



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І  
ТЕХНОЛОГІЙ ТРАНСПОРТУ  
Кафедра будівельних конструкцій і споруд**

## **ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ  
ТА САМОСТІЙНОЇ ПРАЦІ  
(Перевидання)**

Для студентів спеціальності 07010801  
«Залізничні споруди та колійне господарство» усіх форм навчання

**Київ 2013**

**УДК 624.131.1 (075.8)**

**ББК Д 49Я 73-1**

**Таланов Г.П.** Інженерна геологія: Методичні вказівки до лабораторних робіт та самостійної праці (перевидання) для студентів спеціальності 07010801 «Залізничні споруди та колійне господарство» усіх форм навчання. Київ: ДЕГУТ, 2013. – 44 с.

Методичні вказівки містять рекомендації щодо самостійної праці, основні способи роботи та сучасну методика здійснення лабораторних аналізів ґрунтових проб для отримання їхніх фізичних характеристик відповідно до навчальної програми з дисципліни «Інженерна геологія».

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри «Будівельні конструкції і споруди» (протокол № 7 від 26 лютого 2013 р.) та на засіданні методичної комісії факультету ІРСЗТ (протокол № 9 від 28 травня 2013 р.).

Укладач: Г.П.Таланов, канд. техн. наук, доцент.

Рецензенти: О.А.Василенко, канд. техн. наук, проф. КНУБА;  
А.А.Одинець, канд. техн. наук, проф. КУЕТТ.

## ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Для проектування, будівництва (реконструкції) та експлуатації будь-яких споруд треба знати як і з яких ґрунтів складена їхня основа і які вона має фізико-механічні властивості. Відповіді на ці питання отримують, як правило, з лабораторних аналізів ґрунтових проб, які відбирають під час інженерно-геологічних вишукувань. Від вірогідності отриманих результатів залежать об'єктивність проектування, надійність і техніко-економічні показники споруд.

Ці вказівки знайомлять студентів з методикою проведення лабораторних аналізів ґрунтових проб. У брошурі вміщено матеріал, який необхідний студентам для виконання циклу лабораторних робіт з основ геології та ґрунтознавства, що передбачений навчальною програмою.

Методика визначення ґрунтових характеристик викладена відповідно до державних стандартів. Конкретні вказівки з виконання лабораторних робіт наведені з урахуванням обладнання ґрунтової лабораторії ДЕГУТ. Теоретичні положення обмежені обсягом, який необхідний для отримання найзагальніших уявлень про суть того, що виконується студентами.

Передбачено наступний порядок проведення лабораторних занять. Студент вдома має ознайомитися з майбутньою роботою за цими вказівками і проробити відповідний теоретичний розділ за матеріалами лекцій чи підручником. Одночасно навести у власному лабораторному журналі назву, мету і задачу роботи, визначення (формулювання) шуканих характеристик, потрібні формули для розрахунків, стисле описання методики виконання роботи та підготувати таблицю для занесення результатів експерименту.

На заняттях студент виконує лабораторну роботу і заповнює лабораторний журнал цифровими та графічними результатами досліджу. Заключні висновки в цілому контролює викладач. Після закінчення заняття студент прибирає робоче місце і захищає цю або

попередню роботи.

## ОСНОВИ ГЕОЛОГІЇ

Геологія вивчає будову і розвиток Землі (як планети), а також геологічні процеси, які відбуваються в її надрах і на поверхні. Головним об'єктом вивчення є **літосфера**, складена з мінералів і гірських порід. Саме вона служить джерелом корисних копалин, підземних вод і газів, будівельних матеріалів, основою для різних будівельних споруд, зокрема залізниць.

Вміння відрізнити мінерали один від одного і розпізнавати їх у складі гірських порід необхідно при оцінюванні останніх як будівельних матеріалів, так і основ будинків та споруд. Таке оцінювання ґрунтується на результатах макроскопічного (неозброєним оком) аналізу мінералів і гірських порід за їхніми характерними властивостями.

Найбільш важливе значення для проектування, будівництва, реконструкції та експлуатації залізничних споруд має характер нашарування гірських порід, розповсюдження, залягання, рух і режим підземних вод. Уявлення про це дають геологічні карти і розрізи, карти гідроізогіпс і гідроізоп'єз, складені за даними інженерно-геологічних вишукувань.

### *Лабораторна робота 1*

#### **Макроскопічний аналіз мінералів**

**Мінералом** називають природну хімічну сполуку чи самородний елемент, кристалічний або аморфний, однорідний за своїми фізико-хімічними властивостями. Більша частина мінералів знаходиться у твердому стані (кварц, польові шпати, слюда). Проте вони зустрічаються і в рідкому (вода, нафта, ртуть), і газоподібному (вуглекислий газ, сірководень, метан) станах. Кожний мінерал «має свій хімічний склад, внутрішню будову, особливі зовнішні ознаки й притаманні тільки йому властивості. Для їхнього

виявлення в мінералогії широко застосовують методи хімічного, спектрального, рентгеноструктурного, термічного і кристалооптичного аналізів.

На цей час відомо більше 3000 мінералів, але лише кілька десятків з них широко розповсюджені в літосфері. Саме ці мінерали найбільш часто зустрічаються в складі гірських порід і тому називаються породоутворюючими. Необхідно розпізнавати їх за визначальними фізичними властивостями. До таких властивостей відносять твердість, блиск, колір мінералу та його риси, спайність, злом, прозорість, щільність та магнітність.

**Твердість мінералів** визначають порівнянням твердості даного мінералу з твердістю еталонних мінералів за шкалою **Мооса** (табл. 1). Для цього на мінералі, що аналізують, вибирають невелику гладку площину, проводять по ній, злегка натискаючи, гострим кутом мінералу зі шкали Мооса (або замітника) і дивляться на утворену риску чи борозну. Якщо виникла риска (тобто порошок), то твердість мінералу, який аналізується більша за твердість відповідного еталону зі шкали Мооса, якщо борозна - навпаки. **Мінерали однакової твердості не дають подряпин один на одному.** Дуже важливо при цьому відрізнити риску від борозни; після подряпання треба стерти відбиток пальцем - риска стирається, а борозна залишається. Еталони підбирають поступово – від меншої твердості до більшої.

*Таблиця 1. Шкала твердості мінералів за Ф. Моосом*

Мінерал	Замінник	Умовна твердість за шкалою	Справжня твердість	Ознака твердості
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<b>Тальк</b>	Графіт м'якого олівця	<b>1</b>	0,03	Легко дряпається нігтем
<b>Гіпс</b>	Кам'яна сіль, ніготь	<b>2</b>	0.04	Важко дряпається нігтем
<b>Кальцит</b>	Латунна монета	<b>3</b>	0,26	Легко дряпається ножом
<b>Флюорит</b>	Залізний гвіздок	<b>4</b>	0,75	Майже не дряпається ножом
<b>Апатит</b>	Скло	<b>5</b>	1,23	Ніж не залишає подряпин

1	2	3	4	5
<b>Ортоклаз</b>	Сталеві ніж, швацька голка	<b>6</b>	25	Залишає подряпину на сталі
<b>Кварц</b>	Напилок (терпуг)	<b>7</b>	40	Легко дряпає сталь
<b>Топаз</b>	—	<b>8</b>	125	Дряпає скло і гірський кришталь
<b>Корунд</b>	—	<b>9</b>	1000	Легко дряпає все крім алмазу
<b>Алмаз</b>	—	<b>10</b>	14000	Ріже скло

За блиском мінерали поділяють на дві групи: які мають **металевий (напівметалевий)** і **неметалевий** блиски. За еталонні мінерали з металевим блиском визнають **халькопірит** і **магнетит**; з напівметалевим-**графіт** і **гематит**. Переважна більшість породоутворюючих мінералів має неметалевий блиск з наступними різновидами.

**Скляний**, як у поверхні скла, найбільш розповсюджений, зустрічається у більшості прозорих і тих мінералів, що просвічуються – кварцу, кальциту, галіту, ортоклазу, лабрадору.

**Алмазний**, дуже іскристий, найяскравіший блиск, спостерігається в деяких прозорих і тих мінералах, що просвічуються – алмазу, сфалериту.

**Перламутровий**, що характерний для слюди і тальку, обумовлений явищами інтерференції світла від тонких пластинок мінералу, тобто який відсвічує райдужними кольорами.

**Жирний**, коли поверхня мінералу здається наче змащена плівкою жиру, наприклад, у сірки, тальку і нефеліну.

**Шовковистий**, тобто блимаючий, спостерігається у мінералів з волокнистою будовою - азбесту, гіпсу, селеніту, малахіту.

**Матовий** – коли відсутній будь-який блиск – у каолініту, опалу.

**Восковий** – слабкіший за жирний – у халцедону.

Блиск можна визначити тільки на свіжому зломі мінералу без поверхневої плівки

окислів. При цьому **колір** самого мінералу не беруть до уваги, бо він може бути будь-яким і у більшості випадків не є постійним, тому що залежить від хімічного складу, будови кристалічної решітки та внутрішніх оптичних властивостей мінералів. Так, халькопірит майже завжди золотисто-жовтий із зеленуватим відтінком, кіновар – криваво-червоний, самородна сірка – жовта. Проте кварц може бути безкольорним, білим, рожевим, фіолетовим, чорним; ортоклаз – білим, сірим, рожевим; флюорит – зеленуватим, фіолетовим, сірим, безкольорним.

Колір мінералу і **колір порошку** з нього не завжди однакові. Колір порошку визначають, коли мінералом проводять риску на білій жорсткій поверхні неглазованого фарфору. Наприклад, колір rischi флюориту незалежно від його забарвлення завжди білий; латунно-жовтого піриту – чорний із зеленуватим відтінком; чорного гематиту – вишнево-червоний. Колір багатьох мінералів не є постійним: він залежить від хімічного складу, будови кристалічної решітки і внутрішніх оптичних властивостей. Тому головну увагу приділяють кольору rischi.

