | 32 | 1 | 1.4 | | |
| | | 10 | 280 | | 90 | 1 | 1.7 | відк | |
| | | 20 | 310 | | 90 | 0.5 | 2.8 | кал | |
| | | 20 | | 100 | 31 | 0.5 | 2.0 | | |
| | | 20 | | 150 | 52 | 1 | 0.7 | відкри | |
| 25 | | 160 | 59 | 0.5 | 2.5 | | | | |
| 10 | | 300 | 16 | 0.5 | 0.8 | | | | |
| 20 | - | 140 | 71 | 0.5 | 2.2 | відкри | | | |

Варіант 9

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пустотності, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, | Заповню |
|-------------|--|-------------|-------------------|----------|--------|-----|---------|----------|-----------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1439 | Залізистий кварцит червонувато-жовтий прожилками, збагачений гематитом, сильно-тріщинуватий. Заміри | Тектонічний | 10 | 290 | - | 90 | 1 | 10 | відкриті |
| | | | 12 | - | 250 | 35 | 2 | 17 | |
| | | | 10 | - | 10 | 75 | 1 | 22 | |
| | | | 10 | - | 80 | 72 | 1 | 07 | |
| | | | 12 | 130 | - | 90 | 2 | 07 | |
| | | | 10 | - | 210 | 75 | 2 | 26 | |
| | | | 10 | 110 | - | 90 | 1 | 17 | |
| | | | 10 | - | 90 | 90 | 1 | 25 | |
| | | | 10 | 290 | - | 90 | 2 | 12 | |
| | | | 8 | 140 | - | 90 | 2 | 17 | |
| | | | 6 | 240 | - | 90 | 3 | 29 | |
| | | | 10 | - | 310 | 82 | 1 | 08 | |
| | | | 10 | - | 40 | 63 | 1 | 20 | |
| | | | 5 | - | 300 | 61 | 2 | 18 | |
| 12 | 310 | - | 90 | 1 | 17 | | | | |
| 10 | - | 110 | 35 | 1 | 15 | | | | |
| 1260 | Доломітизовані вапняки, мармурізовані, із прошарками кременистих сланців, потужністю 5-20 см. Породи дуже | Тектонічні | 5 | - | 70 | 69 | 10 | 1 | розширені |
| | | | 3 | - | 320 | 31 | 5 | 05 | |
| | | | 5 | 350 | - | 90 | 15 | 07 | |
| | | | 5 | - | 320 | 18 | 1 | 15 | |
| | | | 5 | 240 | - | 90 | 15 | 2 | |
| | | | 5 | 260 | - | 90 | 2 | 05 | |
| | | | 3 | - | 350 | 76 | 3 | 3 | |
| | | | 3 | - | 20 | 15 | 3 | 25 | |
| | | | 5 | 100 | - | 90 | 2 | 1 | |
| | | | 5 | 270 | - | 90 | 1 | 07 | |
| | | 7 | 90 | - | 90 | 10 | 21 | | |
| | | 10 | - | 20 | 66 | 2 | 23 | | |
| | | 7 | - | 40 | 42 | 5 | 10 | | |
| | | 10 | - | 300 | 16 | 05 | 08 | | |
| 20 | - | 140 | 71 | 05 | 22 | | | | |
| | | Кліваж | | | | | | кальцит | |

Варіант 10

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пустотності, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичн | Кількість замі-)ів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, | Заповнюв | |
|-------------|---|---------------|---------------------|----------|--------|-------|---------|----------|-----------|-------|
| | | | | азимут | азимут | ДШИ | | | | |
| 1239 | Вапняки чорні, крупнокристалічні, бітумінозні, з різким запахом сірководню, розбиті великою кількістю | Тектонічний | Нап | 10 | 225 | 25 | 1 | 2.7 | відкриті | |
| | | | | 12 | 300 | 25 | 2 | 1.6 | | |
| | | | | 7 | 270 | 25 | 1 | 2.4 | | |
| | | | | 2 | 255 | 25 | 1 | 1.7 | | |
| | | | | 8 | 70 | 63 | 1 | 1.0 | | |
| | | | | 5 | 240 | 22 | 2 | 0.2 | | |
| | | | | 2 | 170 | 75 | 1 | 1.7 | | |
| | | | | 6 | 260 | 26 | 2 | 2.0 | | |
| | | Кліваж | | 2 | 10 | 25 | 2 | 2.5 | відкритий | |
| | | | | 7 | 215 | 70 | 2 | 1.2 | | |
| | | | | 4 | 120 | 70 | 1 | 2.7 | | |
| | | | | 6 | 100 | 00 | 1 | 2.6 | | |
| | | | | 2 | 0 | 62 | 2 | 2.5 | | |
| | | | | 6 | 205 | 00 | 2 | 2.0 | | |
| | | | | 4 | 20 | 00 | 2 | 2.2 | | |
| | | | | 2 | 135 | 00 | 2 | 1.2 | | |
| | 15 | 340 | 35 | 1 | 2.0 | відкр | | | | |
| | 5 | 10 | 25 | 2 | 2.5 | | | | | |
| | 2 | 140 | 70 | 2 | 2.0 | | | | | |
| 1423 | Вапняки доломітизовані, світло-сірі, з рідкими прошарками вапняковистих піщаників потужністю 0,5-1,5 м. | Напластування | | 7 | 100 | | 72 | 2 | 1.2 | відкр |
| | | | | 4 | 120 | | 50 | 1 | 0.7 | |
| | | | | 6 | 110 | | 00 | 2 | 1.2 | |
| | | | | 5 | 10 | | 00 | 2 | 2.7 | |
| | | | | 5 | 210 | | 00 | 2 | 0.4 | |
| | | | | 10 | 100 | 00 | 1 | 2.0 | | |
| | | | | 10 | 10 | 00 | 1 | 2.8 | | |
| | | | | 8 | 40 | 00 | 2 | 1.7 | | |
| | | | | 6 | 300 | 58 | 2 | 1.2 | | |
| | | | | 10 | 20 | 00 | 1 | 2.4 | | |
| | | | | 7 | 300 | 00 | 1 | 2.8 | | |
| | | | | 10 | 20 | 72 | 1 | 2.5 | | |
| | | | | 5 | 20 | 56 | 2 | 0.5 | | |
| | | | | 10 | 120 | 50 | 2 | 2.0 | | |
| | 5 | 200 | 22 | 1 | 1.4 | відкр | | | | |
| | 10 | 280 | 00 | 1 | 1.7 | | | | | |
| Клі важ | | 20 | 310 | 00 | 0.5 | | 2.8 | кал | | |
| | | 20 | 100 | 21 | 0.5 | | 2.0 | | | |
| | | 20 | 50 | 58 | 1 | 0.7 | | | | |

Варіант 11

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пустотності, дати аналіз отриманих результатів

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, мм | Довжина, мм | Заповнювальність |
|-------------|---|--------------------------|-------------------|----------|--------|-----|------------|-------------|------------------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1270 | Вапняки світло-сірі, потужні рідкими прошарками кременистих сланців потужністю 5-10 см, розбиті великою | Напластування тектонічні | 5 | 270 | 75 | 2 | 0,2 | відкритий | |
| | | | 4 | 350 | 90 | 10 | 2,0 | | |
| | | | 3 | 270 | 90 | 2 | 1,5 | | |
| | | | 3 | 340 | 55 | 7 | 1,7 | | |
| | | | 3 | 310 | 35 | 2 | 1,3 | | |
| | | | 2 | 140 | 63 | 2 | 2,1 | | |
| | | | 5 | 0 | 75 | 1 | 2,2 | | |
| | | | 5 | 90 | 45 | 1 | 2,6 | | |
| | | | 4 | 0 | 90 | 1 | 1,0 | | |
| | | | 10 | 200 | 45 | 2 | 0,5 | | |
| | | | 4 | 250 | 85 | 10 | 0,5 | | |
| | | | 7 | 260 | 75 | 1 | 0,7 | | |
| | | | 4 | 30 | 90 | 2 | 1,2 | | |
| | | | 4 | 270 | 90 | 2 | 1,3 | | |
| | | | 3 | 180 | 90 | 3 | 2,3 | | |
| 2 | 310 | 72 | 2 | 2,8 | | | | | |
| 5 | 320 | 56 | 2 | 2,5 | | | | | |
| 3 | 320 | 25 | 10 | 0,7 | | | | | |
| 1679 | Сланці філітові, тонкорозсланцьовані, які дають при вивітрюванні листовий щебінь. Зустрічаються прошарки пінаци-кір | Тектонічні | 20 | 150 | 53 | 1 | 1,3 | відкритий | |
| | | | 5 | 90 | 65 | 2 | 2,3 | | |
| | | | 15 | 160 | 42 | 1 | 3,0 | | |
| | | | 10 | 180 | 63 | 1 | 1,8 | | |
| | | | 12 | 180 | 42 | 1 | 1,0 | | |
| | | Кліваж | 10 | 0 | 20 | 2 | 2,7 | | |
| | | | 7 | 200 | 42 | 1 | 0,7 | | |
| | | | 10 | 160 | 60 | 1 | 1,7 | | |
| | | | 10 | 210 | 75 | 1 | 1,0 | | |
| | | | 12 | 50 | 35 | 1 | 2,6 | | |
| | | | 8 | 30 | 56 | 1 | 2,2 | | |
| | | | 4 | 210 | 90 | 1 | 1,2 | | |
| | | | 20 | 110 | 21 | 1 | 0,6 | | |
| | | | 2 | 160 | 52 | 2 | 0,5 | | |
| | | | 3 | 80 | 43 | 2 | 3,0 | | |
| 2 | 185 | 76 | 5 | 2,0 | | | | | |
| 20 | 70 | 42 | 1 | 2,6 | | | | | |

Варіант 12

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пористості, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, мм | Довжина, м | Заповнювач |
|-------------|---|------------|-------------------|----------|--------|-----|------------|------------|-------------------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1239 | Вапняки чорні, крупнокристалічні, бітумінозні, з різким запахом сірководню, розбиті великою кількістю тріщин, | Напл. | 10 | - | 325 | 25 | 1 | 2.7 | відкриті |
| | | | 12 | - | 300 | 25 | 3 | 1.6 | |
| | | | 7 | - | 270 | 25 | 1 | 2.4 | |
| | | Тектонічні | 3 | - | 355 | 85 | 1 | 1.7 | |
| | | | 8 | - | 70 | 63 | 1 | 1.0 | |
| | | | 5 | - | 340 | 22 | 2 | 0.2 | |
| | | | 3 | - | 170 | 75 | 1 | 1.7 | |
| | | | 6 | - | 260 | 86 | 2 | 2.0 | |
| | | | 3 | - | 10 | 25 | 3 | 2.5 | |
| | | Кліваж | 7 | - | 215 | 70 | 2 | 1.3 | |
| | | | 4 | - | 120 | 70 | 1 | 2.7 | |
| | | | 6 | 100 | - | 90 | 1 | 2.6 | |
| | | | 2 | - | 0 | 62 | 2 | 2.5 | |
| | | | 6 | 295 | - | 90 | 2 | 3.0 | |
| | | | 4 | 20 | - | 90 | 3 | 2.3 | |
| 2 | 135 | | - | 90 | 2 | 1.2 | | | |
| 15 | - | | 340 | 35 | 1 | 2.9 | | | |
| 5 | - | | 10 | 25 | 3 | 2.5 | | | |
| 1260 | Доломітизовані вапняки, світло-сірі, мармуризовані, із прошарками кременистих сланців, потужністю | Тектонічні | 3 | - | 140 | 70 | 2 | 2.0 | кальцит відкритий |
| | | | 5 | - | 70 | 69 | 10 | 1 | |
| | | | 3 | - | 320 | 31 | 5 | 1.0 | |
| | | | 5 | 350 | - | 90 | 15 | 0.7 | |
| | | | 5 | - | 320 | 18 | 1 | 1.5 | |
| | | | 5 | 240 | - | 90 | 15 | 2 | |
| | | | 5 | 260 | - | 90 | 2 | 0.5 | |
| | | | 3 | - | 350 | 76 | 3 | 3 | |
| | | | 3 | - | 20 | 15 | 3 | 2.5 | |
| | | | 5 | 100 | - | 90 | 2 | 1 | |
| | | Клів | 5 | 270 | - | 90 | 1 | 0.7 | |
| | | | 7 | 90 | - | 90 | 10 | 2.1 | |
| | | | 10 | - | 20 | 66 | 2 | 2.3 | |
| | | | 7 | - | 40 | 42 | 5 | 1.5 | |
| | | | 6 | - | 270 | 69 | 3 | 0.6 | |

