

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до проведення практичних робіт та організації самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ІНЖЕНЕРНІ ВИШУКУВАННЯ»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм  
навчання зі спеціальності G19 – Будівництво та цивільна інженерія)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2026**

Методичні рекомендації до проведення практичних робіт та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Інженерні вишукування» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності G19 – Будівництво та цивільна інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. Ю. Єгупов, І. В. Храпатова, Г. Г. Стріжельчик, О. І. Бондаренко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2026. – 63 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. В. Ю. Єгупов,  
канд. техн. наук, доц. І. В. Храпатова,  
канд. геолог.-мінер. наук, проф. Г. Г. Стріжельчик,  
канд. техн. наук, доц. О. І. Бондаренко

#### Рецензент

**С. В. Табачніков**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва, протокол № 8 від 22.01.2026*

## ЗМІСТ

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                                  | 4  |
| 1 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ.....                                                                                                    | 7  |
| Практичне заняття № 1 Визначення класифікаційного найменування та будівельних характеристик скельного ґрунту.....           | 7  |
| Практичне заняття № 2 Визначення класифікаційного найменування та будівельних характеристик великоуламкового ґрунту.....    | 13 |
| Практичне заняття № 3 Визначення класифікаційного найменування та будівельних характеристик піщаного ґрунту.....            | 20 |
| Практичне заняття № 4 Визначення класифікаційного найменування та будівельних характеристик пілувато-глинистого ґрунту..... | 26 |
| Практичне заняття № 5 Побудова інженерно-геологічного розрізу.....                                                          | 35 |
| Практичне заняття № 6 Гідрогеологічні вишукування. Підземні води....                                                        | 43 |
| Практичне заняття № 7 Побудова карти гідроізогіпс.....                                                                      | 46 |
| Практичне заняття № 8 Обробка даних хімічного складу підземних вод                                                          | 51 |
| 2 ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ (СРС)....                                                                    | 55 |
| Список рекомендованих джерел.....                                                                                           | 57 |
| Додаток А.....                                                                                                              | 59 |

## ВСТУП

Виконання практичних робіт є однією з найважливіших складових освітнього процесу, яка сприяє активізації засвоєння студентом знань та їх реалізації, а також формує вміння навчатися і займатися науковою роботою. Незалежно від отриманої професії та характеру роботи будь-який фахівець повинен оволодіти фундаментальними знаннями, професійними вміннями й навичками щодо діяльності свого профілю, досвідом творчої та дослідницької діяльності щодо вирішення нових проблем.

Вивчення дисциплін геологічного циклу сприяє формуванню у студентів навичок щодо оцінки геологічних, інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов території (дослідної ділянки), що призначена для будівництва будь-яких будівель і споруд, за даними інженерних вишукувань.

Професійному інженеру-будівельнику необхідно володіти знаннями інженерної геології для вирішення складних питань взаємного впливу сучасних споруд та геологічного середовища так само, як інженеру-геологу необхідні знання в галузі будівництва. Застосування сучасних методів будівництва дозволяє освоювати навіть дуже несприятливі за геоморфологічними умовами ділянки, що вимагає великих додаткових капіталовкладень. Тільки комплексна професійна підготовка фахівців дозволяє надійно, економічно та екологічно безпечно вирішувати проблеми, які виникають під час життєвого циклу будівельного об'єкта, а саме від робочого проекту та будівництва об'єкта, під час експлуатації, або можливої реконструкції чи ліквідації.

Опанування студентом у повному обсязі навчальної програми та формування індивідуальності як особистої риси й важливої професійної якості, суть якої полягає у володінні базовими поняттями з загальної геології, гідрогеології, ґрунтознавства та інженерної геодинаміки, методами інженерних вишукувань, регіональної інженерної геології.

Фахівці-проектувальники повинні мати уявлення про склад і порядок підготовки технічного завдання для інженерно-геологічних вишукувань та

програми вишукувальних робіт, вміти інтерпретувати результати інженерно-геологічних і гідрогеологічних вишукувань і обирати технічно здійсненні й економічно доцільні проєктні рішення щодо будівництва об'єктів.

Для встановлення обсягу необхідних для освоєння території інженерних заходів проводяться інженерно-геологічні та гідрогеологічні вишукування.

Результати досліджень дозволяють встановити інженерно-геологічні умови зведення різних будівель і споруд (цивільних, промислових, гідротехнічних та тощо), проаналізувати умови окремих ділянок за отриманими даними вишукувальних робіт, визначити можливий вплив споруд на стан і властивості ґрунтів основ та фундаментів. Таким чином, з'являється можливість ухвалити обґрунтовані проєктні рішення та здійснити інженерні заходи, що забезпечують стійкість та експлуатаційну надійність будівель і споруд.

**Інженерні вишукування для будівництва** є видом науково-технічної діяльності (згідно з Законом України «Про наукову та науково-технічну діяльність»), що забезпечує вивчення природних і техногенних умов територій (ділянок) об'єктів будівництва, розроблення прогнозів взаємодії об'єктів будівництва з навколишнім середовищем, розроблення усіх видів проєктів (зокрема інженерної підготовки територій, захисту територій і об'єктів від небезпечних процесів). Інженерні вишукування для будівництва виконують відповідно до норм чинного законодавства, нормативних документів, які регулюють діяльність у відповідних сферах та на конкретній території, з дотриманням вимог цивільного захисту у сфері техногенної безпеки, охорони праці та навколишнього середовища.

Інженерні вишукування для будівництва містять такі види вишукувань: інженерно-геодезичні; інженерно-геологічні; геотехнічні та інженерно-гідрогеологічні (у складі комплексних інженерно-геологічних вишукувань або окремо); інженерно-гідрометеорологічні; вишукування для раціонального

використання та охорони навколишнього середовища; спеціалізовані (умовно вишукувальні).

Залежно від порядку розроблення проєктної документації (згідно з ДБН А.2.2-3) обсяги вишукувальних робіт розподіляють так: для передпроєктних робіт, а також для розроблення ескізного проєкту (ЕП) – на основі літературних, фондових джерел (враховуючи державний картографо-геодезичний фонд) і на основі обґрунтованого обсягу польових і лабораторних робіт; на стадіях: техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) чи техніко-економічний розрахунок (ТЕР), проєкт (П) або робочий проєкт (РП) – основні обсяги вишукувань (до ста відсотків); на стадії робочої документації (Р) – додаткові обсяги вишукувальних робіт, за відповідного обґрунтування у технічному завданні.

У разі проєктування об'єктів підвищеного рівня відповідальності та об'єктів у складних інженерно-геологічних умовах поетапне виконання вишукувальних робіт встановлюють відповідно до технічного завдання і програми виконання вишукувальних робіт.

# **1 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ**

## **Практичне заняття № 1**

### **Визначення класифікаційного найменування та будівельних характеристик скельного ґрунту**

**Ґрунтами** вважаються будь-які гірські породи, тверді відходи виробничої та господарської діяльності людини, які становлять багатокomпонентну систему, що змінюється в часі й використовується як основа, середовище для будівель та споруд або як будівельний матеріал.

За використанням у будівництві ґрунти поділяють на чотири класи:

- 1) природні скельні;
- 2) природні нескельні (дисперсні);
- 3) природні мерзлі;
- 4) техногенні.