**Спайністю** називають здатність кристалічних мінералів розколюватися в одному або в кількох напрямках з утворенням різних поверхонь. Відрізняють такі ступені спайності: **цілком досконалу** (мінерали легко розщеплюються в одному напрямку на тоненькі пластинки – слюда, хлорит, гіпс); **досконалу** (при легкому ударі молотка мінерал може розпадатися на більш товсті пластинки – топаз, кальцит, галіт); **середню або явну** (при ударі мінерали розколюються на пластинки з рівними і нерівними площинами – польові шпати, флюорити, рогова обманка); **недосконалу** (при розколюванні виникають площини переважно неправильного злому – апатит, олівін, гранат); **зовсім недосконалу** (утворюються тільки невизначені поверхні злому – кварцит, пірит, корунд).

**Злом** відбиває характер поверхні, яка виникає при розколюванні головним чином не до площин спайності. Розрізняють такі зломи: **рівний** – магнетит, кальцит, галіт (різновид – **ступінчастий** – ортоклаз); **нерівний** – олівін, корунд, апатит; **черепащатий** – кварц, опал, скло; **скабистий** (нагадує злом деревини поперек



волокон) – азбест, гіпс, срібло, метали; **землистий** (нагадує пильну поверхню) – каолін; **зернистий** – ангідрит.

Мінерали можуть бути **прозорими, напівпрозорими та непрозорими.**

Майже всі мінерали прозорі або просвічуються в дуже тонких зрізах – шліфах, завтовшки 0,02-0,05 мм, за винятком самородних металів (окрім золота).

За **щільністю** мінерали умовно поділяють на **легкі** ( до 2,5 г/см ) – гіпс, графіт, кам'яна сіль; **нормальні** (до 4 г/см ) – кварц, польові шпати, кальцит; **важкі** (до 10 г/см<sup>3</sup>) – галеніт, пірит, магнетит; **дуже важкі** (більше 10 г/см ) – золото.

**Магнітність** визначають за допомогою магнітної стрілки – магнетит, платина, піротин.

Характерними ознаками для деяких мінералів є їхня **розчинність** у воді та специфічний **смак** – галоїдні мінерали. Карбонатні мінерали **закипають** під дією соляної кислоти.

**Мета роботи** – практично познайомитися із найпростішими фізичними властивостями, за якими визначають породоутворюючі мінерали.

**Задача роботи** – макроскопічно (візуально) визначити можливу назву за визначальними характеристиками для запропонованих зразків мінералів.

**Необхідне обладнання:** виставка мінералів, зразки мінералів за шкалою Мооса (або відповідні замітники), плоске скло, фарфорове блюдце, сталевий ніж, магнітна стрілка, настільна лупа. Посібники «Найпростіший визначник розповсюджених породоутворюючих мінералів» та «Скорочений опис породоутворюючих мінералів» [5].

#### **Методика визначення:**

1. Використовуючи перелічене обладнання знайти число твердості за шкалою для запропонованих зразків мінералів і розпізнати їхні характерні властивості – блиск, колір мінералу та його риси, спайність, злом, прозорість, магнітність і смак.

2. Знаючи назву зразка, за класифікатором, що вміщено у «Визначнику», встановити належність зразків, які аналізують, до відповідного класу (групи, підгрупи) мінералів та їхні хімічні формули.

3. В лабораторному журналі описати розглянуті зразки за схемою: назва мінералу та його хімічна формула; клас (група, підгрупа), до якого належить мінерал; твердість, блиск, колір, спайність, злом; прозорість, магнітність і смак.

4. Проконтролювати своє описання за «Скороченим описом породоутворюючих мінералів», виправити власні помилки (якщо вони є) і переписати з «Опису» додаткові відомості – щільність мінералу, реакцію з кислотою, генезис (походження), в яких гірських породах бере участь та його практичне використання.

## *Лабораторна робота 2*

### **Макроскопічний аналіз гірських порід**

**Гірськими породами** називають природні агрегати мінералів більш-менш постійного складу, що виникли внаслідок геологічних процесів. За генезисом гірські породи поділяють на три групи: магматичні (вивержені), осадові й метаморфічні. Магматичні й метаморфічні породи становлять (за Г. Шуманом) близько 95 % від маси літосфери. Проте 75 % всієї поверхні планети належить осадовим утворенням.

На цей час відомо більш 1000 різновидів гірських порід, які мають різні властивості. Для їхнього вивчення використовують складні фізико-хімічні аналізи. Макроскопічно можна тільки установити назву розповсюджених, вже виявлених порід та їхні найпростіші властивості.

Найважливішими відмітними властивостями порід є мінеральний склад, структура, текстура, щільність, міцність і колір. Мінеральний склад порід змінюється в значних межах. **Структура** порід (внутрішня будова, обумовлена розміром і формою твердих ґрунтових часток, а також ступенем кристалізації) буває:

а) для **магматичних порід** – **повнокристалічною (зернистою)**, коли хаотичне і без видимих порожнеч розміщення різної крупності кристалів мінералів можна побачити

неозброєним оком в інтрузивних породах (граніт, сієніт, діорит); **порфіровою**, коли окремі крупні кристали мінералів різко виділяються на фоні загальної маси ефузивної породи (порфір, порфірит, ліпарит); **приховано кристалічною (дрібнозернистою)**, коли зерна мінералів у ефузивної породи настільки малі, що їх не видно навіть у лупу (базальт); **склуватою**, коли ефузивна порода має вигляд суцільної аморфної склуватої маси, позбавленої кристалів (обсидіан, пемза);

б) для **осадових порід** – **крупноуламковою** з твердими частинками розміром понад 2 мм у «діаметрі» (брили, галька, жорства); **піщаною (зернистою)** з частками від 2 до 0,05 мм правильної та неправильної форми (п'ять типів пісків за крупністю, кам'яна сіль, доломіт, гіпс, кальцит), а також **оолітовою**, якщо зерна заокруглені (вапняки); **пилуватою** з частками від 0,05 до 0,005 мм (лес, пил, мул, алевроліт); **глинистою (колоїдальною)** з частинками меншими за 0,005 мм, яку поділяють на **листувату, голчасту, ніздрювату, пластівчасту, каркасну** (супісок, глина, аргіліт); **мішаною** (морена); **органогенною** із залишками організмів і рослин (крейда, торф, черепашник);

в) для **метаморфічних порід** – **кристалічною, зернистою і пластівчастою**.

**Текстура** порід (внутрішня будова, обумовлена просторовим розміщенням складових елементів) буває:

а) для **магматичних порід** – **щільною**, яку поділяють на **масивну**, де мінерали розташовані безладно (граніт, габро) і **плямисту** з неправильним чергуванням світлих та темних мінералів (граніт рапаківі); **пористою** (де незброєним оком можна бачити пори або каверни (пустоти), що утворилися під час виділення газів із лави), яку поділяють на **пузирчасту** (пемза), **мигдале-кам'яну**, де пустоти заповнені вторинними мінералами (опал, кальцит, халцедон, базальт); **флюїдальною**, коли мінерали розташовані ніби потоками (андезит, ріоліт);

б) для **осадових порід** – **безладною, смугастою, хвилястою, флюїдною, пористою, волокнистою (гіпс), сферолітовою (кальцит), концентричною(сталактити), пухкою, щільною, макропористою (лес) і**

**алевритовою** (алевроліт);

в) для **метаморфічних порід** – **сланцюватою** (видовжені мінерали розташовані паралельно), **волокнистою** (мінерали переплітаються між собою), **шаруватою**, **очковою** (виділяються зерна овальної форми світлих мінералів на загальному темному фоні), **плойчастою** (порода зібрана в складки), **масивною** (мінерали розміщені без певного орієнтування), **зернистою** (переважно з овальними зернами) і **гнейсовою** (з чергуванням сланцевих і зернистих шарів).

Решта властивостей докладно пояснюється в «Описі гірських порід».

**Мета роботи** – практично познайомитися з найпростішими властивостями, за якими визначають гірські породи.

**Задача роботи** – макроскопічно (візуально) проаналізувати властивості запропонованих зразків порід.

**Необхідне обладнання:** виставка гірських порід, посібник «Скорочений опис гірських порід» [5].

**Методика аналізу:**

1. Знаючи назву зразка породи, спробувати визначити її генезис, текстуру, структуру, колір, мінеральний склад, і результати аналізу записати в лабораторний журнал.

2. Порівняти результати аналізу із справжніми ознаками порід за «Описом гірських порід», виправити помилки і доповнити свій аналіз за схемою: назва породи, її генезис, клас, колір, текстура, структура, мінеральний склад, форми залягання, питома вага (щільність), міцність, практичне використання (з «Опису» вибирати тільки те, що безпосередньо відноситься до запропонованих зразків).

### ***Лабораторна робота 3***

## **Побудова геологічного розрізу**

**Геологічний розріз** є одним із найголовніших матеріалів з інженерно-геологічних вишукувань, Він являє собою єдину основу для розв'язання великої кількості різноманітних питань щодо проектування, будівництва і експлуатації будь-якої споруди.

**Це - вертикальний розріз земної кори від поверхні рельєфу (денної поверхні ґрунтів) до прийнятої глибини, тобто геологічна будова певної ґрунтової товщі.** На ньому показані послідовність залягання пластів гірських порід, їхня витриманість, потужність (товщина) і природний зв'язок між ними, рівень підземних вод (**РПВ**), водоносні та водотривкі ґрунтові шари, тектонічні порушення. Типи ґрунтів у межах кожного пласту (шару) наносять умовними позначеннями.

Для побудови розрізу, як правило, бурять свердловини на деякій відстані одна від одної (залежно від цілей інженерно-геологічних вишукувань). Абсолютну позначку кожного устя визначають нівелюванням. Потужність розкритих ґрунтових шарів знаходять періодичним вимірюванням глибини відбору зразків ґрунту в процесі буріння. Таким же чином з'ясовують РПВ. Іноді замість свердловин відкопують шурфи. Одночасно на папері відтворюють вертикальні схеми для кожної геологічної виробки, де зображають усе (зверху вниз), що в ній зустрінуто – **геологічні (польові) колонки**. По ним і будують розріз, який показує нашарування ґрунтів між виробками по ламаній чи прямій, яка з'єднує їх у плані. Точність розрізу тим вища, чим менша відстань між свердловинами.