Варіант 13

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пустотності, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, мм | Довжина, мм | Заповню |
|-------------|---|--------------------------|-------------------|----------|--------|-----|------------|-------------|----------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1270 | Вапняки світло-сірі, потужні 3 рідкими прошарками кременистих сланців потужністю 5-10 см, розбиті великою кількістю | Напластування тектонічні | 5 | - | 270 | 75 | 2 | 0,2 | відкриті |
| | | | 4 | - | 350 | 90 | 10 | 0,0 | |
| | | | 3 | 270 | - | 90 | 2 | 1,5 | |
| | | | 3 | - | 340 | 52 | 7 | 1,7 | |
| | | | 3 | - | 310 | 35 | 2 | 1,3 | |
| | | | 2 | - | 140 | 63 | 2 | 2,1 | |
| | | | 5 | - | 0 | 72 | 2 | 2,2 | |
| | | | 5 | - | 90 | 45 | 1 | 2,6 | |
| | | | 4 | 0 | - | 90 | 1 | 1,0 | |
| | | | 10 | - | 200 | 45 | 2 | 0,5 | |
| | | | 4 | - | 250 | 85 | 10 | 0,5 | |
| | | | 7 | - | 260 | 75 | 1 | 0,7 | |
| | | | 4 | 30 | - | 90 | 2 | 1,2 | |
| | | | 4 | 270 | - | 90 | 2 | 1,3 | |
| | | | 3 | 180 | - | 90 | 3 | 2,3 | |
| 2 | - | 310 | 72 | 2 | 2,8 | | | | |
| 5 | - | 320 | 56 | 4 | 2,5 | | | | |
| 3 | - | 320 | 25 | 10 | 0,7 | | | | |
| 1676 | Сланці філітові, тонкорозсланцьовані, які дають при вивітрюванні тонкий листовий щєбінь. Зустріча- | Нап | 20 | - | 100 | 63 | 2 | 2,0 | відкриті |
| | | | 10 | - | 120 | 69 | 1 | 1,4 | |
| | | | 14 | - | 115 | 66 | 1 | 1,5 | |
| | | Тектонічні | 4 | - | 205 | 65 | 1 | 1,7 | |
| | | | 10 | - | 0 | 62 | 1 | 1,9 | |
| | | | 8 | - | 300 | 33 | 2 | 2,3 | |
| | | | 14 | - | 80 | 15 | 1 | 2,7 | |
| | | | 5 | - | 350 | 58 | 2 | 0,7 | |
| | | | 4 | - | 20 | 69 | 1 | 1,9 | |
| | | | 6 | - | 320 | 31 | 1 | 1,4 | |
| | | | 7 | - | 160 | 22 | 1 | 0,5 | |
| | | | 4 | - | 260 | 36 | 1 | 0,8 | |
| | | | 5 | - | 30 | 78 | 1 | 0,9 | |
| | | | 12 | - | 60 | 41 | 1 | 1,6 | |
| | | | 4 | - | 200 | 75 | 1 | 1,7 | |
| 2 | - | 180 | 62 | 2 | 1,5 | | | | |

Варіант 14

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщино! пустотності, дати аналіз отри- маних результатів.

| Відслоне ня | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, мм | Довжина, мм | Заповню |
|----------------|---|--------------------------|----------------------|----------|--------|-----|---------------|-------------------|---------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 168 6 | Вапняки світло- сірі, мармуризова - ні, масивні, із прошарками кременистих сланців, потужністю 2-10 см сильно тріщинуваті. | Напластування тектонічні | 0 | 85 | 82 | 2 | 0.7 | кальцит відкритий | |
| | | | 7 | 10 | 75 | 2 | 0.6 | | |
| | | | 8 | 110 | 85 | 1 | 1.7 | | |
| | | | 2 | 340 | 16 | 2 | 1.8 | | |
| | | | 10 | 0 | 76 | 1 | 1.5 | | |
| | | | 12 | 80 | 78 | 1 | 2.2 | | |
| | | | 16 | 170 | 22 | 1 | 2.0 | | |
| | | | 7 | 40 | 25 | 1 | 2.7 | | |
| | | | 5 | 150 | 65 | 1 | 2.0 | | |
| | | | 12 | 180 | 00 | 1 | 2.0 | | |
| | | | 7 | 30 | 78 | 1 | 2.1 | | |
| | | | 4 | 110 | 72 | 1 | 2.6 | | |
| | | | 8 | 20 | 76 | 1 | 2.5 | | |
| | | | 10 | 0 | 10 | 1 | 0.7 | | |
| | | | 5 | 320 | 25 | 1 | 0.0 | | |
| | | | 4 | 20 | 65 | 1 | 2.0 | | |
| 1 | 105 | 00 | 1 | 0.6 | | | | | |
| 5 | 20 | 63 | 1 | 0.8 | | | | | |
| 10 | 280 | 85 | 0.5 | 1.7 | | | | | |
| 10 | 210 | 21 | 1 | 0.6 | | | | | |
| 167 6 | Сланці філітові, тонкорозслан цьо- вані, які дають при вивітруванні тонкий листовий щербінь. Зустріча- | Нап | 20 | 100 | 62 | 2 | 2.0 | кальцит відкритий | |
| | | | 10 | 120 | 60 | 1 | 1.4 | | |
| | | | 14 | 115 | 66 | 1 | 1.5 | | |
| | | Тектонічні | 4 | 205 | 65 | 1 | 1.7 | | |
| | | | 10 | 0 | 62 | 1 | 1.0 | | |
| | | | 8 | 300 | 22 | 2 | 2.2 | | |
| | | | 14 | 80 | 15 | 1 | 2.7 | | |
| | | | 5 | 250 | 58 | 2 | 0.7 | | |
| | | | 4 | 80 | 22 | 1 | 0.0 | | |
| | | | 4 | 20 | 60 | 1 | 1.0 | | |
| | | | 6 | 320 | 21 | 1 | 1.4 | | |
| | | | 7 | 160 | 22 | 1 | 0.5 | | |
| | | | 4 | 260 | 26 | 1 | 0.8 | | |
| | | | 5 | 30 | 78 | 1 | 0.0 | | |
| | | | 12 | 60 | 41 | 1 | 1.6 | | |
| | | | 4 | 200 | 75 | 1 | 1.7 | | |
| 2 | 180 | 62 | 2 | 1.5 | | | | | |

Варіант 15

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пористості, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, | Заповню |
|-------------|--|---------------|-------------------|----------|--------|-----|---------|----------|---|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 142 3 | Вапняки доломітизовані, світло-сірі, 3 рідкими прошарками вапняковистих піщаників потужністю 0,5 - 1,5 м.. Породи вапняки | Напластування | 7 | | 100 | 72 | 2 | 1,3 | відкри кальцит відкри кал відк відк кал кварци |
| | | | 4 | | 120 | 50 | 1 | 0,7 | |
| | | | 6 | 110 | | 90 | 2 | 1,2 | |
| | | | 5 | 10 | | 90 | 2 | 2,7 | |
| | | | 5 | 310 | | 90 | 3 | 0,4 | |
| | | | 10 | 10 | | 90 | 1 | 2,8 | |
| | | | 8 | 40 | | 90 | 2 | 1,7 | |
| | | | 6 | | 300 | 58 | 2 | 1,3 | |
| | | | 10 | 20 | | 90 | 1 | 2,4 | |
| | | | 7 | 300 | | 90 | 1 | 2,8 | |
| | | | 10 | | 20 | 72 | 1 | 2,5 | |
| | | | 5 | | 20 | 56 | 2 | 0,5 | |
| | | | 10 | | 120 | 50 | 2 | 2,0 | |
| | | | 5 | | 200 | 32 | 1 | 1,4 | |
| | | | 10 | 280 | | 90 | 1 | 1,7 | |
| | | | 20 | 310 | | 90 | 0,5 | 2,8 | |
| | | | 20 | | 100 | 21 | 0,5 | 2,0 | |
| 20 | | 50 | 58 | 1 | 0,7 | | | | |
| 25 | | 160 | 50 | 0,5 | 2,5 | | | | |
| 10 | | 300 | 16 | 0,5 | 2,2 | | | | |
| 167 6 | Сланці філітові, тонкорозсланцьовані, які дають при вивітрюванні тонкий листовий щебінь. | Нап | 20 | | 100 | 63 | 2 | 2,9 | відкриті кал кварци |
| | | | 10 | | 120 | 60 | 1 | 1,4 | |
| | | | 14 | | 115 | 66 | 1 | 1,5 | |
| | | | 4 | | 205 | 65 | 1 | 1,7 | |
| | | Тектонічні | 10 | | 0 | 65 | 1 | 1,0 | |
| | | | 8 | | 300 | 33 | 2 | 2,3 | |
| | | | 14 | | 80 | 15 | 1 | 2,7 | |
| | | | 5 | | 350 | 58 | 2 | 0,7 | |
| | | | 4 | | 80 | 22 | 1 | 0,9 | |
| | | | 4 | | 202 | 60 | 1 | 1,9 | |
| | | | 6 | | 320 | 31 | 1 | 1,4 | |
| | | | 7 | | 160 | 22 | 1 | 0,5 | |
| | | | 4 | | 260 | 36 | 1 | 0,8 | |
| | | | 5 | | 20 | 78 | 1 | 0,9 | |
| 12 | - | 60 | 41 | 1 | 1,6 | | | | |