Найбільш поширеними та такими, що використовуються в будівництві є скельні та нескельні ґрунти.

Визначення класу ґрунту відбувається на основі вивчення структурних зв'язків, що існують між частинками певного ґрунту.

#### **Визначення класу ґрунту**

**Скельні ґрунти** – це ґрунти, які мають жорсткі структурні зв'язки між частинками (кристалізаційного чи цементаційного типу). До скельних ґрунтів належать: граніт, вапняк, пісковик тощо.

До скельних ґрунтів здебільшого належать породи магматичного походження (граніт, базальт, габро тощо) та метаморфічного (мармур, гнейс тощо) походження, а також зцементовані осадові породи (вапняк, пісковик, доломіт, крейда тощо), зв'язки між частинками яких набули жорсткої структури в результаті різних видів природного цементування (кременистого, карбонатного, сульфатного, глинистого).

Взагалі скельні ґрунти відрізняються підвищеними міцністю, стійкістю до руйнування та щільністю, тому є надійними основами будівель і споруд.

**Нескельні (дисперсні) ґрунти** – це ґрунти, які не мають жорстких структурних зв'язків між частинками (пухкі в сухому стані: пісок, гравій, щебінь тощо). До нескельних ґрунтів також належать ґрунти, які мають слабкі колоїдні зв'язки, тобто зв'язні пилювато-глинисті ґрунти: глина, суглинок, супісок.

Нескельні (дисперсні) ґрунти зазвичай є продуктами фізичного вивітрювання скельних ґрунтів – уламками різної крупності:

- великоуламкові (валуни, щебінь тощо);
- піщані різної крупності (піски крупнозернисті, піски середньої зернистості, дрібні тощо);
- пилювато-глинисті (супіски, суглинки та глини).

Використання ґрунтів в інженерних цілях передбачає вивчення їхніх фізико-механічних властивостей, із визначенням їхнього класифікаційного найменування.

### **Класифікаційні характеристики скельних ґрунтів**

В якості основної характеристики скельних ґрунтів обраний показник «межа міцності ґрунту за одновісного стискання» ( $R$ , МПа) – відношення навантаження, за якого відбувається руйнування зразка, до площі його початкового поперечного перерізу. Для визначення міцності гірських порід до одновісного стискання виготовляють зразки циліндричної (іноді кубічної) форми зі співвідношенням висоти до діаметра, яке дорівнює одиниці, з відхиленням від цього до 5 %. Навантаження на зразки відбувається за допомогою гідравлічного преса. Тимчасовий опір скельного ґрунту за одновісного стискання  $R$  розраховують за такою формулою:

$$R = P_{\max} / F_0, \quad (1.1)$$

де  $P_{\max}$  – максимальне навантаження на зразок у мить його руйнування (кН);

$F_0$  – початкова площа поперечного перерізу зразка (см<sup>2</sup>).

**Визначення міцності скельних ґрунтів** відбувається за **показником  $R_c$**  (межа міцності за одновісного стискання у водонасиченому стані, МПа).

Скельні ґрунти, які мають межу міцності  $R_c \geq 5$  МПа, мають назву *напівскельні*.

Різновиди ґрунтів залежно від межі їх міцності  $R_c$  наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Різновиди ґрунтів залежно від межі їх міцності  $R_c$

| Різновиди ґрунтів       | Показник $R_c$ , МПа |
|-------------------------|----------------------|
| Скельні ґрунти          |                      |
| Дуже міцні              | $R_c > 120$          |
| Міцні                   | $120 \geq R_c > 50$  |
| Середньої міцності      | $50 \geq R_c > 15$   |
| Маломіцні               | $15 \geq R_c > 5$    |
| Напівскельні ґрунти     |                      |
| Зниженої міцності       | $5 \geq R_c > 3$     |
| Низької міцності        | $3 \geq R_c > 1$     |
| Вельми низької міцності | $R_c < 1$            |

**Показник розм'якливості** скельних ґрунтів, тобто коефіцієнт їхньої розм'якливості у воді  $k_{sof}$  визначається зі співвідношення

$$k_{sof} = \frac{R_c}{R_s}, \quad (1.2)$$

де  $R_c$  і  $R_s$  – межі міцності зразків ґрунту за одновісним стисканням відповідно у водонасиченому та повітряно-сухому станах (МПа).

Різновиди скельних ґрунтів, які визначаються за показником розм'якливості, наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Різновиди ґрунтів за показником розм'якливості

| Різнovid ґрунтів        | Показник $k_{sof}$ , частка один. |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Нездатні до розм'якання | $k_{sof} \geq 0,75$               |
| Здатні до розм'якання   | $k_{sof} < 0,75$                  |

**Показник вивітрілості ґрунту**, що характеризує ступінь його руйнування під дією таких факторів вивітрювання, як коливання температури, вплив кисню, води, вітру, сонячної радіації тощо є коефіцієнт вивітрілості  $k_{wr}$ , який визначається за такою формулою:

$$k_{wr} = \frac{\rho}{\rho_m}, \quad (1.3)$$

де  $\rho$  – щільність досліджуваного ґрунту, г/см<sup>3</sup> (т/м<sup>3</sup>);

$\rho_m$  – щільність цього самого ґрунту в монолітному невивітрілому стані, г/см<sup>3</sup> (т/м<sup>3</sup>).

За показником вивітрілості скельні ґрунти поділяються відповідно до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Різновиди ґрунтів за показником вивітрілості

| Скельні ґрунти                | Характеристика масивів ґрунтів та рівень їхньої вивітрілості, $k_{wr}$ , частка один. |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Невивітрілі (монолітні)       | Суцільний масив $k_{wr} = 1$                                                          |
| Слабковивітрілі (тріщинуваті) | Незміщені (брили) $1 > k_{wr} \geq 0,9$                                               |
| Вивітрілі                     | Скупчення уламків, які переходять у тріщинувату скелю $0,9 > k_{wr} \geq 0,8$         |
| Сильновивітрілі (рухляки)     | Увесь масив має вигляд скупчення окремих уламків, $k_{wr} < 0,8$                      |

У деяких ґрунтах напівскельного типу можуть міститися різні солі, розчинення яких може негативно позначатися на механічних властивостях ґрунту. **За показником засоленості,  $D_{sal}$** , тобто за процентним вмістом легко- й середньорозчинних солей у масі абсолютно сухого ґрунту, виділяють два різновиди ґрунту (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Різновиди ґрунтів відповідно до показника засоленості

| Різновиди ґрунтів | Показник засоленості ґрунтів, $D_{sal}$ |
|-------------------|-----------------------------------------|
| Незасолені        | Менше за 2                              |
| Засолені          | 2 і більше                              |

Деякі види скельних і напівскельних ґрунтів, що мають осадове походження можуть розчинятися у воді. Відповідно до **ступеня розчинності у воді,  $q_{sr}$** , ґрунти поділяють на декілька різновидів (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Різновиди ґрунтів відповідно до ступеня розчинності у воді

| Різновиди ґрунтів                           | Ступінь розчинності ґрунтів у воді, $q_{sr}$ , г/л |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Нерозчинні                                  | Менше за 0,01                                      |
| Слаборозчинні:<br>вапняк, доломіт           | 0,01–1                                             |
| Середньорозчинні:<br>крейда, гіпс, ангідрит | 1–10                                               |
| Легкорозчинні:<br>кам'яна і калійна солі    | Більше за 10                                       |

### Приклад визначення класифікаційних характеристик скельного ґрунту

Вихідні дані: досліджуваний ґрунт – оолітовий вапняк жовтуватого-сірого, із плямами озалізнення, домішками мушель молюсків, сильно тріщинуватий поблизу поверхні (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Оолітовий вапняк

Тимчасовий опір одновісному стискуванню у повітряно-сухому стані –  $R_s = 14,4$  МПа. Тимчасовий опір одновісному стискуванню у водонасиченому стані –  $R_c = 5,8$  МПа.