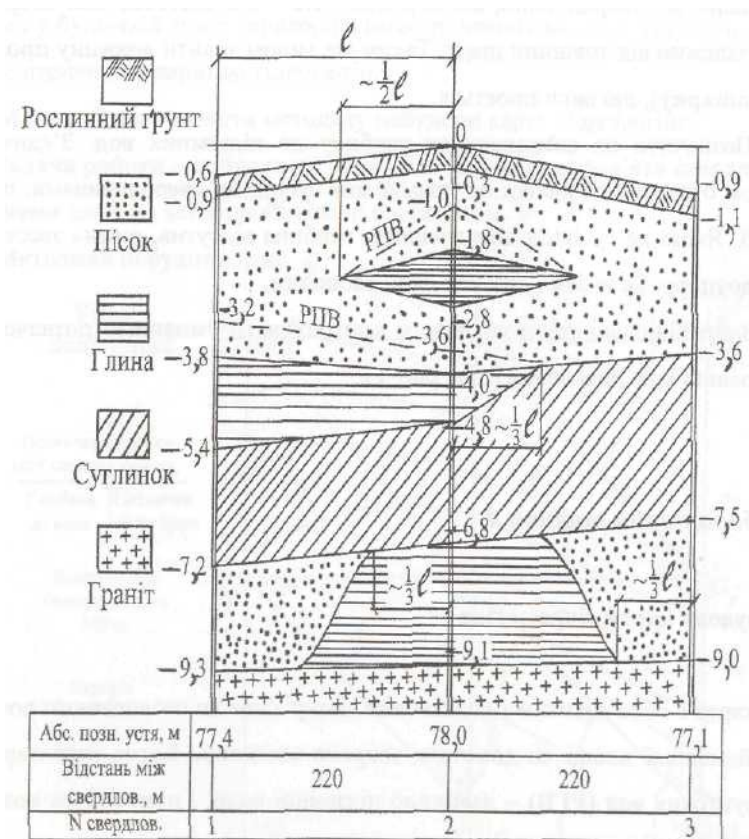
**Мета роботи** – овоїти методику побудови геологічних розрізів.

**Задача роботи** – побудувати геологічний розріз між свердловинами за вихідними даними вказівок [4].

### **Методика побудови (рис. 1):**

1. На аркуші паперу А4 поперек провести дві горизонтальні лінії: верхню – на

рівні заданої абсолютної позначки нульового устя найглибшої свердловини, нижню – на глибині максимального буріння (прийнявши вертикальний масштаб 1:100). У горизонтальному масштабі 1:3000 між цими лініями провести вертикальні осі свердловин.



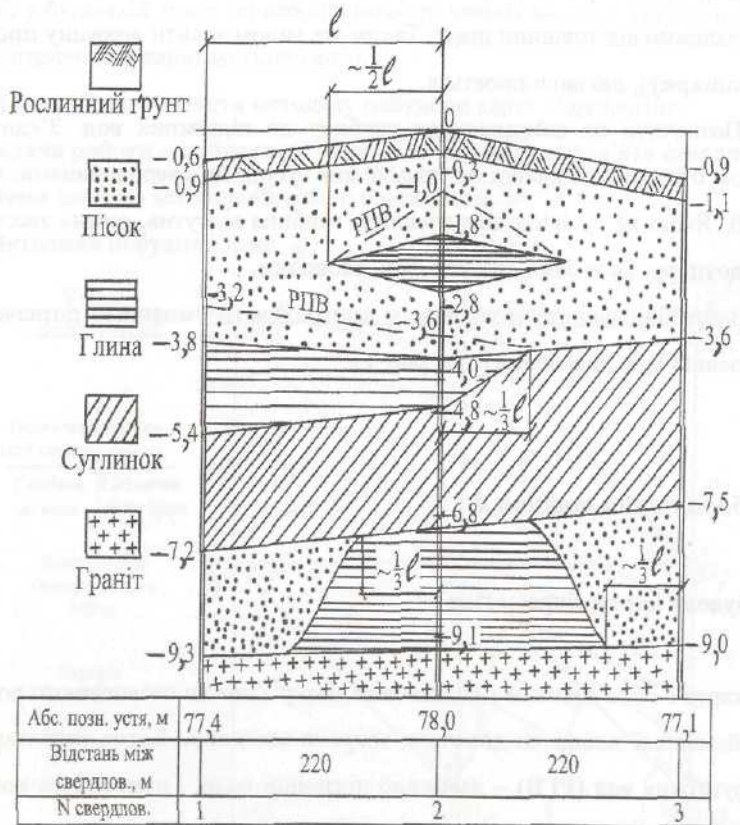


Рис. 1. Геологічний розріз (приклад)

*Рис. 1. Геологічний розріз (приклад)*

2. На осях відкласти униз відстань від устя потужність усіх заданих ґрунтових шарів по їх відносним позначкам – тобто зобразити польові колонки. Покрівлю і підшову однойменного шару між сусідніми свердловинами накреслити по лінійці, аналізуючи розріз зверху униз і зліва праворуч, керуючись прикладами з рис. 1. Якщо при цьому в межах одного шару між сусідніми свердловинами зустрічаються два різнойменних ґрунти (див. передостанній шар на рис. 1), то наче «наповзає» той, який молодший. У випадку відсутності відомостей про вік ґрунтів молодшим вважають ґрунт, який на розрізі розташований вищим (по інших колонках).

3. Підшову шару, що виклинюється, з'єднати по прямій з його покрівлею на віддаленні ВІД свердловини, що дорівнює  $1/3 - 1/2$  відстані між свердловинами залежно від товщини шару. Таким же чином знайти довжину **пропластка (прошарку)**, що виклинюється.

4. Позначити на свердловинах глибину до підземних вод. З'єднавши



пунктиром отримані позначки по прямій між сусідніми свердловинами, показати РГВ. Якщо на сусідніх свердловинах глибина відсутня, рівень звести до кінця водоупору. Те ж саме стосується **верховодки**.

5. Запропоновані ґрунтові пласти заштрихувати умовними позначеннями, показавши їхнє пояснення (див. рис. 1 та [4]).

## *Лабораторна робота 4*

### **Побудова карти гідроізогіпс**

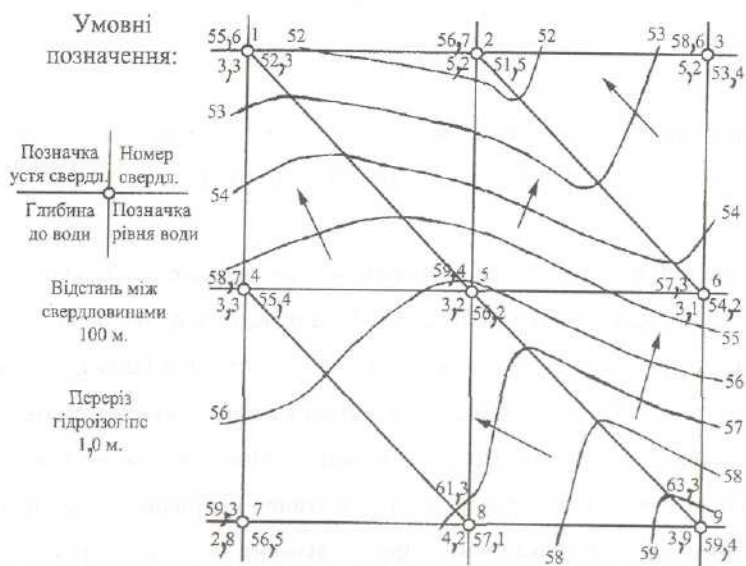
Ця карта є обов'язковим і додатковим матеріалом до геологічного розрізу територій значної площі чи довжини, зокрема залізниць. Карта характеризує рівень ґрунтових вод (**РГВ**) – дзеркало підземної води. **Ґрунтовими водами** називають води першого від денної поверхні постійного безнапірного водоносного горизонту, який витриманий за площею та залягає на найближчому водотривкому пласті. В процесі інженерно-геологічних вишукувань при бурінні свердловин після вимірювання в них РГВ, що встановився, обчислюють позначки дзеркала води. Знаючи їх, досить легко, шляхом інтерполяції провес-ти горизонталі поверхні ґрунтових вод, які й називають **гідроізогіпсами**. Це – лінії, які з'єднують точки з однаковими абсолютними позначками РГВ. Вимірювання рівня води в усіх свердловинах роблять в один і той же день і час.

Якщо свердловини розташувати по квадратах приблизно на однаковій відстані, можна побудувати карту гідроізогіпс, Вона дозволяє встановити напрямок потоку ґрунтових вод та їхній уклон. За наявності на карті ще і горизонталей денної поверхні ґрунтів легко визначити глибину залягання ґрунтових вод у будь-якій точці території. **Потік ґрунтових вод має напрямок по лініях, що перпендикулярні до гідроізогіпс.**

**Мета роботи** – освоїти методику побудови карти гідроізогіпс.

**Задача роботи** – побудувати карту гідроізогіпс для дев'яти свердловин за вихідними даними вказівок [4].

**Методика побудови (рис 2.)**



*Рис. 2. Карта гідроізогіпс (приклад)*

1. На папері у будь-якому масштабі розташувати по правильній сітці дев'ять свердловин із зазначенням їхніх номерів, позначки устя і глибини до води. Обчислити позначку РГВ як різницю між позначкою устя і глибиною до води.

2. По позначках поверхні води шляхом інтерполяції (наприклад, за допомогою палетки) через кожну сторону і діагональ квадратів провести гідро-ізогіпси із заданим перерізом, використовуючи навички, отримані під час вивчення геодезії. Напрямок потоку ґрунтових вод позначити стрілками в кожному квадраті.

## ГРУНТОЗНАВСТВО

Ґрунтознавство розглядає в основному фізичні властивості ґрунтів, які описують відповідними характеристиками. За їхньою допомогою встановлюють тип, вид і різновид ґрунтів, які складають основу. Їх широко використовують у розрахунках. Фізичні показники визначають з такою точністю: **масу – 0,01 г, розміри – 0,1 мм, щільність – 0,01 г/см<sup>3</sup>, вологість – 0,01, коефіцієнт фільтрації – 0,5 м/доб, коефіцієнт пористості – 0,001.**

Для виконання лабораторних робіт з ґрунтознавства треба знати деякі поняття та прийоми роботи (ГОСТ 25100-95, ДСТУ Б В. 2.1-2-96, ГОСТ 30416-96).