Варіант 16

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пористості, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, | Заповнює |
|-------------|--|---------------|-------------------|--|--------|-----|---------|----------|----------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 142 3 | Вапняки доломітизовані, світло-сірі, 3 рідкими прошарками вапняковистих піщаників потужністю 0,5-1,5 м. Породи | Напластування | 7 | | 100 | 75 | 2 | 1,2 | відкр |
| | | | 4 | | 120 | 50 | 1 | 0,7 | |
| | | | 5 | 110 | | 00 | 2 | 1,2 | |
| | | | 5 | 10 | | 00 | 2 | 2,7 | |
| | | | 5 | 210 | | 00 | 2 | 0,4 | |
| | | | 10 | 10 | | 00 | 1 | 2,8 | |
| | | | 8 | 40 | | 00 | 2 | 1,7 | |
| | | | 6 | | 300 | 58 | 2 | 1,2 | |
| | | | 10 | 20 | | 00 | 1 | 2,4 | |
| | | | 7 | 300 | | 00 | 1 | 2,8 | |
| | | | 10 | | 20 | 75 | 1 | 2,5 | |
| | | | 5 | | 20 | 56 | 2 | 0,5 | |
| | | | 10 | | 120 | 50 | 2 | 2,0 | |
| | | | 5 | | 200 | 22 | 1 | 1,4 | |
| | | | 10 | 280 | | 00 | 1 | 1,7 | |
| | | | 168 6 | Вапняки світло-сірі, мармуризовані, масивні, із прошарками кременистих сланців, потужністю 2-10 см | Кліваж | 20 | 210 | | |
| 20 | | 100 | | | | 21 | 0,5 | 2,0 | |
| 20 | | 50 | | | | 58 | 1 | 0,7 | |
| 25 | | 160 | | | | 50 | 0,5 | 2,5 | |
| 10 | | 300 | | | | 16 | 0,5 | 2,2 | |
| 168 6 | Вапняки світло-сірі, мармуризовані, масивні, із прошарками кременистих сланців, потужністю 2-10 см | Напластування | 9 | - | 85 | 85 | 2 | 0,7 | відкр |
| | | | 7 | | 10 | 75 | 2 | 0,6 | |
| | | | 8 | | 110 | 85 | 1 | 0,7 | |
| | | | 3 | | 340 | 16 | 2 | 1,8 | |
| | | | 10 | | 0 | 76 | 1 | 0,5 | |
| | | | 12 | | 00 | 78 | 1 | 2,2 | |
| | | | 16 | | 170 | 32 | 1 | 2,0 | |
| | | | 7 | | 40 | 35 | 1 | 2,7 | |
| | | | 4 | | 110 | 72 | 1 | 2,6 | |
| | | | 8 | | 20 | 76 | 1 | 2,5 | |
| | | | 10 | | 0 | 10 | 1 | 0,7 | |
| | | | 5 | | 330 | 25 | 1 | 0,0 | |
| | | | 4 | | 20 | 65 | 2 | 2,0 | |
| | | | 10 | | 00 | 00 | 1 | 0,6 | |
| | | | 5 | | 20 | 62 | 1 | 0,8 | |
| | | | 168 6 | Вапняки світло-сірі, мармуризовані, масивні, із прошарками кременистих сланців, потужністю 2-10 см | Клі | 10 | | 280 | |
| 10 | | 210 | | | | 31 | 1 | 1,6 | |

важ

Варіант 17

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму розрахувати коефіцієнт тріщинної пустотності, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, | Заповнює |
|-------------|--|-------------|-------------------|----------|--------|-----|---------|----------|-----------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1439 | Залізистий кварцит червонувато-жовтий з прожилками, збагачений гематитом, сильно-тріщинуватий. Заміри тріщини | Тектонічний | 10 | 290 | - | 90 | 1 | 1.0 | відкриті |
| | | | 12 | - | 250 | 35 | 2 | 1.7 | |
| | | | 10 | - | 10 | 75 | 1 | 2.2 | |
| | | | 10 | - | 80 | 72 | 1 | 0.7 | |
| | | | 12 | 130 | - | 90 | 2 | 0.7 | |
| | | | 10 | - | 210 | 75 | 2 | 2.6 | |
| | | | 10 | 110 | - | 90 | 1 | 1.7 | |
| | | | 10 | - | 90 | 56 | 1 | 2.5 | |
| | | | 10 | 290 | - | 90 | 2 | 1.2 | |
| | | | 8 | 140 | - | 90 | 2 | 1.7 | |
| | | | 6 | 240 | - | 90 | 3 | 2.9 | |
| | | | 10 | - | 310 | 82 | 1 | 0.8 | |
| | | | 10 | - | 40 | 63 | 1 | 2.0 | |
| | | | 5 | - | 300 | 61 | 2 | 1.8 | |
| 12 | 310 | - | 90 | 1 | 1.7 | | | | |
| 10 | - | 110 | 35 | 1 | 1.5 | | | | |
| 1260 | Доломітизовані вапняки, мармуризовані, із прошарками кременистих сланців, потужністю 5-20 см. Породи дуже тріщинуваті. | Тектонічний | 5 | - | 70 | 69 | 10 | 1 | розширені |
| | | | 3 | - | 320 | 31 | 5 | 0.5 | |
| | | | 5 | 350 | - | 90 | 15 | 0.7 | |
| | | | 5 | - | 320 | 18 | 1 | 1.5 | |
| | | | 5 | 240 | - | 90 | 15 | 2 | |
| | | | 5 | 260 | - | 90 | 2 | 0.5 | |
| | | | 3 | - | 350 | 76 | 3 | 3 | |
| | | | 3 | - | 20 | 15 | 3 | 2.5 | |
| | | | 5 | 100 | - | 90 | 2 | 1 | |
| | | | 5 | 270 | - | 90 | 1 | 0.7 | |
| | | 7 | 90 | - | 90 | 10 | 2.1 | | |
| | | 10 | - | 20 | 66 | 2 | 2.3 | | |
| | | 7 | - | 40 | 42 | 5 | 1.5 | | |
| | | 6 | - | 270 | 69 | 3 | 0.6 | | |
| 10 | - | 280 | 85 | 0.5 | 1.7 | | | | |
| 16 | - | 170 | 32 | 1 | 2.0 | | | | |
| 10 | - | 210 | 31 | 1 | 1.6 | | | | |
| | | Кліваж | | | | | | кальцит | |

Варіант 19

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пористості, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, м | Довжина, м | Заповнювальність |
|-------------|---|--------------------------|-------------------|----------|--------|-----|-----------|-------------------|------------------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1239 | Вапняки чорні, крупнокристалічні, бітумінозні, з різким запахом сірководню, розбиті великою кількістю | Тектонічні Нап | 10 | 225 | 25 | 1 | 2.7 | відкриті | |
| | | | 15 | 200 | 25 | 2 | 1.6 | | |
| | | | 7 | 270 | 25 | 1 | 2.4 | | |
| | | | 2 | 255 | 85 | 1 | 1.7 | | |
| | | | 8 | 70 | 62 | 1 | 1.0 | | |
| | | Тектонічні | 5 | 240 | 25 | 2 | 0.2 | | |
| | | | 2 | 170 | 75 | 1 | 1.7 | | |
| | | | 6 | 260 | 86 | 2 | 2.2 | | |
| | | | 2 | 10 | 25 | 2 | 2.5 | | |
| | | | 7 | 215 | 70 | 2 | 1.2 | | |
| | | Кліваж | 4 | 120 | 70 | 1 | 2.7 | | |
| | | | 6 | 100 | 00 | 1 | 2.6 | | |
| | | | 2 | 0 | 65 | 2 | 2.5 | | |
| | | | 6 | 205 | 00 | 2 | 2.0 | | |
| | | | 4 | 20 | 00 | 2 | 2.2 | | |
| 1686 | Вапняки світло-сірі, мармуризовані, масивні, із прошарками кременистих сланців, потужністю 2-10 см сильнотріщинуваті. | Тектонічні Напластування | 0 | 85 | 85 | 2 | 0.7 | кальцит відкритий | |
| | | | 7 | 10 | 75 | 2 | 0.6 | | |
| | | | 8 | 110 | 85 | 1 | 0.7 | | |
| | | | 2 | 240 | 16 | 2 | 1.8 | | |
| | | | 10 | 0 | 76 | 1 | 1.5 | | |
| | | | Кл | 12 | 00 | 78 | 1 | | 2.2 |
| | | | | 16 | 170 | 22 | 1 | | 2.0 |
| | | | | 7 | 40 | 25 | 1 | | 2.7 |
| | | | | 5 | 150 | 65 | 1 | | 2.0 |
| | | | | 12 | 180 | | 1 | | 2.0 |
| | | | | 7 | 30 | 30 | 1 | | 0.1 |
| | | | | 4 | 30 | 30 | 1 | | 2.6 |
| | | | | 8 | 20 | 20 | 1 | | 2.5 |
| | | | | 10 | 0 | 0 | 1 | | 0.7 |
| | | | | 5 | 220 | 22 | 1 | | 0.0 |
| 4 | 20 | 20 | | 1 | 2.0 | | | | |
| 0 | 105 | | | 1 | 0.6 | | | | |
| 5 | 20 | 20 | | 0.5 | 0.8 | | | | |
| 10 | 280 | 28 | | 1 | 1.7 | | | | |
| 10 | 210 | 21 | | 1 | 1.6 | | | | |

Варіант 20

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пористості, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, | Заповню |
|-------------|--|---------------|-------------------|----------|--------|-----|----------|----------|----------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1423 | Вапняки доломітизовані, світло-сірі, 3 рідкими прошарками вапняковистих піщаників потужністю 0,5-1,5 м. Породи | Напластування | 7 | | 100 | 72 | 2 | 1,2 | відкр |
| | | | 4 | | 120 | 56 | 1 | 0,7 | |
| | | | 6 | 110 | | 90 | 2 | 1,2 | |
| | | | 5 | 10 | | 90 | 2 | 2,7 | |
| | | | 5 | 210 | | 90 | 2 | 0,4 | |
| | | | 10 | 10 | | 90 | 1 | 2,8 | |
| | | | 8 | 40 | | 90 | 2 | 1,7 | |
| | | | 6 | | 300 | 58 | 2 | 1,2 | |
| | | | 10 | 20 | | 90 | 1 | 2,4 | |
| | | | 7 | 300 | | 90 | 1 | 2,2 | |
| | | | 10 | | 20 | 72 | 1 | 2,5 | |
| | | | 5 | | 20 | 56 | 2 | 0,5 | |
| | | | 10 | | 120 | 50 | 2 | 2,0 | |
| | | | 5 | | 200 | 32 | 1 | 1,4 | |
| 10 | 280 | | 90 | 1 | 1,7 | | | | |
| Кліваж | 20 | 210 | | 90 | 0,5 | 2,8 | ка й | | |
| | 20 | | 100 | 21 | 0,5 | 2,0 | | | |
| | 20 | | 50 | 58 | 1 | 0,7 | | | |
| | 25 | | 160 | 50 | 0,5 | 2,5 | | | |
| | 10 | | 300 | 16 | 0,5 | 2,2 | | | |
| 1686 | Вапняки світло-сірі, мармуризовані, масивні, із прошарками кременистих сланців, потужністю 2-10 см, | Напластування | 9 | - | 85 | 85 | 2 | 0,7 | відкриті |
| | | | 7 | | 10 | 75 | 2 | 0,6 | |
| | | | 8 | | 110 | 85 | 1 | 0,7 | |
| | | | 3 | | 240 | 16 | 2 | 1,8 | |
| | | | 10 | | 0 | 76 | 1 | 1,5 | |
| | | | 12 | | 90 | 78 | 1 | 2,2 | |
| | | | 16 | | 170 | 32 | 1 | 2,0 | |
| | | | 7 | | 40 | 35 | 1 | 2,7 | |
| | | | 4 | | 110 | 72 | 1 | 2,6 | |
| | | | 8 | | 20 | 76 | 1 | 2,5 | |
| | | | 10 | | 0 | 10 | 1 | 0,7 | |
| | | | 5 | | 320 | 25 | 1 | 0,0 | |
| | | | 4 | | 20 | 65 | 2 | 2,0 | |
| | | | 10 | | 90 | 90 | 1 | 0,6 | |
| 5 | | 20 | 62 | 1 | 0,8 | | | | |
| Кл | 10 | | 280 | 85 | 0,5 | 1,7 | відкриті | | |
| 10 | | 210 | 31 | 1 | 1,6 | | | | |