Щільність вивітрілого ґрунту:  $\rho = 1,90$  г/см<sup>3</sup>. Щільність невивітрілого ґрунту:  $\rho_m = 2,27$  г/см<sup>3</sup>.

Ступінь розчинності у воді:  $q_{sr} = 0,05$  г/л.

#### Порядок визначення

1. За таблицею 1.1 визначаємо різновид ґрунту за показником  $R_c = 5,8$  МПа. Отже, ґрунт є маломіцним.

2. Знаходимо коефіцієнт розм'якшення у воді за такою формулою:

$$k_{sof} = \frac{R_c}{R_s} = 5,8 / 14,4 = 0,40.$$

Згідно з таблицею 1.2 ґрунт здатний до розм'яккання.

3. Знайдемо коефіцієнт вивітрилості ґрунту за такою формулою:

$$k_{wr} = \frac{\rho}{\rho_m} = 1,90 / 2,27 = 0,84.$$

Відповідно до таблиці 1.3 ґрунт є сильно вивітрилим.

4. Даних про засоленість ґрунту немає, тому у класифікаційному найменуванні ґрунту цей показник не бере участі.

5. За таблицею 1.5 визначимо різновид ґрунту за ступенем розчинності у воді,  $q_{sr}$ .

Згідно з цією таблицею ґрунт є важкорозчинним.

**Висновок:** досліджуваний ґрунт оолітовий вапняк є скельним ґрунтом маломіцним, розм'якливим, вивітрілим, важкорозчинним.

Додатково треба надати інформацію:

1) про його походження;

2) використання у будівництві;

3) можливість використання у якості основи для фундаментів.

Оолітовий вапняк – це гірська порода, що складається зі сферичних або еліпсоїдальних агрегатів, відомих як ооліти, які зцементовані карбонатною речовиною. Він формується в результаті хімічного осадження карбонатів кальцію в морських водоймах, де ооліти утворюються навколо піщинок, уламків раковин або зерен кальциту.

Деякі сорти вапняку використовують для зведення з них малоповерхових будівель, але в більшості випадків матеріал використовується в якості стінових панелей, облицювальних плит. Дрібні фракції використовують в якості щебеню під час виробництва бетону, великі – для облаштування основ автомобільних доріг. Бутове каміння (великі уламки розміром до 500 мм) підходить для фундаментних робіт.

Використання оолітового вапняку як основи для фундаментів можливе, проте варто враховувати його особливості. Оолітовий вапняк має хороші фізичні властивості, включно з достатньою міцністю і стійкістю до навантажень. Однак його застосування як основи може бути менш ефективним порівняно з іншими ґрунтами, особливо в умовах високих навантажень або на ділянках із нестабільними ґрунтами. Також, якщо у складі вапняку є органічні домішки, це негативно позначається на його міцності.

## **Практичне заняття № 2**

### **Визначення класифікаційного найменування та будівельних характеристик великоуламкового ґрунту**

Природні нескельні (дисперсні) ґрунти поділяються на дві групи: уламкові ґрунти і зв'язні ґрунти:

1) уламкові ґрунти – це незв’язні ґрунти, сипучі в сухому стані, яким невластива пластичність;

2) зв’язні ґрунти, зокрема пилувато-глинисті ґрунти – це такі ґрунти, що мають якості пластичності у вологому стані.

Уламкові ґрунти, зі свого боку, поділяють на дві підгрупи:

1) великоуламкові ґрунти;

2) піщані ґрунти.

Мінеральні частинки, з яких складені ґрунти, поділяють за розміром згідно з таблицею 2.1.

Таблиця 2.1 – Склад і найменування уламків у складі дисперсних ґрунтів

| Уламки і частинки, що складають ґрунт | Міжнародна назва | Фракції | Розмір, мм |
|---------------------------------------|------------------|---------|------------|
| Валуни (обкатані), глиби (кутасті)    | Boulders         | Великі  | >800       |
|                                       |                  | Середні | 400–800    |
|                                       |                  | Дрібні  | 200–400    |
| Галька (обкатана), щебінь (кутастий)  | Cobbles          | Великі  | 100–200    |
|                                       |                  | Середні | 60–100     |
|                                       |                  | Дрібні  | 10–60      |
| Гравій (обкатаний), жорства (кутаста) | Gravel           | Великі  | 4–10       |
|                                       |                  | Дрібні  | 2–4        |
| Піщані частинки                       | Sand             | Грубі   | 1–2        |
|                                       |                  | Великі  | 0,5–1      |
|                                       |                  | Середні | 0,25–0,5   |
|                                       |                  | Дрібні  | 0,10–0,25  |
|                                       |                  | Тонкі   | 0,05–0,10  |
| Пилуваті частинки                     | Silt             | Великі  | 0,01–0,05  |
|                                       |                  | Дрібні  | 0,002–0,01 |
| Глинисті частинки                     | Clay             |         | <0,002     |

### **Визначення класифікаційного найменування великоуламкових ґрунтів**

Великоуламкові ґрунти складаються із уламків гірських порід, між якими є лише механічна взаємодія. Вони характеризуються порівняно слабкою стисливістю і мають досить високим опір зсуву й значну величину водопроникності. Найчастіше в природних умовах ці ґрунти зустрічаються у вигляді галечнику і гравію з піщаним або глинистим заповнювачем.

Великі складові, які формують каркас ґрунту, здебільшого визначають їхні властивості і поведінку в основі різних споруд. Петрографічний склад, різна форма і ступінь обкатування уламків залежать від складу зруйнованих порід і генезису великоуламкових товщ, які мають різні інженерно-геологічні особливості.

Сучасними обов'язковими нормативними вимогами до характеристик великоуламкових ґрунтів є виділення їх різновидів за п'ятьма показниками:

- гранулометричний склад, який визначає найменування ґрунту;
- ступінь неоднорідності гранулометричного складу,  $C_u$ ;
- коефіцієнт водонасичення (ступінь вологості),  $S_r$ ;
- коефіцієнт вивітрілості великих уламків,  $K_{wt}$ ;
- коефіцієнт стираності великих уламків,  $K_{ft}$ .