**Різальне кільце** - тонкостінне металеве кільце із скошеною назовні нижньою (різальною) кромкою для полегшення вдавлювання в ґрунт. Заповнюється, як правило, ґрунтом непорушеної структури для надання йому строго визначеного об'єму і форми. Найбільше застосування отримали кільця діаметром біля 7 см і заввишки біля 3 см. Перше значення обумовлено бажанням максимально зменшити вплив розмірів ґрунтових частинок і нерівної зачистки торцевих поверхонь самого зразка ґрунту. Друге – якомога зменшити тertia ґрунту по стінках кільця при стисканні зразка в приладах. Іноді, для зниження виникаючого зчеплення з

грунтом, внутрішню поверхню кільця змащують дуже тонким шаром технічного вазеліну.

Кільце заповнюють грунтом непорушеної структури наступним чином. Установлюють його гострою кромкою на верхню грань моноліту, звільнену від парафінової оболонки. Притримуючи кільце, під ним в моноліті обережно вирізають ножом циліндричний стовпчик ґрунту заввишки 5-10 мм і діаметром, який перевищує кільце на 1-2 мм. Зрізаний ґрунт прибирають, а кільце повільним надавллюванням насаджують на стовпчик.

Коли заповниться вся порожнина кільця (з невеликим перевищенням його висоти) після кількох подібних операцій, його обережно відокремлюють від моноліту ножом із запасом ґрунту і ретельно зачищають торцеві поверхні по самі вінця. Нерівності на торцях неприпустимі, як і будь-яке порушення структури і цілісності проби в кільці.

Для полегшення зазначених операцій використовують найпростіший гвинтовий домкрат з відповідними насадками на кільцях. Якщо кільце спробувати відразу вдавнити на всю висоту в моноліт, він може зруйнуватися і виявитися непридатним для лабораторних аналізів.

З одного моноліту намагаються відібрати якомога більше проб, компактно розташовуючи кільця по його поверхні та висоті. При цьому слід пам'ятати, що периферійний ґрунт завтовшки шару біля 10 мм, що торкається парафінової оболонки, в процесі зберігання частково втрачає свою вологість і, як наслідок, інші характеристики. Тому він не повинен опинитися в кільці. Характеристики периферійного шару змінюються також і за рахунок порушення структури при відборі моноліту з масиву ґрунту.

Різальні кільця (гільзи) можна заповнювати зразком непорушеної структури і безпосередньо з масиву ґрунту, наприклад у шурфі, простим удавллюванням. Найзручніші для цього – гвинтовий важіль і прилад спеціальної конструкції (разом з відповідними гільзами) з польової лабораторії системи І. М. Литвинова – ПЛЛ-9. Внутрішній діаметр верхньої частини гільзи (**об'ємом 50 см<sup>3</sup>**) на 0,2 мм більше

діаметра їхньої нижньої, різальної частини для зменшення тертя ґрунту по внутрішній поверхні гільзи й для попередження ущільнення ґрунту, що відбирається.

**Ґрунт природної (непорушеної) структури** – проба з повним збереженням цілісності, пористості, внутрішніх структурних зв'язків і природної вологості, відповідних до умов залягання в масиві ґрунту (основи). При зміні хоча б одного з цих елементів проба ґрунту стає **порушеної структури**.

**Повітряно-сухий** стан ґрунту виникає при звичайному висушуванні його на повітрі в умовах лабораторії. Попередньо крупні грудки ґрунту обережно розтирають у фарфоровій ступці гумовим товкачиком, щоб запобігти руйнуванню окремих зерен. Після цього ґрунт розсіпають тонким шаром на папері й залишають на кілька діб.

**Квартування** – метод відбору усередненої наважки ґрунту, яка містить в собі найбільш характерні частинки за крупністю і мінеральним складом. Ґрунт у повітряно-сухому стані ретельно перемішують і шпателем розподіляють на папері рівним шаром завтовшки біля 1 см. Отриманий об'єм двома взаємно перпендикулярними борознами поділяють на чотири приблизно однакові частини – квадранти. Два протилежних за діагоналлю квадранти залишають, а решту прибирають. Залишені частини перемішують і знову поділяють на квадранти. Операції повторюють до отримання потрібного об'єму – від 0,1 до 1,0 кг.

**Зразки ґрунту** у вигляді монолітів непорушеної чи порушеної структури відбирають за ГОСТ 12071-84 у свердловинах, шурфах, дудках, шахтах, штольнях, котлованах і 8 природних відслоненнях на кожному будівельному майданчику в процесі інженерно-геологічних вишукувань. Кількість монолітів має бути достатньою, щоб визначити всі потрібні ґрунтові фізико-механічні характеристики (щонайменше з шестиразовим повторюванням) для кожного шару ґрунту, який зустрінуто в геологічному розрізі.

Основним видом геологічних виробок є свердловини. З них ґрунтоносами різної конструкції відбирають моноліти циліндричної форми діаметром не менше 100 мм. Це значення обумовлено розміром різальних кілець. Свердловинам віддають

перевагу особливо у водонасичених ґрунтах і при дослідженнях на велику глибину.

З інших виробок моноліти відбирають у формі паралелепіпеда штиковою лопатою і ножем. Водонасичені й сипкі ґрунти вміщують у металеві, дерев'яні чи пластмасові тонкостінні коробки з відкидними дном і кришкою таким же чином, як і при заповненні ґрунтом різальних кілець. Моноліти мають грані від 10 до 20 см. Останній розмір обумовлено зручністю транспортування.

Усі моноліти після відокремлення від масиву негайно парафінують у спеціальній мастиці. Її склад (за масою): 60 % парафіну, 25 % воску, 10 % каніфолі й 5% мінерального масла. Мастику, розплавлену підігріванням у відрах, розміщують поряд з виробкою. Моноліт обмотують марлею в кілька шарів і втеплюють у мастику на одну-дві хвилини. Іноді мастикою вкривають кожен шар обмотки.

Ґрунт є анізотропним тілом і має різні властивості за горизонталлю і вертикаллю. Тому орієнтування зразка в просторі має суттєве значення. Крім того, неоднорідність ґрунтів основи вимагає чітку фіксацію місця відбору моноліту в масиві. Для цього на верхню грань парафінової оболонки наклеюють етикетку, а її другий екземпляр – на верхню грань моноліту до парафінування. Етикетки містять докладні відомості про об'єкт, номер виробки, глибину і дату відбору, які записують в журнал при виконанні геологічних досліджень.

Проби порушеної структури відбирають в поліетиленові мішечки або тару з герметичними кришками (для збереження природної вологості).

Зразки пакують в дерев'яні ящики і пересипають тирсою, щоб не порушити цілісності парафінової оболонки при транспортуванні, інакше зміниться вологість і всі фізико-механічні характеристики ґрунту. Отримані в лабораторії моноліти оглядають, і в разі необхідності додатково парафінують, про що відмічають в журналі реєстрації.

В лабораторії зразки зберігають у темному приміщенні з температурою 2-10 °С і відносною вологістю 70-80 %. Для мерзлих ґрунтів створюють від'ємну температуру. Термін збереження – не більше 1,5-3 місяця, бо з часом погіршуються ізолюючі властивості парафінової оболонки.

## Лабораторна робота 5

### Визначення щільності частинок ґрунту

**Щільністю частинок** ґрунту  $\rho_s$  ( $\text{г/см}^3 = \text{т/м}^3$ ) називають відношення маси твердих частинок (скелета) ґрунту  $m_s$  до їхнього об'єму  $V_s$ :

$$\rho_s = m_s / V_s .$$

В інженерних розрахунках замість щільності  $\rho_s$  використовують **питому вагу частинок**  $\gamma_s$  ( $\text{кН/м}^3$ ), приймаючи  $\gamma_s \approx 10\rho_s$ .

Значення цієї величини цілком залежить від мінерального складу ґрунту і змінюється у вузьких межах: для пісків – 2,64...2,66; супісків – 2,68...2,70; суглинків-2,69...2,73; глин – 2,71...2,76  $\text{г/см}^3$ .

Щільність частинок визначають **піднометричним методом** (використовуючи закон Архімеда) за ГОСТ 5180-84. При цьому слід пам'ятати, що в процесі лабораторного аналізу в деяких засолених ґрунтах розчиняються прості солі, зменшуючи значення  $V_s$ . У такому випадку воду замінюють нейтральною рідиною (керосином, толуолом та ін.). Крім цього, в зв'язних ґрунтах навколо глинистих частинок молекулярні сили можуть створювати дуже міцні плівки зв'язної води, збільшуючи значення  $V_s$ . Щоб уникнути цього, в експериментах воду замінюють рідиною з невеликим поверхневим натягом (толуолом, ксилолом та ін.). Адсорбоване на поверхні ґрунтових частинок повітря може вилучатися у воді не повністю, що зменшує значення  $\rho_s$ . Тому ґрунт попередньо кип'ятять, а у випадку його засоленості - роботи проводять у вакуумі.

**Мета роботи** – освоїти методику визначення щільності  $\rho_s$ .

**Задача роботи** – знайти значення  $m_s, V_s$  і  $\gamma_s$  для зразка піску.

**Необхідне обладнання:** терези, піднометр ємністю не менше  $100 \text{ см}^3$ , лійка,

піпетка, дистильована вода, фільтрувальний папір, шпатель, фарфорова ступка з товкачиком, сито з отворами 2 мм, піщана або водяна баня, ванночка із сухим піском.

### **Методика визначення** для незасолених ґрунтів:

1. Методом квартування відібрати пробу масою приблизно 100 г і просіяти її крізь сито. Залишок на ситі роздробити у фарфоровій ступці й з'єднати з ґрунтом, просіяним крізь сито, ретельно перемішавши всю пробу.
2. Зважити сухий чистий пікнометр ( $m_1$ ).
3. З отриманої проби взяти наважку ґрунту на око масою біля 15-20 г на кожні 100 см<sup>3</sup> ємності мірної колби-пікнометра. Наважку крізь лійку обережно насипати в пікнометр і зважити його з сухим ґрунтом ( $m_2$ ).
4. Налити в пікнометр приблизно до половини його об'єму дистильованої води, ґрунт з водою обережно збовтати й кип'ятити на піщаній бані (для вилучення адсорбованого повітря і розчленування агрегатів глинистого ґрунту) протягом 30 хв для пісків і 60 хв для глин. Наявність ґрунтових частинок на внутрішніх стінках колби вище рівня води не допускається.
5. Остудити пікнометр до кімнатної температури і долити в нього дистильованої води до мірної риски на шийці по нижньому рівню меніска, використовуючи піпетку. Протерти пікнометр фільтрувальним папером і зважити ( $m_3$ ). Зовнішня поверхня колби і внутрішня поверхня шийки над водою мають бути сухими і чистими.
6. Пікнометр спорожнити, промити, знову заповнити дистильованою водою до мірної риски, протерти фільтрувальним папером (див. п.5) і зважити ( $m_4$ ).