Варіант 21

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пустотності, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, | Заповнює |
|-------------|---|--------------------------|-------------------|----------|--------|-----|---------|----------|----------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1264 | Вапняки доломітизовані, сірі, закремнені, дуже щільні, сильнотріщинуваті. Тріщини тектонічні з | Напластування | 3 | 185 | 00 | 3 | 1,0 | відкрит | |
| | | | 4 | 10 | 63 | 3 | 2,5 | | |
| | | | 4 | 50 | 31 | 3 | 2,0 | | |
| | | | 6 | 220 | 00 | 5 | 1,2 | | |
| | | | 4 | 00 | 00 | 5 | 0,7 | | |
| | | | 3 | 0 | 00 | 5 | 0,6 | | |
| | | | 5 | | 100 | 53 | 3 | | 2,0 |
| | | | 4 | | 0 | 68 | 3 | | 0,7 |
| | | | 10 | 210 | 00 | 1 | 0,6 | | |
| | | | 10 | 40 | 00 | 1 | 0,7 | | |
| | | | 5 | | 100 | 64 | 20 | | 1,0 |
| | | | 6 | | 0 | 13 | 5 | | 2,2 |
| | | | 3 | | 0 | 21 | 20 | | 2,0 |
| | | | 10 | | 0 | 33 | 1 | | 2,4 |
| 15 | | 220 | 70 | 1 | 2,8 | | | | |
| 10 | | 220 | 54 | 1 | 1,6 | | | | |
| 1270 | Вапняки світло-сірі, масивні, мармуризовані, з рідкими прошарками кременистих сланців потужністю 5-10 см, розбиті великою | Напластування тектонічні | 5 | | 270 | 75 | 3 | 0,2 | кальц |
| | | | 4 | 250 | 00 | 10 | 2,0 | | |
| | | | 3 | 270 | 00 | 3 | 1,5 | | |
| | | | 3 | | 240 | 53 | 7 | 1,7 | |
| | | | 3 | | 210 | 25 | 3 | 1,2 | |
| | | | 3 | | 140 | 63 | 3 | 0,7 | |
| | | | 5 | | 0 | 75 | 3 | 2,2 | |
| | | | 4 | | 00 | 45 | 1 | 2,6 | |
| | | | 3 | 240 | 00 | 3 | 1,6 | | |
| | | | 5 | 120 | 00 | 1 | 1,0 | | |
| | | | 10 | | 200 | 45 | 3 | 0,5 | |
| | | | 4 | | 250 | 85 | 10 | 0,5 | |
| | | | 7 | | 260 | 75 | 1 | 0,7 | |
| | | | 4 | | 30 | 00 | 3 | 1,2 | |
| | | | 4 | 270 | 00 | 3 | 1,2 | | |
| | | | 3 | 180 | 00 | 3 | 1,2 | | |
| | | | 3 | | 210 | 75 | 3 | 2,8 | |
| | | | 5 | | 220 | 65 | 4 | 2,5 | |
| 3 | | 230 | 25 | 10 | 0,7 | | | | |
| 3 | | 130 | 45 | 20 | 0,0 | | | | |
| Клі | 15 | - | 130 | 63 | 2 | 1,5 | кварцит | | |

Варіант 22

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пористості, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, | Заповню |
|-------------|--|--------------------------|-------------------|----------|--------|-----|---------|-------------|----------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1676 | Сланці філітові, тонкорозсла нцьо- вані, які дають при вивітрюванні тонкий листовий щебінь. | Нап | 20 | | 100 | 63 | 2 | 2 0 | відкриті |
| | | | 10 | | 120 | 60 | 1 | 1 4 | |
| | | 14 | | 115 | 66 | 1 | 1 5 | Тектонічний | |
| | | 4 | | 205 | 65 | 1 | 1 7 | | |
| | | 10 | | 0 | 62 | 1 | 1 0 | | |
| | | 8 | | 300 | 33 | 2 | 2 2 | | |
| | | 14 | | 80 | 15 | 1 | 2 7 | | |
| | | 5 | | 350 | 58 | 2 | 0 7 | | |
| | | 4 | | 20 | 60 | 1 | 1 0 | | |
| | | 6 | | 320 | 31 | 1 | 1 4 | | |
| | | 7 | | 160 | 22 | 1 | 0 5 | | |
| | | 4 | | 260 | 36 | 1 | 0 8 | | |
| | | 5 | | 30 | 78 | 1 | 0 0 | | |
| | | 12 | | 60 | 41 | 1 | 1 6 | | |
| 4 | | 200 | 75 | 1 | 1 7 | | | | |
| 2 | | 180 | 62 | 2 | 1 5 | | | | |
| 1423 | Вапняки доломіти- зовані, світло-сірі, з рідкими прошарками вапняковис- тих піщаників потужністю 0,5-1,5 м. Породи | Напластування тектонічні | 7 | | 100 | 72 | 2 | 1 3 | відкриті |
| | | | 4 | | 120 | 50 | 1 | 0 7 | |
| | | | 6 | 110 | | 90 | 2 | 1 2 | |
| | | | 5 | 10 | | 90 | 2 | 2 7 | |
| | | | 5 | 310 | | 90 | 3 | 0 4 | |
| | | | 10 | 100 | | 90 | 1 | 2 0 | |
| | | | 10 | 10 | | 90 | 1 | 2 8 | |
| | | | 8 | 40 | | 90 | 2 | 1 7 | |
| | | | 6 | | 300 | 58 | 2 | 1 3 | |
| | | | 10 | 20 | | 90 | 1 | 2 4 | |
| | | | 7 | 300 | | 90 | 1 | 2 8 | |
| | | | 10 | | 20 | 72 | 1 | 2 5 | |
| | | | 5 | | 20 | 56 | 2 | 0 5 | |
| | | | 10 | | 120 | 50 | 2 | 2 0 | |
| 5 | | 200 | 32 | 1 | 1 4 | | | | |
| 10 | 280 | | 90 | 1 | 1 7 | | | | |
| 20 | 310 | | 90 | 0 5 | 2 8 | | | | |
| 20 | | | | | | | | кальц | |
| 20 | | 100 | 21 | 0 5 | 2 9 | | | | |

Варіант 23

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пустотності, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, | Заповню |
|-------------|---|---------------|-------------------|----------|--------|------|---------|----------|-----------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1439 | Залізистий кварцит червонувато-жовтий з прожилками, збагачений гематитом, сильно-тріщинуватий. Землі | Тектонічні | 10 | 200 | | 90 | 1 | 1.0 | відкриті |
| | | | 12 | | 250 | 25 | 2 | 1.7 | |
| | | | 10 | | 10 | 75 | 1 | 2.2 | |
| | | | 10 | | 80 | 75 | 1 | 0.7 | |
| | | | 12 | 130 | | 90 | 2 | 0.7 | |
| | | | 10 | | 210 | 75 | 2 | 2.6 | |
| | | | 10 | 110 | | 90 | 1 | 1.7 | |
| | | | 10 | | 56 | 90 | 1 | 2.5 | |
| | | | 10 | 200 | | 90 | 2 | 1.2 | |
| | | | 8 | 140 | | 90 | 2 | 1.7 | |
| | | | 6 | 240 | | 90 | 2 | 2.0 | |
| | | | 10 | | 210 | 82 | 1 | 0.8 | |
| | | | 10 | | 40 | 63 | 1 | 2.0 | |
| | | | 5 | | 300 | 61 | 2 | 1.8 | |
| 12 | 310 | | 90 | 1 | 1.7 | | | | |
| 10 | | 110 | 35 | 1 | 1.5 | <аль | | | |
| 1686 | Вапняки світло-сірі, мармуризовані, масивні, із прошарками кременистих сланців, потужністю 2-10 см сильнотріщинуваті. Тріщини | Напластування | 9 | - | 85 | 85 | 2 | 0.7 | відкритий |
| | | | 7 | | 10 | 75 | 2 | 0.6 | |
| | | | 8 | | 110 | 85 | 1 | 0.7 | |
| | | | 2 | | 240 | 16 | 2 | 1.8 | |
| | | | 10 | | 0 | 76 | 1 | 1.5 | |
| | | | 12 | | 90 | 78 | 1 | 2.3 | |
| | | | 16 | | 170 | 32 | 1 | 2.0 | |
| | | | 7 | | 40 | 35 | 1 | 2.7 | |
| | | | 4 | | 110 | 72 | 1 | 2.6 | |
| | | | 8 | | 20 | 76 | 1 | 2.5 | |
| | | | 10 | | 0 | 10 | 1 | 0.7 | |
| | | | 5 | | 220 | 25 | 1 | 0.0 | |
| | | | 4 | | 20 | 65 | 2 | 2.0 | |
| | | | 10 | | 90 | 90 | 1 | 0.6 | |
| | | 5 | | 20 | 63 | 1 | 0.8 | | |
| | | Кліваж | 10 | | 220 | 85 | 0.5 | 1.7 | відкриті |
| | | | 12 | | 60 | 41 | 1 | 1.6 | |
| | | | 4 | | 200 | 75 | 1 | 1.7 | |
| 2 | | | 180 | 62 | 2 | 1.5 | | | |
| 5 | 310 | | 90 | 2 | 0.4 | | | | |
| 10 | | 210 | 31 | 1 | 1.6 | | | | |