**Гранулометричний склад** зазвичай визначається ситовим методом. Оцінювання кутастості уламків, що входять до складу ґрунту, виконується шляхом візуального огляду. Найменування великоуламкового ґрунту обирають залежно від процентного вмісту в його складі фракцій (уламків) різного розміру відповідно до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Найменування великоуламкових ґрунтів за процентним вмістом фракцій

| Найменування ґрунту                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                             | Розмір уламків (фракцій), d, мм | Вміст уламків (фракцій), % за масою |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| За переважної більшості обкатаних уламків                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | За переважної більшості необкатаних уламків |                                 |                                     |
| Валунний ґрунт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Бриловий ґрунт                              | > 200                           | > 50                                |
| Галечниковий ґрунт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Щебенистий ґрунт                            | > 10                            | > 50                                |
| Гравійний ґрунт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Жорств'яний ґрунт                           | > 2                             | > 50                                |
| Примітка. Для встановлення найменування ґрунту послідовно підсумовують відсотки вмісту фракцій досліджуваного ґрунту: спочатку великі – розміром більш ніж 200 мм, потім середні – розмір яких більше за 10 мм, далі – малі, розміром більше за 2 мм. Найменування ґрунту обирається за першим показником, який задовольняється в порядку розташування найменувань. |                                             |                                 |                                     |

За ступенем неоднорідності гранулометричного складу  $C_u$  великоуламкові ґрунти, а також піски поділяють на різновиди, подані в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Класифікація великоуламкових і піщаних ґрунтів за ступенем неоднорідності гранулометричного складу

| Різновиди ґрунтів  | Ступінь неоднорідності гранулометричного складу, $C_u$ , д. од. |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Однорідний ґрунт   | $C_u \leq 3$                                                    |
| Неоднорідний ґрунт | $C_u > 3$                                                       |

Ступінь неоднорідності гранулометричного складу  $C_u$  (д. од.) визначається за формулою

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}},$$

де  $C_u = d_{60}$  – діаметр частинок, менше за який у цьому ґрунті міститься (за масою) 60 % частинок;

$d_{10}$  – діаметр частинок, менше за який у цьому ґрунті міститься (за масою) 10 % частинок.

Для визначення  $d_{60}$  і  $d_{10}$  використовується інтегральна (сумарна) крива гранулометричного складу ґрунту, яка становить графік, що показує сумарний відсоток за масою усіх фракцій (уламків) до певного діаметра.

За коефіцієнтом водонасичення (ступеня вологості)  $S_r$  великоуламкові ґрунти та піски поділяють згідно з таблицею 2.4.

Таблиця 2.4 – Різновиди великоуламкових та піщаних ґрунтів за ступенем вологості

| Різновиди ґрунтів                         | Ступінь вологості, $S_r$ , д. од. |
|-------------------------------------------|-----------------------------------|
| Маловологі (малого ступеня водонасичення) | $0 < S_r \leq 0,5$                |
| Вологі (середнього ступеня водонасичення) | $0,5 < S_r \leq 0,8$              |
| Насичені водою                            | $0,8 < S_r \leq 1,0$              |

Коефіцієнт водонасичення  $S_r$  – це показник, який відображає частку заповнення пор ґрунту водою і визначається за такою формулою:

$$S_r = V_w / V_n,$$

де  $V_w$  – об'єм води у зразку ґрунту,  $\text{см}^3$ ;

$V_n$  – об'єм порового простору у цьому ж зразку ґрунту,  $\text{см}^3$ .

**За коефіцієнтом вивітрілості великих уламків  $K_{wrt}$**  великоуламкові ґрунти поділяються на різновиди, вказані в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Класифікація великоуламкових ґрунтів за коефіцієнтом вивітрілості великих уламків

| Різновиди ґрунтів   | Коефіцієнт вивітрілості великих уламків, $K_{wrt}$ , д. од. |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|
| Слабко вивітрілий   | $0 < K_{wrt} \leq 0,5$                                      |
| Середньо вивітрілий | $0,5 < K_{wrt} \leq 0,75$                                   |
| Сильно вивітрілий   | $0,75 < K_{wrt} S_r \leq 1,0$                               |

Коефіцієнт вивітрілості великоуламкових ґрунтів  $K_{wrt}$ , д. од., визначається за такою формулою:

$$K_{wrt} = \frac{K_1 - K_0}{K_1}, \quad (2.1)$$

де  $K_1$  – відношення маси частинок розміром менше ніж 2 мм до маси частинок розміром більше ніж 2 мм після випробування на стирання в поличному барабані;

$K_0$  – теж саме в природному стані.

**За коефіцієнтом стирання великих уламків  $K_{fr}$**  великоуламкові ґрунти поділяються на різновиди вказані в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Класифікація великоуламкових ґрунтів за коефіцієнтом стирання великих уламків

| Різнovid ґрунтів   | Коефіцієнт стирання великих уламків, $K_{fr}$ ,<br>д. од. |
|--------------------|-----------------------------------------------------------|
| Дуже міцний        | $K_{fr} \leq 0,05$                                        |
| Міцний             | $0,05 < K_{fr} \leq 0,20$                                 |
| Середньої міцності | $0,20 < K_{fr} \leq 0,30$                                 |
| Рисоміцний         | $0,30 < K_{fr} \leq 0,40$                                 |
| Зниженої міцності  | $K_{fr} > 0,40$                                           |

Коефіцієнт стирання великоуламкових ґрунтів  $K_{fr}$ , д. од., визначається за такою формулою:

$$K_{fr} = \frac{q_1}{q_0}, \quad (2.2)$$

де  $q_1$  – маса частинок розміром менше ніж 2 мм після випробування великоуламкових фракцій ґрунту (частинки розміром більше ніж 2 мм) на стирання в поличному барабані;

$q_0$  – початкова маса проби великоуламкових фракцій (на випробування на стирання).

#### **Приклад визначення класифікаційних характеристик великоуламкового ґрунту**

Вихідні дані: досліджуваний ґрунт складається з кутастих базальтових уламків (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Ґрунт із кутастих уламків

Гранулометричний склад ґрунту:

- 1)  $> 200$  мм – 35 %;
- 2) 200–100 мм – 25 %;
- 3) 100–60 мм – 10 %;
- 4) 60–40 мм – 9 %;
- 5) 40–20 мм – 7 %;
- 6) 20–10 мм – 6 %;
- 7) 10–5 мм – 8 %.

Ступінь неоднорідності гранулометричного складу:  $C_u \approx 10$ .

Ступінь вологості:  $S_r = 0,3$ .

Коефіцієнт вивітрілості великих уламків:  $K_{wrt} = 0,8$ .

Коефіцієнт стираності великих уламків  $K_{fr} = 0,3$ .

#### Порядок визначення

1. Визначимо найменування великоуламкового ґрунту за відсотковим вмістом фракцій за таблицею 2.2. Для цього підсумуємо за фракціями, починаючи з великих розмірів. Вміст частинок розміром більше, ніж 200 мм складає 35 %, менше – 50 %, отже, ґрунт не є бриловим. Вміст частинок розміром більш ніж 10 мм складає:  $35 + 25 + 10 + 9 + 7 + 6 = 92$  % ( $>50$  %) –

отже, також враховуючи, що уламки кутасті, класифікаційне найменування цього ґрунту – щебеневий ґрунт.

2. За ступенем неоднорідності гранулометричного складу  $C_u \approx 10$ , отже, за таблицею 3.3 ґрунт є неоднорідний.