7. Вилити воду з пікнометра і поставити його сушитися на підставку, а дані занести в журнал (табл.2) і визначити щільність і питому вагу частинок за формулами:

$$\rho_s = m_s / V_s = (m_2 - m_1) \rho_w / [m_2 + m_4 - (m_1 + m_3)]; \quad \gamma_s = 10\rho_s$$

де:  $\rho_w = 1$  – щільність води, г/см<sup>3</sup>;  $m_s = m_2 - m_1$  – маса частинок, г;

$$V_s = [(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)] / \rho_w - \text{об'єм частинок, см}^3.$$



Таблиця 2. Результати визначення щільності частинок ґрунту (приклад)

Маса пікнометра, г				Щільність частинок ґрунту $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>
порожнього $m_1$	з ґрунтом $m_2$	з ґрунтом і водою $m_3$	з водою $m_4$	
34,80	51,61	145.11	134.64	2,65

**Примітки:** 1. Пункт 1 виключають, бо студент отримує готову пробу в зв'язку з тривалістю її підготовки.

2. Студент виконує цю лабораторну роботу з чистим кварцевим піском середньої крупності. Тому аналіз можна проводити без кип'ятіння води з ґрунтом, обмежуючись обережним збовтуванням протягом 1 - 2 хв.

## Лабораторна робота 6

### Визначення щільності ґрунту

Щільністю ґрунту  $\rho$  (г/см<sup>3</sup> = т/м<sup>3</sup>) називають відношення маси скелета ґрунту (твердих частинок)  $m_s$  і води  $m_w$ , що частково чи повністю заповнила пори ґрунту, до об'єму скелета  $V_s$  і пор  $V_p$ :

$$\rho = (m_s + m_w) / (V_s + V_p)$$

Кількісно щільність ґрунту дорівнює масі одиниці об'єму ґрунту при даних пористості та вологості. В інженерних розрахунках замість щільності використовують питому вагу ґрунту  $\gamma$  (кН/м<sup>3</sup>), приймаючи  $\gamma = 10\rho$

Значення  $\rho$  залежить від мінерального складу, пористості та вологості. Чим більше

вологість або менше пористість, тим вище значення  $\rho$  і навпаки. При повному заповненні пор водою значення  $\rho$  часто перевищують  $2 \text{ т/м}^3$ . Щільність одного і того ж фунту коливається в широких межах – приблизно від 1,4 до  $2,2 \text{ т/м}^3$ .

Існує кілька лабораторних методів визначення щільності ґрунтів за ГОСТ 5180-84: безпосередніх вимірювань, парафінування і різальних кілець. Перший метод використовують в польових умовах для зв'язних фунтів (суглинків, глин) з непорушеною структурою. З масиву (або з моноліту) ножем вирізають зразок приблизно правильної геометричної форми. Зваживши зразок і поділивши його масу на об'єм, отримують щільність  $\rho$ . Метод дає похибку до 10 % за рахунок неточного обчислення об'єму.

Другий метод рекомендують для зв'язних ґрунтів з твердими включеннями, що здатні до викришування (наприклад моренні глини). Цей метод відрізняється від попереднього тим, що зразок опускають у розплавлений парафін, після чого ґрунт отримує строго фіксовану форму і об'єм. Останній визначають за об'ємом витисненої води в мірній мензурці (склянці).

Найбільш розповсюдженим і універсальним є **метод різального кільця**, за допомогою якого і виконують дану лабораторну роботу.

**Мета роботи** – освоїти методику визначення щільності  $\rho$ .

**Задача роботи** – знайти значення **маси, об'єму** і  $\gamma$  для проби піску в заданому стані (з існуючими щільністю будови і вологістю зразка).

**Необхідне обладнання:** терези, тарілка, спеціальна обойма із різальним кільцем (гільзою) і виштовхувачем з ПЛЛ-9, ніж з прямим лезом, ванночка з вологим піском завтовшки шару біля 50 мм («моноліт»).

**Методика визначення:**

1. Зважити порожню тарілку ( $m_1$ ).
2. У «моноліт» спеціальною обоймою вдавнити кільце і обережно відокремити його разом із зразком від «моноліту» ножем. Зовнішню поверхню кільця обережно очистити від піску і ретельно зачистити торцеві поверхні по самі вінця, не

допускаючи випадання піску із кільця (див. стор. 17).

3. Виштовхнути зразок із кільця на тарілку виштовхувачем.
4. Зважити тарілку із зразком ( $m_2$ ).
5. Кільце, обойму і тарілку очистити від ґрунту, а дані занести в журнал (табл.3)

і визначити щільність та питому вагу ґрунту за формулами:

$$\rho = (m_2 - m_1) / V; \quad \gamma = 10\rho.$$

Таблиця 3. Результати визначення щільності ґрунту (приклад)

Маса, г			Об'єм ґрунту $V, \text{см}^3$	Щільність ґрунту $\rho, \text{г/см}^3$
тарілки $m_1$	тарілки із ґрунтом $m_2$	ґрунту $m = m_2 - m_1$		
45,59	132,59	87	50	1,74

## Лабораторна робота 7

### Визначення вологості ґрунту

**Ваговою вологістю** ґрунту  $W$  називають відношення маси води  $m_w$ , що вміщена в порах якогось об'єму ґрунту, до маси твердих частинок (ґрунтового скелета)  $m_s$  цього об'єму:

$$W = m_w / m_s.$$

Вологість ґрунту природної будови (стану) називають **природною**. За ГОСТ 5180-84 вологість вимірюють у частках одиниці (значення коливається в досить широких межах) і визначають, як правило, **методом висушування**.

Час висушування ґрунту (випаровування води) залежить від його типу, вологості та мінерального складу. Піски висихають швидше від глин, каолінові глини – швидше від монтморилонітових. Для гарантії отримання абсолютно сухого ґрунту необхідне

повторне зважування після додаткового висушування ґрунтової проби.

**Мета роботи** - освоїти методику визначення вологості ґрунту.

**Задача роботи** - для запропонованої проби ґрунту знайти значення  $m_w$ ,  $m_s$  і  $W$ .

**Необхідне обладнання:** ніж, бюкс, терези, сушильна шафа, ексикатор з хлористим кальцієм (для поглинання вологи).

**Методика визначення:**

1. Зважити порожній бюкс з кришкою ( $m_1$ ).
2. Покласти приблизно 15 -20 г ґрунту (на око), що аналізується в бюкс, закрити його кришкою і зважити ( $m_2$ ).
3. Бюкс з пробєю відкрити, поставити в кришку і помістити в сушильну шафу, яка нагріта до температури 105 °С (80 °С для загіпсованих ґрунтів). Ґрунт тримати у шафі при цій температурі протягом 3 год для пісків, 8 год для загіпсованого ґрунту і 5 год для інших ґрунтів.
4. Закрити бюкс кришкою і перенести його в ексикатор, де остудити протягом 30 - 40 хв. Після цього бюкс з ґрунтом зважити ( $m'_3$ ) і знову поставити в шафу (з відкритою кришкою) для додаткового висушування протягом 1 год для пісків і 2 год для інших ґрунтів.
5. Операції, які описані в п.4, повторювати, поки різниця між двома останніми зважуваннями стане меншою за 0,02 г. За остаточний результат прийняти найменшу масу бюкса з кришкою і сухим ґрунтом ( $m_3$ ),
6. Бюкс очистити від ґрунту, а дані занести в журнал (табл. 4) і визначити вологість ґрунту за формулою:

$$W = (m_2 - m_3) / (m_3 - m_1).$$

Таблиця 4. Результати визначення вологості ґрунту (приклад)

№ буюкса	Маса буюкса, г					Маса води в ґрунті $m_w = m_2 - m_1$ , г	Маса скелета ґрунту $m_s = m_3 - m_1$ , г	Вологість ґрунту $W = \frac{m_w}{m_s}$
	порожнього $m_1$	з вологим ґрунтом $m_2$	з сухим ґрунтом					
			$m_3^I$	$m_3^{II}$	постійна $m_3$			
11	21,41	38,63	36,04	35,99	35,98	2,65	14,57	<b>0,18</b>

## Лабораторна робота 8

### Визначення типу і стану пісків

Ґрунти складаються з окремих частинок різної форми і крупності. Групу частинок певного діапазону розмірів називають **фракцією**. Відсотковий вміст фракцій ґрунту за масою називають **гранулометричним (зерновим, механічним) складом** ґрунту. Це один з істотних факторів, що зумовлює фізико-механічні властивості ґрунтів.

Зерновий склад потрібний при визначенні найменування пісків за крупністю – типу піску (**гравелистий, крупний, середньої крупності, дрібний, пилюватий**); при встановленні придатності піску для різних насипів, як заповнювача для бетонних сумішей і цементних розчинів; при прогнозі можливості механічної суфозії пісків для різних фільтраційних розрахунків та ін.

Найбільше розповсюдження для визначення зернового складу отримали ситовий аналіз (просіювання піску крізь набір сит), подвійного відмулювання, піпеточний і аерометричний методи. Останні три використовують закон **Стокса** про залежність між розмірами частинок і швидкістю падіння їх у спокійній рідині. Як основні за ГОСТ 12536-79 застосовують ситовий спосіб – для фракцій розміром до 0,1 мм, і аерометричний – для фракцій розміром менше 0,1 мм.

За ГОСТ 25100-95 (ДСТУ Б В.2.1-2-96) тип піску за крупністю (табл. 5) і ступенем неоднорідності визначають за допомогою гранулометричного складу. Стан піску характеризує його **вид** – за щільністю будови (табл. 6), і **різновид** – за ступенем вологості (табл.7).