Варіант 24

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пустотності, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, мм | Довжина, м | Заповнювач |
|-------------|---|--------------------------|-------------------|----------|--------|-----|------------|------------|-------------------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | |
| 1239 | Вапняки чорні, крупнокристалічні, бітумінозні, з різким запахом сірководню, розбиті великою кількістю тріщин, | Нап | 10 | | 225 | 25 | 1 | 2.7 | відкритий |
| | | | 12 | | 200 | 25 | 2 | 1.6 | |
| | | Тектонічні | 7 | | 270 | 25 | 1 | 2.4 | |
| | | | 3 | | 355 | 85 | 1 | 1.7 | |
| | | | 8 | | 70 | 63 | 1 | 1.0 | |
| | | | 5 | | 340 | 22 | 2 | 0.2 | |
| | | | 3 | | 170 | 75 | 1 | 1.7 | |
| | | | 6 | | 260 | 86 | 2 | 2.0 | |
| | | | 3 | | 10 | 25 | 3 | 2.5 | |
| | | | 7 | | 215 | 70 | 2 | 1.3 | |
| | | Кліваж | 4 | | 120 | 70 | 1 | 2.7 | |
| | | | 6 | 100 | | 00 | 1 | 2.6 | |
| | | | 2 | | 0 | 62 | 2 | 2.5 | |
| | | | 6 | 205 | | 00 | 2 | 3.0 | |
| | | | 4 | 20 | | 00 | 3 | 2.3 | |
| | | | 2 | 135 | | 00 | 2 | 1.2 | |
| 15 | | | 340 | 25 | 1 | 2.0 | | | |
| 5 | | | 10 | 25 | 3 | 2.5 | | | |
| 3 | - | 140 | 70 | 2 | 2.0 | ка | | | |
| 1686 | Вапняки світло-сірі, мармуризовані, потужні, із прошарками кременистих сланців, потужністю 2-10 см | Напластування тектонічні | 0 | | 85 | 82 | 2 | 0.7 | кальцит відкритий |
| | | | 7 | | 10 | 75 | 2 | 0.6 | |
| | | | 8 | | 110 | 85 | 1 | 1.7 | |
| | | | 3 | | 340 | 16 | 2 | 1.8 | |
| | | | 10 | | 0 | 76 | 1 | 1.5 | |
| | | | 12 | | 00 | 78 | 1 | 2.3 | |
| | | | 16 | | 170 | 32 | 1 | 2.0 | |
| | | | 7 | | 40 | 35 | 1 | 2.7 | |
| | | | 5 | | 150 | 56 | 1 | 2.0 | |
| | | | 12 | 180 | | 00 | 1 | 3.0 | |
| | | | 7 | | 20 | 78 | 1 | 3.1 | |
| | | | 4 | | 110 | 72 | 1 | 2.6 | |
| | | | 8 | | 20 | 76 | 1 | 2.5 | |
| | | | 10 | | 0 | 10 | 1 | 0.7 | |
| 5 | | 330 | 25 | 1 | 0.0 | | | | |
| 4 | | 20 | 65 | 1 | 2.0 | | | | |

Варіант 25

Побудувати розу-діаграму тріщинуватості, кругову діаграму, розрахувати коефіцієнт тріщинної пустотності, дати аналіз отриманих результатів.

| Відслонення | Опис порід | Генетичні | Кількість замірів | Елементи | | | Ширина, | Довжина, | Заповнюв | | | |
|-------------|--|--------------------------|-------------------|----------|--------|-------------------|---------|----------|----------|------|-----|----------|
| | | | | азимут | азимут | кут | | | | | | |
| 1270 | Вапняки світло-сірі, потужні 3 рідкими прошарками кременистих сланців, потужністю 5-10 см, розбиті великою кількістю | Напластування тектонічні | 5 | - | 270 | 75 | 2 | 0,2 | відкри | | | |
| | | | 4 | - | 350 | 90 | 10 | 2,0 | | | | |
| | | | 3 | 270 | - | 90 | 2 | 1,5 | | | | |
| | | | 3 | - | 340 | 52 | 7 | 1,7 | | | | |
| | | | 3 | - | 310 | 35 | 2 | 1,3 | | | | |
| | | | 2 | - | 140 | 63 | 2 | 2,1 | | | | |
| | | | 5 | - | 0 | 72 | 1 | 2,2 | | | | |
| | | | 5 | - | 90 | 45 | 1 | 2,6 | | | | |
| | | | 4 | 0 | - | 90 | 1 | 1,0 | | | | |
| | | | 10 | - | 200 | 45 | 2 | 0,5 | | | | |
| | | | 4 | - | 250 | 85 | 10 | 0,5 | | | | |
| | | | 7 | - | 260 | 75 | 1 | 0,7 | | | | |
| | | | 4 | 20 | - | 90 | 2 | 1,2 | | | | |
| | | | 4 | 270 | - | 90 | 2 | 1,3 | | | | |
| | | | 3 | 180 | - | 90 | 3 | 2,3 | | | | |
| | | | 2 | - | 310 | 72 | 2 | 2,8 | | | | |
| 5 | 320 | - | 56 | 2 | 2,5 | | | | | | | |
| 3 | - | 320 | 25 | 10 | 0,7 | кальцит відкритий | | | | | | |
| 1260 | Вапняки доломітизовані, світло-сірі, мармуризовані, із прошарками кременистих сланців, потужністю | Тектонічні | 5 | - | 70 | | 60 | 10 | 1 | каль | | |
| | | | 3 | - | 320 | | 31 | 5,1 | 0,5 | | | |
| | | | 5 | 350 | - | | 90 | 10 | 1,7 | | | |
| | | | 5 | - | 320 | | 18 | 1,1 | 1,5 | | | |
| | | | 5 | 240 | - | | 90 | 10 | 2 | | | |
| | | | 5 | 260 | - | | 90 | 2 | 0,5 | | | |
| | | | 3 | - | 350 | | 76 | 3 | 3 | | | |
| | | | 3 | - | 20 | | 15 | 3 | 2,5 | | | |
| | | | 5 | 100 | - | | 90 | 2 | 1 | | | |
| | | | 5 | 270 | - | | 90 | 1 | 0,7 | | | |
| | | | 7 | 90 | - | | 90 | 10 | 2,1 | | | |
| | | | Кліва | 10 | - | | 20 | 66 | 2 | | 2,3 | відкриті |
| | | | | 7 | - | | 40 | 42 | 5 | | 1,5 | |
| | | | | 6 | - | | 270 | 60 | 3 | | 0,6 | |
| | | | | 10 | - | | 120 | 59 | 2 | | 2,9 | |

Додаток 2

Класифікація гранулометричних елементів

| Назва фракції | Розмір часток | |
|--|---------------|-------------|
| Валуни (обкатані), каміння (уламкові) | Крупні | >800 |
| | Середні | 800-400 |
| | Дрібні | 400-200 |
| Галька (обкатані), щебінь (уламкові) | Дуже | 200-100 |
| | Крупні | 100-60 |
| | Середні | 60-40 |
| Гравій (обкатані), дресва (уламкові) | Дрібні | 40-20 |
| | Крупні | 20-10 |
| | Середні | 10-4 |
| Піщані частки (пісок) | Дрібні | 4-2 |
| | Дуже | 2-1 |
| | Крупні | 1-0.5 |
| | Середні | 0.5-0.25 |
| Пилуваті частки | Дрібні | 0.25-0.1 |
| | Тонкі | 0.1-0.05 |
| | Крупні | 0.05-0.01 |
| Г линисті частки | Дрібні | 0.01-0.005 |
| | Грубі | 0.005-0.001 |
| | Тонкі | <0,001 |

Піщані та великоуламкові ґрунти

| Вид ґрунту | Розподіл часток ґрунту за крупністю у |
|-------------------------|--|
| А Великоуламкові ґрунти | |
| Щебенистий ґрунт (за | Вага часток, крупніше |
| Жорств'яний ґрунт (за | Вага часток, крупніше 2 |
| Б Піщані ґрунти | |
| Пісок гравелистий | Вага часток, крупніше 2 |
| Пісок крупний | Вага часток, крупніше |

| Вид ґрунту | Розподіл часток ґрунту за крупністю у |
|---------------------------|--|
| Пісок середньої крупності | Вага часток, крупніше 0,25 |
| Пісок дрібний | Вага часток, крупніше 0,1 |
| Пісок пилюватий | Вага часток, крупніше 0,1 |

Глинисті ґрунти

| Назва ґрунту | Вміст часток у відсотках за вагою | | |
|---------------------|--|--------------------------|-----------------|
| | ГЛИНИ | пилюватих | піщаних |
| Глина важка | >60 | Менше, ніж 0,05-0,005 | Менше, 0,005 |
| Глина | >30 | Більше, ніж | Менше, |
| Глина піщана | >30 | Менше, ніж | Більше, |
| Суглинок | 30-20 | Менше, ніж | Більше, |
| Суглинок | 30-20 | Більше, ніж | Менше, |
| Суглинок | 20-15 | Менше, ніж | Більше, |
| Суглинок | 20-15 | Більше, ніж | Менше, |
| Суглинок | 15-10 | Менше, ніж | Більше, |
| Суглинок | 15-10 | Більше, ніж | Менше, |
| Супісок | 10-6 | Менше, ніж | Більше, |
| Супісок | 10-6 | Більше, ніж | Менше, |
| Супісок | 6-3 | Менше, ніж | Більше, |
| Супісок | 6-3 | Більше, ніж | Менше, |
| Пил | <3 | >50 | <50 |

| Назва глинистих | Показники | | Назва різновидів глинистих |
|-----------------|----------------|------------------------|----------------------------|
| | Число пластичн | Вміст піщаних часток у | |
| Супісок | 1-7 | 50 | Супісок |
| | 1-7 | 50 | Супісок |
| | 1-7 | 20-50 | Супісок |
| | 1-7 | 20 | Супісок |
| Суглинок | 7-12 | 40 | Суглинок |
| | 7-12 | 40 | Суглинок |
| | 12-17 | 40 | Суглинок |
| | 12-17 | 40 | Суглинок |
| Глина | 17—27 | 40 | Глина |
| | 17-27 | Не нормується | Глина |
| | 27 | Не нормується | Глина жирна |

Додаток 3
Класифікація ґрунтів за набуханням

| Категорія | Відносна | Тиск набухання |
|--------------|-----------|----------------|
| Ненабухпі | <0.04 | <0.02 |
| Слабконабу | 0.04-0.08 | 0.02-0.09 |
| Середньонабу | 0.08-0.12 | 0.09-0.17 |
| Сильнонабух | >0.12 | >0.17 |

Додаток 4

Поділ піщаних ґрунтів за величиною коефіцієнта пористості

| Піски | Ступінь ущільнення | | |
|--------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|
| | Щільні | Середньої | Пухкі |
| Гравелисті, крупні | $\epsilon < 0,55$ | $0,55 < \epsilon < 0,70$ | $\epsilon > 0,70$ |
| Льїбні | $\epsilon < 0,60$ | $0,60 < \epsilon < 0,75$ | $\epsilon > 0,75$ |
| Пилуваті | $\epsilon < 0,60$ | $0,60 < \epsilon < 0,80$ | $\epsilon > 0,80$ |

Додаток 5

Щільність різних типів осадових, магматичних і метаморфічних ґрунтів

| Порода | Щільність г/см ³ | | | |
|-----------|-----------------------------|------|-------------------|------|
| | від | до | Найбільш імовірні | |
| | | | від | до |
| Ліатоміт | 0,40 | 0,90 | — | — |
| Опока | 1,00 | 2,00 | 1,30 | 1,40 |
| Лес | 1,15 | 2,05 | 1,30 | 1,60 |
| Пісок | 1,30 | 2,20 | 1,40 | 1,70 |
| Глина | 1,30 | 2,50 | 1,75 | 2,30 |
| Крейла | 1,30 | 2,60 | — | — |
| Пісковик | 1,50 | 3,00 | 2,10 | 2,40 |
| Вапняк | 1,50 | 3,00 | 2,40 | 2,65 |
| Алевроліт | 1,75 | 2,97 | 2,20 | 2,55 |
| Мергель | 1,85 | 2,75 | 2,10 | 2,60 |
| Лопоміт | 1,95 | 3,05 | 2,30 | 2,75 |
| Аргіліт | 2,05 | 2,70 | 2,30 | 2,50 |
| Ангідрит | 2,10 | 2,98 | 2,85 | 2,95 |
| Гіпс | 2,15 | 2,40 | 2,25 | 2,30 |
| Граніт | 2,50 | 2,70 | 2,62 | 2,65 |
| Кварцит | 2,50 | 2,80 | 2,60 | 2,65 |
| Ліорит | 2,70 | 2,90 | 2,80 | 2,80 |
| Базальт | 2,70 | 3,30 | — | — |
| Габро | 2,98 | 3,15 | — | — |