3. За ступенем вологості  $S_r = 0,3$  за таблицею 2.4 визначаємо, що ґрунт є маловологий.

4. За коефіцієнтом вивітрілості великих уламків  $K_{wrt} = 0,8$  – ґрунт є сильновивітрілий (табл. 2.5).

5. За коефіцієнтом стираності великих уламків  $K_{fr} = 0,3$  (табл. 2.6) – ґрунт середньої міцності. Висновок: найменування різновиду – ґрунт щебеневий, неоднорідний, маловологий, сильновивітрілий, середньої міцності.

**Висновок:** класифікаційні характеристики – ґрунт щебеневий, неоднорідний, маловологий, сильновивітрілий, середньої міцності.

Додатково треба надати інформацію про:

- 1) його походження;
- 2) використання у будівництві;
- 3) можливість використання у якості основи для фундаментів.

### **Практичне заняття № 3**

#### **Визначення класифікаційного найменування та будівельних характеристик піщаного ґрунту**

Сучасними нормативними вимогами до характеристики піщаних ґрунтів (пісків) є виділення їх різновидів за такими показниками:

- гранулометричний склад, за яким визначається найменування піщаного ґрунту;
- ступінь неоднорідності гранулометричного складу  $C_u$ ;
- коефіцієнт водонасичення (ступінь вологості)  $S_r$ ;
- щільність складення пісків залежно від коефіцієнта пористості  $e$ .

У випадках наявності в піщаному ґрунті органічних домішок, торфу, розчинних солей необхідно визначати:

- відносний вміст органічної речовини або торфу  $I_r$  (також поширене позначення  $I_{om}$ );
- ступінь засоленості ґрунтів легко- і середньорозчинними солями  $D_{sal}$ .

Для ґрунтів, що здатні здиматися під час замерзання, визначається ступінь морозного здимання  $\varepsilon_{fn}$ .

Крім того, для штучно насипаних пісків необхідно визначати ще й ступінь щільності пісків штучного походження  $I_D$ .

**Найменування піщаного ґрунту** обирають залежно від процентного вмісту фракцій відповідно до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Найменування піщаного ґрунту за процентним вмістом фракцій

| Різновиди ґрунтів         | Розміри фракцій, мм | Вміст фракцій, % |
|---------------------------|---------------------|------------------|
| Пісок гравійний           | $> 2,0$             | $> 25$           |
| Пісок крупний             | $> 0,5$             | $> 50$           |
| Пісок середньої крупності | $> 0,25$            | $> 50$           |
| Пісок дрібний             | $> 0,1$             | $\geq 75$        |
| Пісок пилюватий           | $> 0,1$             | $< 75$           |

Аналогічно, як і для великоуламкових ґрунтів, підсумовують вміст фракцій згідно з розмірами зерен (піщинок). Найменування ґрунту обирають за першим показником, який задовольняється в порядку розташування найменувань у таблиці 3.1.

**Ступінь неоднорідності гранулометричного складу ґрунту  $S_u$**  визначають аналогічно великоулаковим ґрунтам – з допомогою інтегральної кривої гранулометричного складу ґрунту. Класифікація здійснюється також за таблицею 2.3.

**Ступінь вологості піщаного ґрунту** визначається за показником  $S_r$ , тобто частки заповнення шпарин ґрунту водою, аналогічно великоуламковим ґрунтам (табл. 2.4).

**Щільність складення пісків** природного походження визначають відповідно до найменування піщаного ґрунту та величини коефіцієнта пористості  $e$ , який становить відношення об'єму шпарин до об'єму твердих частинок піщаного ґрунту (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Щільність складення пісків відповідно до найменування піщаного ґрунту та величини коефіцієнта пористості  $e$

| Різновиди пісків    | Коефіцієнт пористості, $e$ , д. од.           |                      |                      |
|---------------------|-----------------------------------------------|----------------------|----------------------|
|                     | Піски гравійні, крупні та середньої крупності | Піски дрібні         | Піски пилюваті       |
| Щільний             | $e \leq 0,55$                                 | $e \leq 0,60$        | $e \leq 0,60$        |
| Середньої щільності | $0,55 < e \leq 0,70$                          | $0,60 < e \leq 0,75$ | $0,60 < e \leq 0,80$ |
| Пухкий              | $e > 0,70$                                    | $e > 0,75$           | $e > 0,80$           |

Щільність складення є одною з найважливіших будівельних характеристик пісків.

*У більшості випадків щільні піски є надійною основою для фундаментів; піски середньої щільності – задовільною основою. Пухкі піски не рекомендується використовувати як природну основу. Їх можна використовувати тільки після проведення заходів із технічної меліорації (уцілювання, цементації тощо).*

**Відносний вміст органічних речовин** у пісках визначається за показником  $I_{om}$  (або  $I_r$ ) згідно з таблицею 3.3.

Таблиця 3.3 – Різновиди піщаного ґрунту за відносним вмістом органічної речовини

| Різновиди ґрунтів                    | Відносний вміст органічних речовин, $I_{om}$ |
|--------------------------------------|----------------------------------------------|
| Піски без домішок органічних речовин | $I_{om} \leq 0,03$                           |
| Піски з домішками органічних речовин | $0,03 < I_{om} \leq 0,1$                     |
| Піски заторфовані (замулені)         | $I_{om} > 0,1$                               |

*Грунти з домішками органічних речовин, а тим більш заторфовані – незадовільна основа для будівель і споруд.*

**За ступенем морозного здимання**  $\varepsilon_{fn}$  дисперсні ґрунти поділяються на різновиди, вказані у таблиці 3.10.

Таблиця 3.4 – Різновиди дисперсних ґрунтів за ступенем морозного здимання

| Різновид ґрунтів   | Ступінь здимання, $\varepsilon_{fn}$ , % |
|--------------------|------------------------------------------|
| Нездимальні        | $\varepsilon_{fn} < 1,0$                 |
| Слабкоздимальні    | $1,0 \leq \varepsilon_{fn} \leq 3,5$     |
| Середньоздимальні  | $3,5 < \varepsilon_{fn} \leq 7,0$        |
| Сильноздимальні    | $7,0 < \varepsilon_{fn} \leq 10,0$       |
| Надмірно здимальні | $\varepsilon_{fn} > 10,0$                |

Під час прогнозування будівельних властивостей пісків, тобто можливості їх використання в якості основи різних будівель і споруд, насамперед оцінюється щільність їхнього складу. Вона залежить від гранулометричного складу пісків та коефіцієнта пористості  $e$ .

У загальному випадку щільні піски є надійною основою об'єктів будівництва: за щільного складу піски добре сприймають навантаження і розсіюють напругу в основі під фундаментами. Піски середньої щільності слугують задовільною основою, а пухкі – погана основа. Використовувати пухкі піски як основу можна лише після проведення заходів технічної меліорації ґрунтів (трамбування, вібраційне ущільнення, силікатизація тощо). Крім того, пухкий склад пісків нерідко переходить у щільний стан у разі водонасичення та вібраційно-динамічного впливу.

Модуль деформації пісків коливається від 10 МПа до 50 МПа і закономірно знижується від крупних і щільних до пилюватих та пухких різновидів пісків. Наявність органічних домішок і торфу значно погіршує

несучу здатність ґрунтів, оскільки з плином часу органіка розкладається, і споруди, побудовані на органогенно-мінеральних і заторфованих ґрунтах, можуть постраждати через нерівномірне осідання основ.