*Таблиця 5. Крупність пісків*

Тип піску	Гранулометричний склад піску
Гравелистий	Маса частинок, які перевищують 2 мм, більше 25%
Крупний	Маса частинок, які перевищують 0,5 мм, більше 50%
Середньої крупності	Маса частинок, які перевищують 0,25 мм, більше 50%
Дрібний	Маса частинок, які перевищують 0,1 мм, 75% і більше
Пилуватий	Маса частинок, які перевищують 0,1 мм, менше 75%

*Таблиця 6. Види пісків за щільністю (коефіцієнтом пористості  $e$ )*

Тип піску	Щільність будови – вид піску		
	щільний	середньої щільності	пухкий
Гравелистий, крупний, середньої крупності	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,70$	$e > 0,70$
Дрібний	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
Пилуватий	$e < 0,66$	$0,60 \leq e \leq 0,80$	$e > 0,80$

*Таблиця 7. Найменування пісків за ступенем вологості  $S_r$*

Різновид піску	Значення $S_r$
Маловологий	$0 < S_r \leq 0,5$

<b>Вологий</b>	$0,5 < S_r \leq 0,8$
<b>Насичений водою</b>	$0,8 < S_r \leq 1,0$

Дану роботу студент виконує **ситовим аналізом за ГОСТ 12536-79**.

**Мета роботи** – визначити повне найменування піщаного ґрунту (тип, вид I різновид).

**Задача роботи** – для проби піску знайти характеристики  $\gamma_s$ ,  $\gamma$ ,  $W$  і поділити ґрунт на окремі фракції.

**Необхідне обладнання:** терези, ложка, тарілка, шпатель, набір стандартних сит, гумовий товкачик з фарфоровою ступкою.

#### **Методика визначення:**

- Зважити тарілку ( $m_1$ ).
- Зразок піску довести до повітряно-сухого стану і методом квартування відібрати на тарілку пробу масою **рівно 100 г**.
- Сита зібрати у вертикальну колонку так, щоб їхні отвори зменшувались зверху вниз: 5,00; 2,00; 1,00; 0,50; 0,25; 0,10 мм (діаметр отворів) і піддон. Попередньо протерти кожне сито і тарілку від колишніх аналізів.
- Отриману пробу насипати на верхнє сито і закрити його кришкою. Легкими бічними ударами долонею протягом одної хвилини просіяти ґрунт крізь набір сит. У результаті просіювання проба ґрунту поділиться на фракції: на верхньому ситі – більше 5 мм; на наступному – 5...2 мм; нижче – 2... 1 мм тощо. На піддоні залишиться фракція менше 0,1 мм.

*Таблиця 8. Результати ситового аналізу піску (приклад)*

Показник	Діаметр отворів у сит, мм					Піддон
	2,00	1,00	0,50	0,25	0,1	
Фракції ґрунту, мм	5...2	2...1	1...0,5	0,5... 0,25	0,25... 0,1	< 0,1

Маса фракцій, г	1,95	5,9	16,9	26,1	29,05	20,1
Вміст фракцій за масою, %	2	6	17	26	29	20

*Закінчення табл. 8*

Фракції ґрунту, мм	> 2	> 1	> 0,5	> 0,25	> 0,1	< 0,1
Вміст фракцій за масою, %	2	8	25	51	80	20
Фракції ґрунту, мм	< 5	< 2	< 1	< 0,5	< 0,25	< 0,1
Вміст фракцій за масою, %	100	98	92	75	49	20

5. Вміст кожного сита і піддона висипати на тарілку і зважити ( $m_2$ ), протираючи їх кожного разу. Отриману масу фракції (як  $m_2 - m_1$ ) занести в журнал (табл. 8) у відсотках до маси всієї наважки. Різницю між масою наважки (100 г) і сумою маси фракцій розподілити пропорційно масам фракцій так, щоб маса кожної фракції була кратна 1 г.

6. Послідовним підсумовуванням визначити масу частинок у відсотках, які перевищують 2,00; 0,50; 0,25 і 0,10 мм, тобто суму маси фракцій, які отримані на даному ситі та вище (які не пройшли через дане сито). Тип піску за крупністю встановити із табл. 5 **по першому показнику**, який задовольняє вимогам, розглядаючи їх зверху вниз.

*Примітка.* Студент отримує готову пробу в зв'язку з тривалістю її підготовки. Тому п. 1 виключають.

7. Для проби піску природних вологості та щільності, зразок якого поділено на фракції, попередньо знайти значення  $\gamma_s$ ,  $\gamma$  і  $W$  методами, що описані в роботах 5 – 7. Використовуючи ці величини розрахувати значення коефіцієнта пористості ґрунту  $e$  і ступеня його вологості  $S_r$  за формулами:

$$e = \gamma_s(I + W) / \gamma - I; S_r = W \cdot \gamma_s / (e \cdot \gamma_w),$$

де:  $\gamma_s$  – питома вага частинок піску, кН/м<sup>3</sup>;  $\gamma$  – питома вага піску, кН/м<sup>3</sup>;  $\gamma_w$  – питома



вага води, яку приймають рівною  $10 \text{ кН/м}^3$ .

*Примітки: 1. У зв'язку з тривалістю отримання значення  $\gamma_s$ ,  $\gamma$ ,  $W$  задаються викладачем.*

*2. Коефіцієнтом пористості ґрунту називають відношення об'єму пор до об'єму скелета (твердих частинок) ґрунту в одиниці об'єму. Ступенем вологості ґрунту називають частку заповнення його пор водою, яка дорівнює відношенню природної вологості ґрунту до його максимальної вологомiсткостi (максимально можливої вологості).*

8. Найменування піску за щільністю будови і вологістю встановити з табл. 6 і 7.

9. За даними зернового складу послідовним підсумовуванням відсотків визначити масу частинок, які менші за 5,00; 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 і 0,10 мм, тобто суму маси фракцій, що пройшли крізь саме це сито (див. останній рядок табл. 8). Вона потрібна для побудови сумарної кривої (рис. 3) в напівлогарифмічному масштабі, який скорочує довжину осі абсцис.

На осі абсцис відкладають не розміри частинок, як при звичайному масштабі, а значення, пропорційні логарифмам. Наприклад, якщо прийняти, що  $\lg 10=1$  відповідає відрітку 3 см і на початку координат поставити число 0,001 мм, то через 3 см отримаємо точку, яка відповідає 0,01 мм, ще через 3 см – 0,1 мм, після цього через 3 см – 1 мм, і, нарешті, через 3 см – 10 мм. Відстань між кожними двома точками (відрізок у 3 см) ділимо на 9 частин пропорційно логарифмами чисел 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9, відкладаючи кожен частину від лівої початкової (у відрітку) точки. Звідси, якщо  $\lg 10=1$  відповідає 3 см, то  $\lg 2=0,3 - 3 \cdot 0,3=0,9$  см;  $\lg 3=0,48 - 3 \cdot 0,48=1,44$  см;  $\lg 4=0,6 - 3 \cdot 0,6=1,8$  см;  $\lg 5=0,7 - 3 \cdot 0,7=2,1$  см;  $\lg 6=0,78 - 3 \cdot 0,78=2,34$  см;  $\lg 7=0,84 - 3 \cdot 0,84=2,52$ ;  $\lg 8=0,9 - 3 \cdot 0,9=2,7$  см;  $\lg 9=0,95 - 3 \cdot 0,95=2,85$  см.

Відкладаючи довжину наведених відрізків у кожному інтервалі (0,001...0,01 мм і т. д.), отримаємо відповідні проміжні значення розмірів частинок.

10. Побудувати сумарну криву і на ній знайти **активний** діаметр десяти  $d_{10}$  і діаметр шістдесяти  $d_{60}$ . Визначити ступінь неоднорідності гранулометричного складу піску  $C_u$  за формулою:

$$C_U = d_{60} / d_{10} ,$$

де  $d_{60}$  – діаметр частинок, менше якого в даному ґрунті вміщено (за масою) 60 % частинок;

$d_{10}$  – частинок, менше якого в даному ґрунті вміщено (за масою) 10 % частинок.

*Примітка.* Якщо  $C_U < 3$  – пісок **однорідний**, якщо  $C_U \geq 3$  – пісок **неоднорідний**.

11. На закінчення дати повне найменування піску.

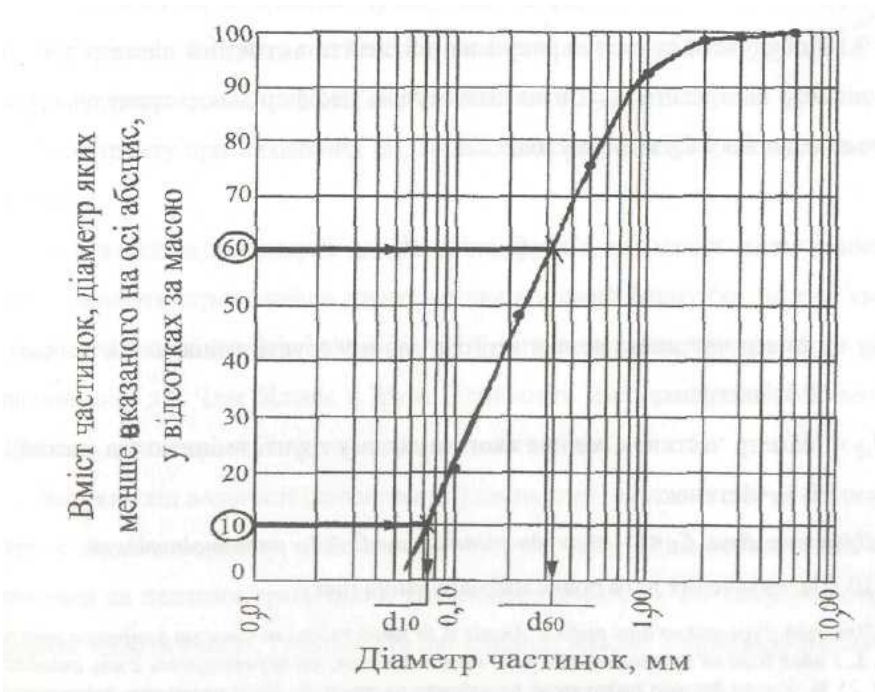


Рис. 3. Сумарна крива

**Приклад.** Розглянемо дані табл. 8 Аналіз їх (п'ятий рядок) починаємо з першого рядка табл. 5. Умова його не задовольняється, бо маса частинок, які перевищують 2 мм, складає 2% < 25%. Умова другого рядка теж не задовольняється, бо маса частинок, які перевищують 0,5 мм, складає 25% < 50%. Умова ж третього рядка задовольняється: маса частинок, які перевищують 0,25 мм, складає 51% > 50%. Отже, даний ґрунт є **піском середньої крупності**.