Додаток 6

Щільність часток різних петрографічних типів ґрунтів

| Порода | Щільність, г/см ³ | | | |
|----------------------|------------------------------|------|-------------------|------|
| | від | до | Найбільш імовірні | |
| | | | від | до |
| Мергель | 2 37 | 2 92 | 2 65 | 2 8 |
| Алевроліт | 2 40 | 3 04 | 2 63 | 2 73 |
| Пісковик | 2 40 | 3 20 | 2 60 | 2 70 |
| Вапняк | 2 41 | 2 98 | 2 70 | 2 75 |
| Лополіт | 2 55 | 3 19 | 2 77 | 2 88 |
| Граніт | 2 63 | 2 75 | 2 64 | 2 67 |
| Крейла | 2 63 | 2 73 | — | — |
| Аргіліт | 2 63 | 2 86 | — | — |
| Мармур | 2 64 | 2 82 | 2 68 | 2 72 |
| Кварцит | 2 65 | 2 80 | 2 66 | 2 70 |
| Ангідрит | 2 72 | 2 99 | 2 87 | 2 98 |
| Доломітове вапняк | 2,81 | 2,91 | - | - |
| Габро | 3 00 | 3 2 | — | — |
| Пісок | 2 50 | 2 8 | 2 63 | 2 67 |

Додаток 7

| Ізживлено-геологічна класифікація гірських порід для будівництва (за І клас. Скельні породи) | | |
|--|--------------------------------|-------------------------------|
| Граніт. Діабаз. Порфірит. Базальт | I група, магматичні | I категорія Водостійкі (не |
| Кварцит. Мармур. Кременисті сланці | II група, метаморфічні | |
| Кременисті конгломерати. | II група, осадові | |
| Вапняки. Ракушняки. Доломітизовані | I група, органогенні | II категорія Водонестійкі |
| Кам'яна сіль. Гіпс. Ангідрит | II група, хімічні осадки | |
| Вапняковий пісковик. Вапняковий | III група, зцементовані | |
| Аргіліти. Алевроліти. Мергелісті глини. Опокоподібні глини | слабороз- водостійкі МО- | I категорія |
| Різні глини, суглинки та супіски в різних консистенціях | I група, твердої та | II категорія Водонестійкі |
| | II група, пластичної | |
| | II група, | |
| Галечники, щебінь, дресва та гравій | I група, грубоуламко | I категорія Водостійкі |
| Кварцові, польовошпатові | II група, піски | |
| Вапняковий щебінь. Вапняковий галечник | I група, грубоуламко | II категорія |
| Доломітові, гіпсові пісковики | II група, піски | |
| Крейда. Лес. Соленосні ґрунти. Мул. Торф. Ґрунти | | IV особли- ві породи |

Регіональна інженерна геологія

(тези лекцій)

Лекція 1. Визначення регіональної інженерної геології, зв'язок з іншими науками. Історія її становлення та розвитку .

План лекції:

- Визначення регіональної інженерної геології, зв'язок з іншими науками.
- Історія її становлення та розвитку

Інженерна геологія – це галузь геології, яка вивчає динаміку верхніх шарів земної кори в зв'язку з інженерною діяльністю людини. Основні її завдання визначились як прогноз взаємодії інженерної споруди з геологічним середовищем під час будівництва і експлуатації.

В наш час будь-які інженерні заходи повинні оцінюватись не тільки з точки зору можливості їх здійснення, але і з позицій впливу їх на оточуюче середовище; технічна можливість і економічна доцільність будівництва визначаються не тільки фізико-механічними властивостями ґрунтів, але і тим, як та чи інша інженерна споруда "впишеться" в природну обстановку.

Регіональна інженерна геологія – розділ інженерної геології, який вивчає закономірності формування, розподілу інженерно-геологічних умов різних структурних елементів земної кори, а також прогнозує їх зміну під впливом інженерно-господарської діяльності людини.

Це наймолодший науковий напрямок інженерної геології, що сформувався у 50-ті роки минулого століття. Теоретичні основи цього наукового напрямку закладені у роботах І.В.Попова, М.І.Ніколаєва і розвинуті далі в роботах Л.Д.Білого, М.В.Чурінова, Г.А.Голодковської, Г.К.Бондарика, І.С.Комарова, Є.М.Сергєєва, В.Т.Трофімова та інших.

Методологічною основою регіонально-інженерно-геологічних досліджень є аналіз історико - геологічного і генетичного шляхів розвитку і становлення тих геологічних рис місцевості, які визначають інженерно-геологічні умови, виходячи з положення, що рівнозначними в інженерно-геологічному відношенні можуть бути ділянки земної кори, які пережили однаковий хід геологічного розвитку.

Взаємодія з другими дисциплінами

РІГ поряд з ґрунтознавством та інженерною геодинамікою відноситься до фундаментальних інженерно-геологічних дисциплін. Водночас вона перебуває у тісному зв'язку з багатьма іншими науками (наприклад, спеціальна інженерна геологія, інженерна геологія родовищ корисних копалин, інженерні споруди, механіка гірських порід, інженерна меліорація порід, інженерне мерзлотознавство, інженерна гідрогеологія та ін.). Регіональна інженерна геологія взаємодіє із чотирма групами дисциплін: фундаментальними, соціально-економічними, супроводжуваними (другого плану) та спорідненими (першого плану).

До споріднених дисциплін можуть бути віднесені геологічні, гірські та географічні. Їхній перелік дуже широкий. Назвемо, наприклад, основні геологічні дисципліни: структурна геологія, літологія, тектоніка, геоморфологія, гідрогеологія, геокріологія, історична геологія, геологія родовищ корисних копалин, геодинаміка, геохімія та ін. Серед гірських дисциплін, що визначають розуміння гірничо-геологічної будівництва та експлуатація гірничих виробок, рекультивация порушених територій.

Регіональна інженерна геологія вивчає закономірності територіального розподілу інженерно-геологічних умов геологічного середовища у зв'язку з будівельною і господарською діяльністю, регіональний і зональний характер розповсюдження інженерно- геологічних

процесів і явищ; оцінює стосовно певної території геологічні чинники, що визначають умови будівництва та експлуатації споруд; дає прогноз змінам і інженерно- геологічних умов в результаті будівництва.

1.1. Інженерно-геологічні умови і засади районування територій

Інженерно-геологічні умови - сукупність характеристик компонентів геологічного середовища досліджуваної території (рельєфу, складу і стану ґрунтів, умов їхнього залягання і властивостей, включаючи підземні води, геологічних та інженерно- геологічних процесів і явищ), які впливають на умови проектування і будівництва, а також на експлуатацію інженерних споруд відповідного призначення.

Г е о л о г і ч н і ф о р м а ц і ї - це закономірні асоціації гірських порід, визначеного складу та будови, що відображають походження,

і геодинамічний режим і структурно-тектонічні умови формування. В кожній формації виділяють геолого -генетичні комплекси гірських порід. Наприклад, в складі формації континентальних уламкових відкладів антропогену Прип'ятської западини виділяють середньо-, верхньочетвертинні і сучасні комплекси алювіальних, флювіогляціальних, еолово-делювіальних і озерно-болотних відкладів.

Лекція № 2 Інженерно-геологічні умови і засади районування територій

Інженерно-геологічні умови - сукупність характеристик компонентів геологічного середовища досліджуваної території (рельєфу, складу і стану ґрунтів, умов їхнього залягання і властивостей, включаючи підземні води, геологічних та інженерно- геологічних процесів і явищ), які впливають на умови проектування і будівництва, а також на експлуатацію інженерних споруд відповідного призначення.

Основними об'єктами регіональних інженерно- геологічних досліджень виступають

- геологічні формації,
- геолого- генетичні комплекси гірських порід,
- ґрунти,
- тектонічні і деформаційні структури,
- підземні води,
- елементи рельєфу,
- прояви інженерно-геологічних процесів та явищ.

Геоморфологічні умови - ерозійні та акумулятивні форми рельєфу (заплати річок, тераси, схили, плато і т.д.), зв'язок його із складом гірських порід, динаміка формування і вік рельєфу. Гідрогеологічні умови - глибина залягання водоносних горизонтів, що мають інженерно-геологічне значення, напори і режим їхніх рівнів, хімічний склад води (зокрема її агресивність), вплив підземних вод на геологічні процеси і явища (карст, суфозія, пливуні, оповзи і т. д.).

Г е о л о г і ч н і ф о р м а ц і ї - це закономірні асоціації гірських порід, визначеного складу та будови, що відображають походження, геодинамічний

режим і структурно-тектонічні умови формування. В кожній формації виділяють геолого-генетичні комплекси гірських порід.

При плануванні інженерно-геологічних вишукувань склад і об'єми робіт призначаються залежно від категорії складності інженерно-геологічних умов досліджуваної території. Категорії складності інженерно-геологічних умов слід встановлювати за сукупністю факторів, що вказані у таблиці. Якщо який-небудь окремих фактор відноситься до більш високої категорії складності і є визначним при прийнятті основних проектних рішень, то категорію складності інженерно-геологічних умов слід встановлювати за цим фактором.

Засади інженерно-геологічного районування полягають в послідовному діленні території, що досліджується, на окремі частини (таксономічні територіальні одиниці), які характеризуються все більшою і більшою однорідністю інженерно-геологічних умов. Найбільш детально засади інженерно-геологічного районування викладені і обґрунтовані в роботах І.В. Попова (1961), яким всі природні чинники, що обумовлюють сучасні інженерно-геологічні умови місцевості, поділено на дві групи: регіональні геологічні і зональні геологічні.

Таким чином, при класичному інженерно-геологічному районуванні в основу розподілу територій покладено комплекс критеріїв, які дозволяють довести його до будь-якого необхідного для практики ступеню детальності. При цьому, як співупорядковані територіальні і н ж е н е р н о - г е о л о г і ч н і о д и н и ц і, виділяються регіони, області, райони, ділянки. Методику їх виділення розглянуто в наступному розділі. Регіони - найбільші територіальні таксономічні одиниці - виділяються за структурно-тектонічними ознаками, які характеризуються певними особливостями геологічною будови земної кори, поширенням тих чи інших тектонічних структур. Області - дещо менші таксономічні одиниці - виділяють за геоморфологічними ознаками. В окремі області виділяють рівнини,

височини, низовини, гірські хребти і пасма, а також території заплав, надзаплавних терас, корінних схилів, балок.

ЛЕКЦІЯ № 3. Характеристика інженерно-геологічних регіонів України

Основою для виділення інженерно-геологічних регіонів на території України служать відомі тектонічні структури земної кори. Межі регіонів і цих структур не завжди співпадають, а інженерно-геологічні регіони можуть охоплювати і декілька близьких в геодинамічному відношенні тектонічних одиниць.