### **Приклад визначення класифікаційних характеристик піщаного ґрунту**

Вихідні дані: досліджуваний ґрунт складається з дуже дрібних кварцових зерен, зеленувато-жовто-сірого кольору, водонасичений, частково замулений (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Піщані ґрунти

Гранулометричний склад ґрунту:

- 1) 10–2 мм – 1,5 %;
- 2) 2–0,5 мм – 22 %;
- 3) 0,5–0,25 – 24 %;
- 4) 0,25–0,1 мм – 20 %;
- 5) 0,1–0,05 мм – 22 %;
- 6) 0,05–0,01 мм – 9 %;

7) 0,01–0,005 мм – 0,8 %;

8) < 0,005 мм – 0,7 %.

Ступінь неоднорідності гранулометричного складу:  $C_u = 7,75$ .

Ступінь вологості:  $S_r = 0,85$ .

Коефіцієнт пористості:  $e = 0,65$ .

Відносний вміст органічної речовини  $I_r$ : ( $I_{om}$ ) = 0,05.

Ступінь морозного здимання  $\varepsilon_{fn} = 0,8$  %.

### Порядок визначення

Визначаємо найменування піщаного ґрунту за відсотком вмісту фракцій за таблицею 3.1. Для цього виконаємо підсумовування за фракціями, починаючи з великих розмірів.

Вміст частинок розміром більш ніж 2 мм складає 1,5 %, що менше – 25 %, отже, пісок не є гравійним.

Вміст частинок розміром більш ніж 0,5 мм складає  $1,5 + 22 = 23,5$  %, <50 % – отже, пісок не є крупним.

Вміст частинок розміром більш ніж 0,25 мм складає:  $23,5 + 24 = 47,5$  %, <50 % – пісок не є піском середньої крупності.

Вміст частинок розміром більш ніж 0,1 мм складає:  $47,5 + 20 = 67,5$  %, <75 % – пісок не є дрібним.

Оскільки сума фракцій, більших за 0,1 мм, складає менше ніж 75 %, то пісок є пилюватим.

Отже, класифікаційне найменування ґрунту – пісок пилюватий.

За ступенем неоднорідності гранулометричного складу  $C_u = 7,75$  більше ніж 3, отже, за таблицею 2.4 пісок є неоднорідним.

За ступенем вологості  $S_r$  за таблицею 2.5 визначаємо, що пісок насичений водою.

Різновиди піщаних ґрунтів за щільністю складу визначаємо за таблицею 3.2 – пісок середньої щільності складення.

Різновид за відносним вмістом органічної речовини  $I_r$  визначаємо за таблицею 3.3: пісок є мінеральним ґрунтом із домішкою органічної речовини.

За ступенем морозного здимання  $\varepsilon_{fn}$  пісок – нездимальний (табл. 3.4).

**Висновок:** класифікаційне найменування ґрунту – пісок пиловатий, неоднорідний, середньої щільності, насичений водою, з домішками органічних речовин, нездимальний.

Додатково треба надати інформацію про:

- 1) його походження;
- 2) використання у будівництві;
- 3) можливість використання у якості основи для фундаментів.

#### **Практичне заняття № 4**

##### **Визначення класифікаційного найменування та будівельних характеристик пиловато глинистого ґрунту**

Зв'язний ґрунт – це дисперсний ґрунт із фізичними і фізико-хімічними структурними зв'язками (іонно-електростатичними, капілярними та молекулярними) між частинками, які складають ґрунти.

Найбільш розповсюджені види зв'язних ґрунтів:

1. Мінеральні пиловато-глинисті ґрунти – це зв'язні ґрунти, які складаються переважно з пиловатих і глинистих (не менше 3 %) частинок, що мають властивості пластичності за зволоження. Ці ґрунти – глини, суглинки, супіски та леси.

2. Органогенно-мінеральні ґрунти – це ґрунти, які містять від 3 % до 50 % маси органічної речовини. До них належать заторфовані (або замулені) ґрунти – піщаний або глинистий ґрунт, що містить у своєму складі від 3 % до 50 % маси торфу (або мулу). Зокрема:

– мул – сучасний морський або прісноводний осад, який складається з мінеральних і органічних речовин, містить більше, ніж 3 % маси органіки, має

текучу консистенцію  $IL > 1$ , коефіцієнт пористості, зазвичай  $e \geq 0,9$  і містить частинки розміром менше, ніж 0,01 мм, зазвичай 30 % і більше від маси;

– сапропель – сучасний (або похований) органогенно-мінеральний або органічний осад прісноводних застійних водойм, який містить більше ніж 10 % маси органічної речовини, має зазвичай коефіцієнт пористості  $e > 3$  і текучопластичну або текучу консистенцію.

3. Органічні ґрунти – це ґрунти, які містять 50 % маси і більше органічної речовини: торф'яний ґрунт (торф) – органічний ґрунт, який містить у своєму складі 50 % маси і більше органічної речовини, що складається з рослинних залишків та гумусу.

4. Елювіальні ґрунти – це глинисті ґрунти дисперсних зон кори вивітрювання і ґрунт (поверхневий шар дисперсного ґрунту, який складається з неорганічної і органічної речовини і має родючість).

Мінеральні пилувато-глинисті ґрунти (глини, суглинки, супіски) є одним із видів ґрунтів, які найбільше поширені на Землі, і вони слугують найбільш розповсюдженою основою будівельних об'єктів.

Обов'язковими нормативними вимогами до характеристик зв'язних ґрунтів є виділення їх різновидів за такими показниками:

- число пластичності  $I_p$ , яке визначає найменування ґрунту;
- відсотковий вміст піщаних частинок (розміром 0,05–2 мм);
- наявність домішок розміром більше, ніж 2 мм;
- показник текучості (консистенція)  $I_L$ ;
- відносна деформація набухання без навантаження  $\varepsilon_{sw}$ ;
- відносна деформація просідання  $\varepsilon_{sl}$ .

За наявності в глинистому ґрунті органічних домішок, торфу, розчинних солей необхідно визначити:

- відносний вміст органічної речовини або торфу  $I_r$ ;
- ступінь розкладання торфу  $D_{dp}$ ;
- ступінь засолення легко- і середньорозчинними солями  $D_{sal}$ .

Для здимальних ґрунтів за необхідності визначається ступінь морозного здимання  $\varepsilon_{fn}$ .

### **Визначення класифікаційних характеристик зв'язних пилувато-глинистих ґрунтів**

**Найменування пилувато-глинистого ґрунту** визначається за його пластичними властивостями (за числом пластичності).

Число пластичності  $I_p$  (% або д. од.) є кількісною величиною пластичних властивостей ґрунту і визначається за такою формулою:

$$I_p = W_L - W_p, \quad (4.1)$$

де  $W_L$  – верхня межа пластичності або вологість на межі текучості (% або д. од.) – це максимальна вологість, за перевищення якої ґрунт переходить із пластичного стану в текучий;

$W_p$  – нижня межа пластичності або вологість на межі розкачування (% або д. од.) – це мінімальна вологість, за зниження якої ґрунт переходить із пластичного стану в напівтвердий.