Для цього піску отримані основні фізичні характеристики:  $\gamma_1=2,64 \text{ т/м}^3$ ;  $\gamma=1,74 \text{ т/м}^3$ ;  $W=0,18$ . Тому його коефіцієнт пористості  $e=2,64(1+0,18) / 1,74 - 1=0,79$ . Згідно з табл. 6 (перший рядок, останній стовпчик), **пісок пухкий**, бо його коефіцієнт  $e=0,79 > 0,70$ .

Ступінь вологості ґрунту  $S_r=0,18 \cdot 2,64 / (0,79 \cdot 1)=0,6$ . Відповідно до таблиці 7 (другий рядок), **пісок вологий**, бо  $0,5 < S_r=0,6 < 0,8$ .

За даними останнього рядка табл. 8 побудовано сумарну криву – рис. 3. Вона дає  $d_{10}=0,076 \text{ мм}$  і  $d_{60}=0,33 \text{ мм}$ . Звідси  $C_U=0,33 / 0,076=4,34 > 3$ , тобто **пісок неоднорідний**.

**Повне найменування** – пісок середньої крупності, неоднорідний, пухкий, вологий.

## Лабораторна робота 9

### Визначення типу і стану зв'язних ґрунтів

Властивості глинистих (зв'язних) фунтів перш за все залежать від їхніх мінерального, зернового складів і особливо від вологості. З її зміною стають іншими фізичні характеристики ґрунту, його деформативність і міцність, а також консистенція ґрунту, від якої в основному залежить його поведінка під спорудою (навантаженням). Під **консистенцією** розуміють ступінь рухливості частинок ґрунту при механічній дії. Збільшення вологості викликає потемніння ґрунту.

Консистенція характерна для зв'язних ґрунтів, які мають **пластичність**. Нею називають спроможність ґрунту змінювати свою форму без змін об'єму і суцільності

внаслідок зовнішньої дії та зберігати отриману форму після припинення цієї дії. Чим більше в ґрунті глинистих частинок (розміром менше 0,005 мм), тим яскравіше виражена його пластичність.

Залежно від вологості (консистенції) глинистий ґрунт може бути в одному з трьох станів: **твердому, пластичному чи текучому**. Зміна консистенції відбувається за певними граничними значеннями вологості, які називають **границями пластичності**. Розрізняють дві границі: нижню – **границю розкочування (пластичності)  $W_p$** , верхню – **границю текучості  $W_L$** .

Границею  $W_p$  називають **вологість**, при збільшенні якої ґрунт переходить з твердого стану в пластичний чи навпаки. Границею  $W_L$  називають **вологість**, при збільшенні якої ґрунт переходить з пластичного стану в текучий чи навпаки. Це можна зобразити таким графіком:

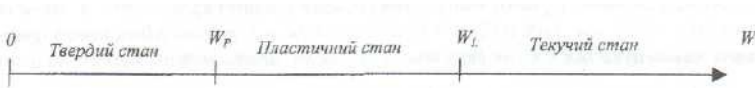


Рис. 4. Залежність консистенції від вологості

Границі пластичності вимірюються, як і вологість, в частках одиниці. Різницю між границями називають **числом пластичності  $I_p$** :

$$I_p = W_L - W_p. \quad (1)$$

Число пластичності показує **ступінь глинізації** ґрунтів, залежно від якої (табл. 9) їх поділяють на **типи – супіски, суглинки і глини**. Консистенцію ґрунтів (їхній стан або різновид) характеризують **показником текучості  $I_L$** , який отримують за формулою:

$$I_L = (W - W_p) / I_p \quad (2)$$

де  $W$  – природна вологість ґрунту.

Таблиця 9. Типи глинистих ґрунтів

Ґрунти	Число пластичності $I_p$	Діаметр джгутика, мм, який приблизно відповідає вологості $W_p$	Вміст глинистих частинок за масою, %
Супісок	$0,01 \leq I_p \leq 0,07$	$\geq 3$	3 – 10
Суглинок	$0,07 < I_p \leq 0,17$	1 – 3	10 – 30
Глина	$I_p > 0,17$	$\approx 1$	> 30

Таким чином, тип і різновид глинистих ґрунтів визначають за допомогою границь їхньої пластичності та природної вологості. Існує кілька методик знаходження границь пластичності. Студенти виконують цю роботу методами (ГОСТ 5180-84), які стали стандартними в нашій країні (за кордоном поширені методи Аттерберга, Казагранде та ін.). Не слід забувати, що будь-яка з існуючих методик дозволяє знаходити лише умовні значення границь, тому що в лабораторних аналізах використовують не реальні ґрунти, а їхні пасти.

**Мега роботи** – визначити повне найменування глинистого ґрунту (тип і різновид).

**Задача роботи** – для зразка глинистого ґрунту знайти його природну вологість  $W$ . Підготувати пробу і довести її вологість до границі текучості, а потім до границі розкочування. Визначити відповідні значення  $W_L, W_p$ .

**Необхідне обладнання:** терези, шпатель, ніж, гумовий товчачик з фарфоровою ступкою, сито з отворами 0,5 мм, посудина з водою, балансирний конус Васильєва (масою 76 г) з підставкою, бюкси, лист глянцевого паперу чи плоске скло, сушильна шафа, ексікатор з хлористим кальцієм (для поглинання вологи), фарфорова чашка.

**Методика визначення:**

1. Зразок ґрунту об'ємом приблизно 50 см<sup>3</sup> (на око) довести до повітряно-сухого стану, вилучити рослинні залишки більші за 1 мм, роздрібнити товчачиком у

ступці й просіяти крізь сито. Отриманий порошок помістити в чашку і зволожити до стану густої пасти із ретельним перемішуванням. Закрити чашку кришкою і залишити приблизно на дві години для утворення однорідної за вологістю маси.

2. Заповнити маленький бюкс пастою по самі вінця без виникнення порожнин і поставити його на підставку.

3. На поверхню пасти обережно опустити балансирний конус, тримаючи його за ручку і спостерігаючи за його вільним зануренням протягом 5 с. Якщо конус з кутом при вершині  $30^\circ$  заглибиться точно до мітки (на 10 мм), то вологість ґрунту знаходиться на границі текучості.

4. Якщо конус заглиблюється на меншу або більшу глибину, це свідчить про те, що вологість ґрунту не досягла або перевищила границю текучості. В такому разі пасту з бюкса вийняти, додати в неї трошки води або злегка підсушити на повітрі (або додати трішечки сухого порошку), безперервно перемішуючи шпателем у чашці. Повторити операції, що зазначені в п. 3.

5. Після досягнення границі текучості з бюкса взяти наважку ґрунту приблизно 15 г (на око) і визначити відповідну вологість  $W_L$  методом висушування, як описано в роботі 7, Бюкс очистити від пасти, а дані занести в журнал (табл. 10).

Таблиця 10. Результати визначення границь пластичності (приклад)

№ бюкса	Межі пластичності	Маса бюкса, г					Вологість ґрунту $W = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1}$
		порожнього $m_1$	з вологим ґрунтом $m_2$				
				$m_3^I$	$m_3^{II}$	постійн а $m_3$	
3	$W_L$	18,41	29,98	26,52	26,27	26,27	0,47
7	$W_p$	13,81	16,87	16,30	16,11	16,11	0,33

6. Невеликий шматочок ґрунтової пасти (діаметром приблизно 10 мм) розкочати долонею на папері чи склі до утворення джгутика діаметром біля 1...3 мм. Розкочувати джгутик треба з легким натисненням. При цьому надлишкова волога буде виділятися з ґрунту. Якщо при зазначеному діаметрі джгутик не кришиться, зім'яти його і знову розкочати.

7. Границя розкочування вважається досягнутою, коли джгутик діаметром близько 1...3 мм починає кришитися по всій довжині на окремі шматочки довжиною 3...10мм.

8. Узяти кілька шматочків джгутика біля 15 г (на око) і визначити відповідну вологість  $W_p$  методом висушування (див. роботу 7). Дані занести в журнал (див. табл. 10).

9. Для цього ж ґрунту попередньо знайти природну вологість  $W$  (див. роботу 7), а також показники  $I_p$  і  $I_L$  – за формулами (1) і (2).

*Примітка.* У зв'язку з тривалістю отримання значення  $W$  задаються викладачем.

10. Найменування ґрунту визначити з табл. 9 і 11 (ГОСТ 25100-95), на-приклад, суглинок тугопластичний.

Таблиця 11. Різновид глинистих ґрунтів за консистенцією

Найменування ґрунту	Показник текучості $I_L$
Супісок <b>твердий</b>	$I_L < 0$
-“- <b>пластичний</b>	$0 \leq I_L \leq 1$
-“- <b>текучий</b>	$I_L > 1$
Суглинок і глина <b>тверді</b>	$I_L < 0$
-“- <b>напівтверді</b>	$0 \leq I_L \leq 0,25$
-“- <b>тугопластичні</b>	$0,25 < I_L \leq 0,50$
-“- <b>м'якопластичні</b>	$0,50 < I_L \leq 0,75$
-“- <b>текучопластичні</b>	$0,75 < I_L \leq 1,00$
-“- <b>текучі</b>	$I_L > 1,00$

## Лабораторна робота 10

### Визначення коефіцієнта фільтрації пісків

Здатність ґрунту пропускати крізь себе воду називають **водопроникністю**. Вода рухається по порах ґрунту переважно завдяки гравітаційним силам і внаслідок зовнішніх дій. Кількісно водопроникність характеризується **коефіцієнтом фільтрації** ґрунту  $K_\phi$ , який дорівнює швидкості фільтрації води при гідравлічному уклоні (градієнті), що дорівнює одиниці.