Основні тектонічні структури на території України належить переважно до Східноєвропейської (Руської) платформи. Це Український кристалічний щит, Дніпрово-Донецька западина, Волино-Подільська плита, Південноукраїнська монокліналь та Воронежський масив. На південно-східному продовженні Дніпрово-Донецької западини виділяється герцинський Складчастий Донбас, який в минулому був геосинкліналлю. Більш молоді Карпатський і Кримський орогени належать вже до геосинклінального Альпійсько-Гімалайського складчастого поясу. Між цим поясом і платформою виділяються герцинські Скіфська і Рава-Руська епіоронгенні зони. На основі особливостей геологічної будови зазначених тектонічних елементів земної кори в межах України виділяються девять інженерно-геологічних регіонів : Український щит, Волино-Подільський регіон, Дніпрово-Донецька западина, Донецький басейн, Причорноморська западина, Гірський Крим, Індоло-Кубанський прогин, Карпатська складчаста система, Закарпатська западина, які включають інженерно-геологічні області і райони.

Кримський ороген (мегананпорій) Український щит - це виступ гнейсогранітного шару земної кори, що характеризується дуже складною будовою.

У геоморфологічному відношенні територія щита поділяється на чотири інженерно-геологічні області: 1) Акумулятивно-денудаційні рівнини Житомирського Полісся, 2) Структурноденудаційно-акумулятивні рівнини Придністровсько-Придніпровської височини. 3) Акумулятивно-денудаційні

рівнини Придніпровської височини, 4)Денудаційно-аккумулятивні рівнини Приазовської височини.

У фундаменті Українського щита виділяється низка тектонічних мегаблоків і міжблокових шовних зон, складених перем'ятими в складки і пронизаними численними інтрузіями метаморфічними та ультраметаморфічними породами архейської та Інженерно-геологічні умови регіону в цілому визначаються хвилястим, розчленованим рельєфом, крутими схилами долин, широким розвитком четвертинних відкладів. Багато видів будівництва ускладнюються широко розповсюдженими просідними лесовими породами і штучним техногенним підтопленням території протерозойської акротем.

Волино-Подільський регіон розташований на південному заході Східноєвропейської платформи між Українським щитом на сході, Причорноморською западиною на півдні і Карпатською складчастою системою на заході. Регіон охоплює чотири інженерно-геологічні області: 1)Акумулятивно-денудаційні рівнини Волинського Полісся, 2)Денудаційно-аккумулятивні рівнини Волинської височини, 3)Акумулятивно- денудаційні рівнини Малого Полісся, 4) Структурно- денудаційні рівнини Подільської височини. Поверхня Волинської височини полого-хвиляста з абсолютними

Дніпровсько-Донецька западина межує з Українським щитом на заході та Донецькою складчастою системою на південному сході. На півночі до цього інженерно-геологічного регіону відноситься також Воронежський масив. В даному регіоні за геоморфологічними ознаками виділяються сім інженерно-геологічних областей: 1) Акумулятивні рівнини-низовини Київського Полісся, 2) Акумулятивні рівнини-низовини Чернігівського Полісся, 3) Акумулятивноденудаційні рівнини Новгород-Сіверсько-Полісської низовини, 4) Денудаційно- аккумулятивна рівнина Київсько-Канівської височини, 5)Акумулятивна Черкасько-Прилуцька рівнина, 6) Акумулятивна Полтавська рівнина, 7) Акумулятивно-денудаційні рівнини Середньоруської височини.

Воронезький масив являє собою підняття, пов'язане з виступом архейсько-ранньопротерозойського кристалічного фундаменту. В центральній його частині кристалічні породи залягають під покривом мезокайнозойських відкладів на глибині до 200 м на абсолютних позначках вище нуля. Південний схил масиву, який заходить на територію України, побудований двома структурними поверхами: герцинським (середній та верхній девон), що представлений карбонатно-теригенною та карбонатною формацією; та альпійським, в будові якого приймають участь теригенна формація верхньої юри - нижньої крейди і карбонатна формація верхньої крейди. Завершує цей поверх теригенна формація палеогену.

Донецький басейн в геоструктурному відношенні відповідає Складчастому Донбасу, а в геоморфологічному - Донецькому кряжу. Межує з Дніпровсько-Донецькою западиною та Українським щитом. В межах регіону виділяються чотири інженерно-геологічні області:

При оцінці інженерно-геологічних умов території Складчастого Донбасу, як ні для якого іншого регіону, важливу роль відіграє врахування інженерно-господарської діяльності людини. Її масштаби і інтенсивність на окремих ділянках є визначальним фактором формування інженерно-геологічних умов. Велике значення мають процеси накопичення техногенних відкладів у вигляді териконів (щорічно видобуваються близько 70 млн. м³ гірської породи, виділяються для складування 700-800 та земельних угідь (вже зайнято близько 15 тисяч га).

Лекція № 4. Причорноморська западина

Причорноморська западина в геоструктурному відношенні обіймає Південноукраїнську монокліналь і Скіфську епіорогенну зону на півдні Східноєвропейської платформи. Межує з Українським щитом і Гірським Кримом. У зазначених межах Причорноморська западина являє собою платформенну структуру, кристалічний фундамент якої занурений у південному напрямку на різну, загалом на значну (до 5-7 км), глибину. Регіон поділяється на шість інженерно-геологічних областей:

- 1) Акумулятивно-денудаційні рівнини Дунай-Дністровської низовини,
- 2) Акумулятивно-денудаційні рівнини Дністер- Дніпровської низовини,
- 3) Акумулятивно-денудаційні рівнини Дніпро-Молочанської низовини,
- 4) Акумулятивна Присивашська рівнина- низовина,
- 5) Акумулятивна Приазовська рівнина-низовина,
- 6) Акумулятивно-денудаційні рівнини Рівнинного Криму.

В геоструктурному відношенні Причорноморська западина є порівняно молодією накладеною структурою.

У літологічному відношенні - це глини, піски та пісковики з проверстками мертелів та вапняків. У верхній частині розрізу переважають карбонатні породи - вапняки та мертелі. Потужність відкладів формації складає 2000-2500м.

Поверхневі четвертинні утворення представлені піщано- глинистими відкладами, серед яких переважають глини, а також залізисті піски та пісковики, що на півдні переходять в оолітові бурі залізняки. На ділянках межиріч поширені червоно-бурі (скіфські) глини потужністю від 5-10 до 60 м (в Альмійській долині).

Значний вплив на зміну режиму підземних вод має будівництво водосховищ та меліоративних систем. Значні запаси підземних вод зосереджені у

Причорноморському та Рівниннокримському артезіанських басейнах серед відкладів палеогену і крейди.

Із екзогенних геологічних процесів та явищ характерними є: зсуви обривистих морських узбережь, ерозійні процеси, карстоутворення, активна абразія морських берегів, розвіювання пісків, а також підтоплення, засолення і просідання ґрунтів.

Інженерно-геологічні умови регіону особливо ускладнені активною інженерно-господарською діяльністю на узбережжях морів і річок. Слід також мати на увазі, що регіон Причорноморська западина відноситься до зон підвищеної сейсмічності, де можуть відбувались землетруси інтенсивністю до 8 балів (за шкалою MSK- 64).

Лекція № 5 Гірський Крим та Індоло-Кубанський прогин

Гірський Крим в геоструктурному відношенні включає весь Кримський альпійський ороген від Балаклави до Феодосії, простягаючись майже на 150 км при ширині до 50 км. З півночі на південь тут виділяють Зовнішнє пасмо - з абсолютними позначками до 250 м, Передгірне пасмо - з позначками до 600-700 м і Головне пасмо, що має характер столових гір з яйлами (слабко-погорбкувате нагір'я) і здіймаються на 1200-1500 м над рівнем моря. Передгірне пасмо відділяється від Головного долиною шириною до 10-12 км. За геоморфологічними особливостями регіон Гірський Крим поділяється на

три інженерно-геологічні області, а саме:

- 1) Низькогірські масиви передгір'я Кримських гір;
- 2) Середньо- та низькогірські масиви Головного пасма Кримських гір;
- 3) Південнобережний схил Кримських гір.

Головне пасмо Кримських гір побудовано кількома тектонічними насувами (покривами). В його основі залягають нижньокрейдові товщі флішоподібних відкладів, туфо-пісковиків і глин, що складають автохтон.

Під південним обривом Кримських гір розвинені численні зсуви та обвали брил юрських вапняків (в морі вздовж узбережжя вони мають вигляд екзотичних останцевих скель).

Північні передові пасма Кримських гір складені крейдовими, палеогеновими і неогеновими відкладами - переважно пісковиками і вапняками, шари яких моноклінально нахилені на північ.

У тріщинах та карстових порожнинах вапнякових порід Гірського Криму накопичуються тріщинно-карстові води, які використовуються для пиття. Незначні /лінзи верховодки зустрічаються серед четвертинних відкладів.

. Не менш значущим в інженерно- геологічному відношенні є та обставина, що цей регіон зазнає активного епейрогенічного підняття і знаходиться у 6-8 бальній сейсмічній зоні, що обумовлює активний перебіг багатьох екзогенних геологічних процесів і явищ. Із сучасних екзогенних геологічних процесів та явищ, характерних для Гірського Криму, слід назвати: абразійні процеси на морських узбережжях; процеси площинної і струменевої ерозії, що розвиваються майже повсюдно; селеві процеси, лавини, обвали, які мають місце на схилах Головного пасма; зсуви, що мають значне поширення.

Індоло-Кубанський прогин як крупний інженерно-геологічний регіон на території України займає лише Керченський півострів і входить до Керченско-Таманської складчастої області. В геоструктурному сенсі до нього належать південна частина Індольського прогину, а також Владиславівський і Краснопільський тектонічні покриви. Для регіону характерний горбисто-пасмовий рельєф з абсолютними позначками до 190 м. В котловинах, що розділяються нерідко еліптичними за формою пасмами пагорбів, де-інде піднімаються характерні для півострова конуси грязьових вулканів. В межах регіону виділяються дві інженерно-геологічні області: 1) Південно-Західна акумілятивно-денудаційна Керченська рівнина- низовина та 2) Північно-Східна структурно-денудаційна Керченська рівнина-низовина, розмежовані невисоким Парпацьким гребенем.

Підземні води в Індоло-Кубанському регіоні зосереджені в Азово-Кубанському артезіанському басейні і мають глибоке залягання. До сучасних ендеогенних геологічних процесів на території регіону належать грязевий вулканізм і активні епейрогенні рухи. Екзогенні процеси проявлені в площинній ерозії, абразії морських берегів, засоленні ґрунтів.

Лекція № 6 Карпатська складчаста система

Карпатська складчаста система включає групу паралельних невисоких (до 1,5-2 км) хребтів, що простягаються смугою шириною 100-110 км з північного заходу на південний схід більше як на 270 км.

Регіон поділяється на чотири інженерно-геологічні області:

- 1) Акумулятивно-денудаційні рівнини Передкарпатської височини,
- 2) Середньо- та низькогірські масиви Зовнішніх Карпат,
- 3) Середньо-та низькогірські масиви Вододільно-Верховинських Карпат,
- 4) Середньовисотні Полонинсько-Чорногорські та Рахівсько-Чивчинські гірські хребти і пасма.