За показником пластичності пилувато-глинисті ґрунти поділяють на три види: супісок, суглинок, глина (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Найменування пилувато-глинистого ґрунту за показником пластичності

| Різновид ґрунтів | Число пластичності, $I_p$ , д. од. |
|------------------|------------------------------------|
| Супісок          | $0,01 \leq I_p \leq 0,07$          |
| Суглинок         | $0,07 < I_p \leq 0,17$             |
| Глина            | $I_p > 0,17$                       |

Якщо  $I_p < 0,01$ , то необхідно вважати, що ґрунт є піщаним.

За гранулометричним складом (вмістом піщаних частинок) і показником пластичності глинисті ґрунти поділяються відповідно до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Різновиди пілувато-глинистого ґрунту за вмістом піщаних частинок і показником пластичності

| Різновиди ґрунтів |                   | Показник пластичності, $I_p$ , д. од. | Вміст піщаних частинок, %<br>( $d = 2-0,05$ мм) |
|-------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Супісок           | Піщанистий        | 0,01–0,07                             | $\geq 50$                                       |
|                   | Пилуватий         | 0,01–0,07                             | $< 50$                                          |
| Суглинок          | Легкий піщанистий | 0,07–0,12                             | $\geq 40$                                       |
|                   | Легкий пилуватий  | 0,07–0,12                             | $< 40$                                          |
|                   | Важкий піщанистий | 0,12–0,17                             | $\geq 40$                                       |
|                   | Важкий пилуватий  | 0,12–0,17                             | $< 40$                                          |
| Глина             | Легка піщаниста   | 0,17–0,27                             | $\geq 40$                                       |
|                   | Легка пилувата    | 0,17–0,27                             | $< 40$                                          |
|                   | Важка             | $> 0,27$                              | не регламентується                              |

Найбільшу водопроникність мають піщанисті супіски та легкі піщанисті суглинки, найменшу – важкі суглинки та глини.

**Консистенція пілувато-глинистого ґрунту** визначається за показником  $I_L$ , що характеризує його стан і визначається за формулою

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p}, \quad (4.2)$$

де  $W$  – природна вологість ґрунту, од.;

$W_p$  – вологість ґрунту на межі розкочування, од.;

$I_p$  – показник пластичності, од.

Різновиди пілувато-глинистих ґрунтів, що визначаються за показником  $I_L$ , наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Різновиди пилювато-глинистих ґрунтів за показником  $I_L$ 

| Різновиди ґрунтів | Показник текучості, $I_L$ |
|-------------------|---------------------------|
| Супісок:          |                           |
| – твердий         | $I_L < 0$                 |
| – пластичний      | $0 \leq I_L \leq 1,00$    |
| – текучий         | $I_L > 1,00$              |
| Суглинки і глини: |                           |
| – тверді          | $I_L < 0$                 |
| – напівтверді     | $0 \leq I_L \leq 0,25$    |
| – тугопластичні   | $0,25 < I_L \leq 0,50$    |
| – м'якопластичні  | $0,50 \leq I_L \leq 0,75$ |
| – текучопластичні | $0,75 < I_L \leq 1,00$    |
| – текучі          | $I_L > 1,00$              |

Ґрунти тверді і напівтверді є доброю основою для будинків і споруд; пластичні (супіски), туго- і м'якопластичні (суглинки і глини) – задовільною; а текучопластичні й текучі – незадовільною основою. Використовувати ґрунти, які мають текучопластичну або текучу консистенцію як основу можна лише після проведення заходів із технічної меліорації ґрунтів (осушення, силікатизація тощо).

**За наявністю домішок розміром більше, ніж 2 мм пилювато-глинисти ґрунти поділяють на різновиди, вказані у таблиці 4.4.**

Таблиця 4.4 – Наявність домішок розміром більше, ніж 2 мм у пилювато-глинистих ґрунтах

| Різновиди ґрунтів                                                                         | Вміст частинок розміром більш ніж 2 мм, за масою |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Супісок, суглинок, глина з галькою (щебнем), з гравієм (жорствою) або з черепашкою        | Від 15 % до 25 %                                 |
| Супісок, суглинок, глина галечникові (щебенисті), гравелисті (жорств'яні) або черепашкові | Більш 25 % до 50 %                               |

Наявність піщаних, або великоуламкових домішок покращує міцність пилювато-глинистих ґрунтів за рахунок збільшення сил внутрішнього тертя і зменшує деформації ґрунту під навантаженням.

**Відносний вміст органічних речовин у пилювато-глинистих ґрунтах**  
 $I_{om}$  (або  $I_r$ ) визначається за таблицею 4.5

Таблиця 4.5 – Відносний вміст органічних речовин у пилювато-глинистих ґрунтах

| Різновиди ґрунтів                     | Відносний вміст органічних речовин, $I_{om}$ |
|---------------------------------------|----------------------------------------------|
| Ґрунт без домішок органічних речовин  | $I_{от} \leq 0,05$                           |
| Ґрунт із домішками органічних речовин | $0,05 < I_{от} \leq 0,1$                     |
| Ґрунт заторфований (замулений)        | $I_{от} > 0,1$                               |

Ґрунти з домішками органічних речовин, а тим більш заторфовані – незадовільна основа для будівель і споруд.

#### *Набухання й усадка пилювато-глинистих ґрунтів*

*Набухання* – це властивість деяких ґрунтів збільшуватися в об’ємі (набухати) під час зволоження як за рахунок потовщення водних оболонок навколо колоїдних частинок, так і за рахунок хімічних процесів, що спричиняють зміни складу й об’єму самих частинок.

Властивість набухання притаманна практично всім глинистим ґрунтам. Найбільш виражені властивості набухання мають строкаті глини, які за рахунок мінералу монтморилоніту, що входить до їхнього складу, під час замочування здатні збільшувати свій об’єм майже у чотири рази.

*Усадка* – це процес, який є зворотним до процесу набухання, тому він спричиняє зменшення об’єму ґрунту під час висихання.

Ґрунти, які мають властивості набухання, характеризуються показником відносного набухання  $\varepsilon_{sw}$ , що визначається за формулою

$$\varepsilon_{sw} = \frac{\Delta h}{h_k}, \quad (4.3)$$

де  $\Delta h$  – приріст висоти зразка у процесі набухання (деформація набухання), мм;

$h_k$  – початкова висота зразка ґрунту, мм.

Різновиди пілувато-глинистих ґрунтів, визначені за показником відносного набухання  $\varepsilon_{sw}$ , наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Різновиди пілувато-глинистих ґрунтів, визначені за показником відносного набухання  $\varepsilon_{sw}$

| Різновиди пілувато-глинистих ґрунтів | Показник відносного набухання<br>$\varepsilon_{sw}$ |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Ненабухаючі                          | $\varepsilon_{sw} < 0,04$                           |
| Слабонабухаючі                       | $0,04 \leq \varepsilon_{sw} \leq 0,08$              |
| Середньонабухаючі                    | $0,08 < \varepsilon_{sw} \leq 0,12$                 |
| Сильнонабухаючі                      | $\varepsilon_{sw} > 0,12$                           |

Будівництво на ґрунтах, що набухають, проводиться з урахуванням вимог відповідного розділу ДБН В.2.1-10-2018.