Кількість води  $Q$ , яка протікає крізь поперечний переріз площею  $A$  протягом часу  $t$ , при ламінарному русі за законом Дарсі дорівнює:

$$Q = K_\phi A t I$$

де  $I$  – гідравлічний уклон, що дорівнює відношенню втрати напору  $\Delta H$  до довжини шляху фільтрації  $a$ :

$$I = \Delta H / a = (H_1 - H) / a .$$

Швидкість фільтрації  $V = Q / At$ , звідки  $V = K_\phi I$ , тобто при  $I = 1$  коефіцієнт  $K_\phi$  кількісно дорівнює швидкості  $V$ . Тому він має розмірність швидкості: см/с, м/доб, і за однакових умов залежить переважно від пористості, тиску, зернового і мінерального складів. Перехід до різних розмірностей такий: см/с=864 м/доб=3·10<sup>7</sup> см/рік=3·10<sup>5</sup> м/рік.

Коефіцієнт фільтрації використовують у розрахунках припливу підземних вод до будівельних котлованів і бурових свердловин, витоку води з водосховищ, часу на загасання осідання фундаменту (консолідації ґрунтів), в різних фільтраційних розрахунках, при проектуванні дренажів, фільтрів і т.ін.

Існує кілька методів визначення  $K_\phi$ , які можна об'єднати в три групи: польові, лабораторні та за емпіричними формулами. В лабораторних дослідженнях



використовують різні прилади. Дану роботу студенти виконують для пісків на приладі  $K_{\phi}=OOM$  (рис.5) за ГОСТ 25584-90.

**Мета роботи** – розрахувати коефіцієнт  $K_{\phi}$ .

**Задача роботи** – зафіксувати час, протягом якого профільтрується 10 мл води.

**Необхідне обладнання:** прилад КФ-ООМ, термометр, секундомір, глибока тарілка, посудина з водою.

### Методика визначення:

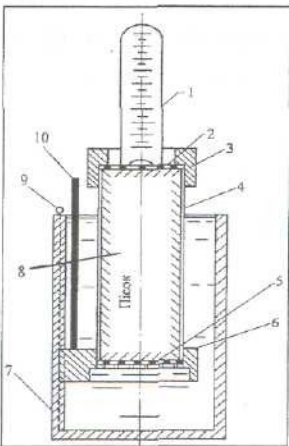


Рис. 5. Схематичний розріз приладу КФ-00М

1. Заповнити фільтраційну трубку 4 піском 8, надіти на неї муфту 3 і упорне дно 6, попередньо поклавши на торцеві поверхні піску латунні сітки 2 і 5 (рис.5). Якщо випробують ґрунт природної структури, трубку заповнюють як різальне кільце. Пісок порушеної структури засипають в трубку з пошаровим трамбуванням до отримання потрібної пористості. В дослідах з дрібним і пилуватим пісками на «дно» трубки насипають буферний шар піску з фракцій 0,50-0,25 мм завтовшки 2-3 мм.

2. Встановити трубку упорним дном у зовнішній стакан 7 на кільцеву підставку, яка з'єднана із шкалою гідравлічного уклону 10. Гвинтом 9 установити порібний градієнт, спостерігаючи за суміщенням відповідної поділки на шкалі 10 з верхом зовнішнього стакану. Заповнити зовнішній стакан водою і поставити його на тарілку.

**Примітка.** У деяких модифікуваннях дно 6 зроблено внутрішнім стаканом, який разом із трубкою 4 угвинчується в зовнішній стакан 7, а поділки шкали нанесені прямо на зовнішню стінку внутрішнього стакану (теж відносно верхнього краю зовнішнього стакану).

3. Протягом 3-4 хв невеликими частками обережно наливати воду на верхню

сітку 2, поки вода не почне виливатися із зовнішнього стакана. Це покаже, що ґрунт став водонасиченим, а вода в його порах – гідравлічно неперервною.

4. Заповнити мірний балон 1 водою і виміряти її температуру. Затиснути отвір балона великим пальцем і, швидко перевернувши, вставити в муфту 3 до зіткнення із сіткою 2.

У такому стані балон автоматично підтримує над ґрунтом постійний рівень води в 1-2 мм. Коли він внаслідок фільтрації знижується, бульбашка повітря проривається в балон і з нього витікає відповідна кількість води. Цим досягається постійність гідравлічного градієнта. Коли в балон прориваються великі бульбашки повітря, шийка балона знаходиться на значній відстані від ґрунту. В такому разі балон слід опустити на 1 - 2 мм нижче і добитися рівномірного просочування дрібних бульбашок повітря.

5. Зафіксувати час  $t$ , с, протягом якого профільтрується  $Q=10$  мл води (що відмічається за шкалою на балоні). Визначення зробити при двох різних положеннях рівня води в балоні.

6. Змінити градієнт, долити воду в зовнішній стакан і повторити попередні операції.

7. Вилити воду з мірного балона. Дані занести в журнал (табл.12) і розрахувати значення  $K_1$  за формулою:

$$K_1 = Q \cdot 864 / (A I r),$$

де:  $Q$  – витрата води, що дорівнює 10 мл;  $A$  – площа поперечного перерізу зразка, що дорівнює  $25 \text{ см}^2$ ;  $r$  – температурна поправка ( $r=0,7 + 0,03 t_0$ );  $t_0$  – температура води, яка фільтрується, °C; 864 – перехідний коефіцієнт від см/с м/доб.

8. Визначити коефіцієнт  $K_\phi$  за формулою:

$$K_\phi = K_1 / t,$$

і остаточно прийняти середньоарифметичне значення з отриманих результатів.

**Таблиця 12. Результати фільтраційних випробувань піску (приклад)**

№ досл іду	Гідравлічний градієнт $I$	Температура води $t_0$ , °C	Час фільтрації $t$ , с	Коефіцієнт $K_1$	Коефіцієнт фільтрації $K_{\Phi}$ , м/доб	Розрахункове значення $K_{\Phi} = \frac{\sum K_{\Phi_i}}{4}$ , м/доб
1	0,8	20	51,2	332,3	6,49	<b>6,52</b>
2	0,8	20	50,6	332,3	6,57	
3	0,6	20	68,4	443,0	6,48	
4	0,6	20	67,8	443,0	6,53	

**Примітки:** 1. Оскільки студентам видають заряджений прилад, п. 1 виключають.

2. Значення коефіцієнта  $K_1$  приймати з табл. 13, проводячи експерименти з відповідними значеннями  $I$ .

3. Температурна поправка потрібна тому, що в'язкість води залежить від температури, яка в реальних ґрунтових умовах зазвичай становить близько 10 °C.

**Таблиця 13. Коефіцієнт  $K_1$  для розрахунків коефіцієнта  $K_{\Phi}$  за результатами випробувань піску в приладі КФ-00М**

№ п/п	$t_0$ , °C	Значення $K_1$ , коли градієнт дорівнює:		
		0,6	0,8	1,0
1	2	3	4	5
1	10	576,0	432,0	345,6
2	11	559,2	419,3	335,5
3	12	543,3	407,5	325,9
4	14	514,3	384,8	308,6
5	16	488,1	366,1	292,9
6	18	464,5	348,3	278,6

7	19	453,4	340,1	272,1
8	20	443,0	322,3	265,8

*Закінчення табл. 13*

9	21	433,1	324,8	259,8
10	22	423,5	317,6	254,1
11	23	414,3	310,3	248,6
12	24	403,0	304,2	243,4
13	25	397,2	297,9	238,3
14	26	389,2	291,8	233,5
15	27	381,4	286,0	228,8
16	28	374,0	280,5	224,3
17	29	366,8	275,1	220,1
18	30	360,0	270,0	215,9

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Ципріянович І. В., Таланов Г. П.* Інженерна геологія: Підручник. – К.: КУЕТТ, 2006. – 277 с.
2. *Пешковский Л. М, Перескова Т. М.* Инженерная геология. – М.: Высш. шк, 1982. – 368 с.
3. *ГОСТ 25100-82.* Грунты. Классификация. – Введ. 31.12.81, №284.
4. *Таланов Г. П.* Інженерна геологія: Методичні вказівки до самостійної праці та завдання на контрольну роботу (перевидання) для студентів усіх форм навчання. – К.: ДЕДУТ, 2013. – 32 с. (№ 1003).
5. *Таланов Г. П.* Скорочений опис мінералів і гірських порід: Довідник для лабораторних робіт з дисципліни «Інженерна геологія» для студентів спец. «Залізничні споруди та колійне господарство» усіх форм навчання. – К.: КУЕТТ, 2004. – 31 с. (№1169).

## ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ .....	3
ОСНОВИ ГЕОЛОГІЇ .....	4
Лабораторна робота 1 Макроскопічний аналіз мінералів .....	4
Лабораторна робота 2 Макроскопічний аналіз гірських порід .....	9
Лабораторна робота 3 Побудова геологічного розрізу .....	11
Лабораторна робота 4 Побудова карти гідроізогіпс .....	14
ҐРУНТОЗНАВСТВО .....	16
Лабораторна робота 5 Визначення щільності частинок ґрунту .....	20
Лабораторна робота 6 Визначення щільності ґрунту .....	22
Лабораторна робота 7 Визначення вологості ґрунту .....	24
Лабораторна робота 8 Визначення типу і стану пісків .....	26
Лабораторна робота 9 Визначення типу і стану зв'язних ґрунтів .....	32
Лабораторна робота 10 Визначення коефіцієнта фільтрації пісків .....	37
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	42

*Навчально-методичне видання*

*Геннадій Павлович Таланов*

## **ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ ТА САМОСТІЙНОЇ ПРАЦІ  
(ПЕРЕВИДАННЯ) ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ  
07010801 "ЗАЛІЗНИЧНІ СПОРУДИ ТА КОЛІЙНЕ  
ГОСПОДАРСТВО" УСІХ ФОРМ НАВЧАННЯ



Відповідальний за випуск: к.т.н., доц.. Г.П.Таланов

Редакція авторська

---

Підписано до друку \_\_.\_\_\_\_\_. Формат паперу 60×84/6, папір офс.  
Спосіб друку – ризографія. Замовлення №\_\_\_\_\_, наклад 120 примір.

---

**Редакційно-видавничий центр ДЕГУТ. Свідоцтво про реєстрацію, серія ДК №3097 від  
27.12.72р.  
03049, м. Київ-49, вул. Миколи Лукашевича, 19,**