В межах Карпатської складчастої споруди виділяється чотири структурно-формаційні зони:

- 1) Передкарпатський передовий або крайовий прогин,
- 2) Флішові Карпати,
- 3) Мармароський пояс,
- 4) зона Пенінських скель.

Пердкарпатський прогин виповнений переважно крупноуламковими відкладами моласової формації неогену. На них із південного заходу насунуті Флішові Карпати у вигляді числених алохтоних лусок (скиб) різної потужності.

Зона Пенінських скель за своєю будовою надзвичайно складна і трактується як тектонічний меланж (суміш) гірських порід різного віку і складу, серед яких брили твердих вапняків юри в рельєфі утворюють екзотично піднесені скелі. Ця тектонічна зона відділяє Зовнішні Карпати і Мармароський пояс від Внутрішніх Карпат і Закарпатського прогину.

Регіон Складчастих Карпат бідний на підземні води. Гідрогеологічна область пластово-тріщинних і міжпластових вод Українських Карпат складається з двох різних частин:

1) власне складчастої споруди Карпат, де підземні води мають переважнопластово-тріщинний характер, у флішових відкладах крейди і палеогену;

2) Передкарпатського прогину з багатими підземними водами в неогенових і антропогенових відкладах. Грунтові води у відкладах антропогену можуть залягати на глибинах 0,5-10 м і є прісними. У Передкарпатті розвинені головним чином мінералізовані хлоридні і сульфатні води.

Регіон Складчастих Карпат зазнає активного епейрогенічного підняття і знаходиться у 6-7 бальній сейсмічній зоні.

У Передкарпатті небезпечними інженерно- геологічними процесами є провали і просідання ґрунтів, пов'язані з соляним карстом і підземним видобутком калійної солі (в районі м. Калуш). На крутих схилах долин правих приток Дністра та Прута поширені зсуви, інтенсивному розвитку яких сприяє інженерна діяльність людини - підрізка схилів, кар'єрні розробки, техногенні вібрації, а з природних факторів - ерозійні процеси та землетруси.

Закарпатська западина обіймає три досить своєрідні інженерно-геологічні області:

- 1) Низькогірне Вигорлат-Гутинське вулканічне пасмо,
- 2) Акумулятивну Закарпатську западину, та
- 3) Денудаційно- акумулятивну Верхньотисенську улоговину.

Закарпатський міжгірський артезіанський басейн за структурно-фаціальними особливостями водовміщуючих відкладів поділяється на три інженерно-геологічні райони:

- Чоп-Мукачівський артезіанський басейн, в якому зосереджені основні запаси прісних підземних вод,
- район Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма та
- Солотвинський артезіанський басейн.

Останній - це район переважного використання вод алювіальних відкладів, оскільки в неогенових відкладах на невеликих глибинах від поверхні розвинені високомінералізовані води.

Закарпатська западина загалом зазнає епейрогенічного опускання і знаходиться у 7 бальній сейсмічній зоні. Із екзогенних геологічних процесів і явищ тут поширені площинна і яружна ерозія, акумуляція четвертинних відкладів, зсуви, селі, соляний карст, переформування берегів річок під час повеней.

Лекція № 7 .Поширення і районування проявів небезпечних інженерно-геологічних процесів на території України

Україна належить до регіонів із складною структурно-геологічною і сейсмічною обстановкою, що зумовлює широкий розвиток екзогенних інженерно- геологічних процесів: зсувів, карсту, підтоплення, ерозії, абразії та ін., які ускладнюють умови будівництва, а також негативно впливають на безпеку існуючих промислових і житлових об'єктів.

Результати тривалого моніторингу геологічного середовища свідчать про регіональні порушення в системі «вода - породний масив» під впливом гірничих робіт, промислової забудови, меліоративного і гідротехнічного будівництва з накопиченням великих водних мас (в Україні налічується до 24 тис. водосховищ та водойм загальною площею водної поверхні понад 13 тис. км²). На 60% території України розвиваються процеси карстоутворення, зокрема на 27% проявляється відкритий карст.

Найбільш значна ураженість цими процесами спостерігається на території західних (Волинська, Рівненська, Тернопільська), східних (Донецька, Луганська) й південних (Миколаївська, Одеська) областей України. На 50% освоєних схилових площ розвиваються зсуви, що найбільше поширені в Закарпатській, Чернівецькій, Одеській, Дніпропетровській та інших адміністративних областях. На території України зафіксовано близько 23 тис. зсувів, їх кількість у порівнянні з 80-тими роками минулого століття збільшилась майже на 40%, а площа поширення – на 28,8%. На 70% площі гірських водозборів (Івано-Франківська, Чернівецька області й Республіка Крим), переважно у низькогір'ї, розвинуті селеві процеси, ураженість якими становить 3-25%.

Просідання у лесових ґрунтах встановлено на 42% площі їхнього розвитку при загальній площі поширення цих порід на 65% території України. Максимальна потужність лесових просідних товщ складає (в м): в Нікополі - 30, Запоріжжі - 20, Дніпропетровську - 15, Кривому Розі - 10.

Величини просідань залежать від потужності, складу, стану, структури і властивостей лесових порід, величини навантаження, умов змочування, досягають в районі Середнього Дніпра - 0,5 м, в Кривому Розі - 0,5 м, Нікополі - 1,0-1,5 м, Запоріжжі - 1,5-2,0 м і т.д. На схилах в лесових ґрунтах в умовах водонасичення відбуваються зсуви, проявляється яружна ерозія. Підтоплення лесів в зоні впливу водосховищ активізує динамічні процеси в них. На узбережжях водойм, складених лесами, особливо інтенсивно проявляється абразія.

Усе більші території України охоплює підтоплення, яке прогресує в промислово-міських агломераціях, де відбувається значна зміна ландшафтів й існують суттєві втрати з водонесучих комунікацій. За останні 10 років кількість підтоплених міст та селищ міського типу збільшилась майже в 2 рази. Найбільш відчутним є процес підтоплення в районах «мокрої консервації» вугільних шахт і південних регіонах України у зв'язку зі зрошенням сільськогосподарських угідь.

Найінтенсивніше перероблення берегів спостерігається у найбільших в Україні водосховищах Дніпровського каскаду, довжина берегової лінії яких перевищує 3 тис. км. На Чорноморському та Азовському узбережжі повсюди спостерігається активізація абразії, багаторічна швидкість якої досягає 1 м/рік (м. Одеса).

Інтенсивною яружною ерозією вражено 18% території України. Яроутворенням в межах України найбільше охоплена територія лісостепової смуги, похилі передгірні рівнини Карпатських і Кримських гір, окремі ділянки степу. Особливо значних масштабів яружна і площинна ерозії досягли у східних (Донецька, Луганська області) і південних (Одеська область) регіонах країни.

У степових областях України велику шкоду хліборобству завдає вітрова ерозія, що проявляється у вигляді пилових бур. У цілому по Україні

спостерігається стійка тенденція переважно техногенної активізації інженерно-геологічних процесів. Прояви сейсмічної активності зосереджені в основному на південному заході і півдні України. Зокрема в Закарпатті, де неодноразово були землетруси інтенсивністю 6-7 балів (в Україні силу поштовхів і коливань під час землетрусів прийнято вимірювати

за 12-бальною шкалою) епіцентри землетрусів знаходилися в районах населених пунктів Сваляви, Довгого, Тересви, Мукачева, Ужгорода.

Південну частину Тернопільської, Хмельницької, Вінницької та східну частину Одеської областей оконтурюють ізосейсти інтенсивністю до 6 балів.

Більша частина України перебуває в 4- 6-бальній ділянці впливу цієї зони. Південно-західна частина України, що підпадає під безпосередній вплив зони Вранча, потенційно може бути віднесена до 8-бальної зони. Для Криму також характерна інтенсивна (до 5-8 балів) сейсмічна активність.

Південно-Азовська сейсмоактивна зона виділена зовсім недавно. У 1987 році було зафіксовано кілька землетрусів інтенсивністю 5- 6 балів. Крім того, за палеосеймотектонічними та археологічними даними тут встановлено сліди давніх землетрусів.

Активні сучасні екзогенні геологічні процеси, які зумовлені діяльністю гравітаційних сил, підземних та поверхневих вод значно знижують сейсмічну стійкість, а тому можуть негативно впливати на інженерно-сейсмологічні умови промислово-міських агломерацій та важливих промислових об'єктів, навіть при струсах 4-5 балів (MSK-64).

Прискорений розвиток зсувів та карсту, зумовлений техногенною активізацією, спостерігається у Карпатському регіоні країни (Закарпатська, Чернівецька, Львівська, Івано-Франківська області), де їх швидкість перевищує природні показники у 3-10 разів.

У результаті техногенного впливу відбуваються значні зміни у доквіллі окремих регіонів. Чи не найбільші зміни геологічного середовища відбулись

внаслідок функціонування вуглевидобувних підприємств у трьох великих вугільних басейнах - Донбасі, Львівсько-Волинському, а також Дніпровському. Головні з них пов'язані з просіданням денної поверхні.

На території України виділяється кілька карстових областей, з яких найбільшими є: Західнополіська, Подільсько-Буковинська, Придніпровсько-Донецька, Карпатська, Наддністрянська, Північно- Східна, Дніпровсько-Донецька, Причорноморська, Кримська, які відрізняються між собою особливостями геологічної будови і динаміки геологічних процесів.

Таким чином, в Україні процеси карстотворення досить поширені. Тут зустрічаються всі основні літологічні типи карсту - карбонатний (на крейді та на вапняках), сульфатний, соляний. Карстотворення на території України протікає по-різному у різних тектонічних структурах і кліматичних зонах. Більша частина поверхневих форм карстового рельєфу знаходиться в Кримській карстовій області, де закарстовані масиви юрських вапняків виведені висхідними тектонічними рухами на земну поверхню.

Питання для контролю знань

1. Що вивчає регіональна інженерна геологія?
2. Дайте визначення інженерно-геологічним умовам і назвіть основні з них.
3. За якими критеріями визначається перша категорія складності інженерно-геологічних умов?
4. За якими критеріями визначається друга категорія складності інженерно-геологічних умов?
5. За якими критеріями визначається третя категорія складності інженерно-геологічних умов?
6. За якими ознаками виділяються інженерно-геологічні регіони, області, райони та ділянки?
7. Покажіть на контурній карті України інженерно-геологічні регіони.
8. Дайте інженерно-геологічну характеристику Українському щиту.
9. Охарактеризуйте інженерно-геологічні особливості Волино- Подільського регіону.
10. Дайте інженерно-геологічну характеристику Українському щиту.
11. Охарактеризуйте інженерно-геологічні особливості території Дніпрово-Донецької западини.
12. В чому полягають особливості геологічної будови Донецького басейну.
13. Дайте інженерно-геологічну характеристику Причорноморській западині.
14. Охарактеризуйте інженерно-геологічні особливості Гірського Криму.
15. Яка геологічна будова Карпатської складчастої системи?

16. Охарактеризуйте інженерно-геологічні особливості Індоло-Кубанського прогину.
17. Охарактеризуйте інженерно-геологічні особливості Закарпатського прогину.
18. Покажіть на контурній карті України територію поширення просідаючих лесових ґрунтів.
19. Покажіть на контурній карті України прояви сейсмічної активності.
20. Покажіть на контурній карті України найбільші карстові області.