**Просідання лесових ґрунтів** – це явище, пов’язане із впливом води на структуру ґрунту і подальшим її незворотнім руйнуванням. При цьому додаткова деформація (осідання) лесового ґрунту може відбуватися як під дією його власної ваги, так і під дією сумарного тиску ваги ґрунту, що залягає вище і ваги будівлі (споруди).

До просідаючих ґрунтів найчастіше належать суглинки, а рідше – глини та супіски, які мають високий коефіцієнт пористості ( $e \geq 0,7$ ) і низьку природну вологість  $W$  від 0 % до 17 % ( $S_r \leq 0,7$ ;  $W < W_p$ ). Ґрунти, які мають властивість просідання, характеризуються відносним просіданням  $\varepsilon_{sl}$ , що визначається за формулою

$$\varepsilon_{sl} = \frac{h_p - h_{p,sat}}{h_p}, \quad (4.4)$$

де  $h_p$  – початкова висота зразка ґрунту;

$h_{p,sat}$  – висота цього самого зразка у водонасиченому стані.

Різновиди пілувато-глинистих ґрунтів, визначені за показником відносного просідання  $\varepsilon_{sl}$ , наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Різновиди пилувато-глинистих ґрунтів, визначені за показником відносного просідання  $\varepsilon_{sl}$

| Різновиди<br>пилувато-глинистих ґрунтів | Показник відносного просідання,<br>$\varepsilon_{sl}$ |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Непросадні                              | $\varepsilon_{sl} < 0,01$                             |
| Слабопросадні                           | $\varepsilon_{sl} = 0,01-0,03$                        |
| Средньопросадні                         | $\varepsilon_{sl} = 0,03-0,07$                        |
| Сильнопросадні                          | $\varepsilon_{sl} > 0,07$                             |

Будівництво на просідаючих ґрунтах необхідно виконувати відповідно до вимог ДБН В.1.1-5-2000 Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. Частина. II. Будинки і споруди на просідаючих ґрунтах.

### Приклад визначення класифікаційних характеристик пилувато-глинистого ґрунту

Вихідні дані: ґрунт сірокоричневий, глинистий із домішками аморфного гіпсу та плямами Mn і Fe, грудкуватий, твердий, просадний (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Пилувато-глинистий ґрунт

Число пластичності:  $I_p = 0,24$ .

Вміст піщаних частинок: ( $d = 2-0,05$  мм) – 25 %.

Показник текучості:  $I_L = -0,09$ .

Наявність домішок розміром більше за 2 мм – до 10 %.

Відносний вміст органічних речовин:  $I_{om} = 0,01$ .

Відносне просідання:  $\varepsilon_{sl} = 0,02$ .

Відносний вміст органічних речовин:  $I_r = 0,01$ .

#### Порядок визначення

1. Визначаємо найменування зв'язного пилювато-глинистого ґрунту залежно від числа пластичності за таблицею 4.1:  $I_p > 17$ , отже, ґрунт є глиною.
2. За вмістом піщаних частинок:  $(d = 2-0,05 \text{ мм}) < 40$ , глина легка пилювата.
3. Показник текучості (консистенція):  $I_L < 0$ , за таблицею 4.3 визначаємо, що глина тверда.
4. За наявності домішок уламків розміром більше ніж 2 мм за таблицею 4.4 визначаємо, що глина без домішок.
5. Відносний вміст органічних речовин  $I_{om} < 0,05$ . Згідно з таблицею 4.5 глина без домішок органіки.
6. Даних про набухання немає. Вважаємо, що глина ненабухаюча.
7. За відносним просіданням (табл. 4.7),  $0,01 \leq \varepsilon_{sl} \leq 0,03$  глина слабкопросадна.

**Висновок:** досліджуваний ґрунт – це глина легка пилювата, тверда, без домішок уламків розміром більше, ніж 2 мм, без домішок органіки, не набухаюча, слабкопросадна.

Додатково треба надати інформацію:

- 1) про походження ґрунту;
- 2) використання у будівництві;
- 3) можливість використання у якості основи для фундаментів.

## Практичне заняття № 5

### Побудова інженерно-геологічного розрізу

#### Загальні положення

Результати інженерно-геологічних вишукувань повинні містити дані, необхідні для вибору типу основ та фундаментів, визначення глибин їх закладення й розмірів.

З метою дотримання стандартів для взаєморозуміння інженерів-геологів, проєктувальників, будівельників під час складання, оформлення та камеральної обробки матеріалів вишукувань розроблено та затверджено уніфіковані форми технічної документації інженерно-геологічних та гідрогеологічних робіт. Камеральна обробка матеріалів означає узагальнення результатів вивчення й аналізу інженерно-геологічних умов територій у вигляді графічних, табличних і розрахункових матеріалів. Одними з основних матеріалів є *інженерно-геологічні розрізи*. Проєктування основ і фундаментів споруд без оцінки інженерно-геологічних умов на основі розрізів, або за недостатнього рівня такої оцінки є недопустимим.

*Інженерно-геологічним розрізом* (або іноді геологічним профілем) називається графічне зображення вертикального профілю геологічної будови певної ділянки, на якому позначається склад, умови залягання і товщина шарів гірських порід (ґрунтів). Також це може бути графічне зображення у вертикальній площині будови надр або родовища (продуктивної частини розрізу, експлуатаційного об'єкта, покладу), яке складене за даними розвідувальних свердловин і показує тектонічну будову, співвідношення гірських порід різного віку, умов їх залягання, рівня підземної води, положення стовбурів і забоїв свердловин тощо. Інженерно-геологічні розрізи зазвичай креслять за колонками бурових свердловинах, розташованих по осі майбутньої споруди, по трасі дороги, магістральних трубопроводів тощо. Точність геологічного розрізу характеризується його повнотою, тобто виділенням всіх шарів, прошарків, зон вивітрювання чи підвищеної тріщинуватості, горизонтів

підземних вод незалежно від їх потужності й витриманості за простяганням; точністю фіксації положення геологічних меж, тобто положення покрівлі, підосви, розповсюдження за простяганням шарів, лінз ґрунтів тощо.

Матеріали розвідувань під час інженерно-геологічних вишукувань є важливими документами, які слугують для обґрунтування проєктів будь-яких споруд та інженерних робіт, отже, ці документи мають бути максимально повними й точними. На плані ділянки повинно бути вказано розташування свердловин і лінію, у напрямку якої будується розріз.

Під час складання інженерно-геологічних розрізів дотримуються таких правил:

1. Розрізи розташовують зліва-направо, з півдня на північ; розрізи через долини річок складають так, щоб лівий берег річки був на розрізі ліворуч, правий – праворуч. Розрізи, що перетинають скельні ґрунти, повинні мати орієнтування за сторонами світу.

2. Оптимальний вертикальний масштаб розрізів повинен відрізнятися від горизонтального не більш ніж у 10 разів у разі горизонтального залягання та не більш ніж у 5 разів у разі похилого залягання шарів.

3. Горизонтальний масштаб може відповідати масштабу інженерно-геологічної карти або топографічного плану, або застосовуються суміжні масштаби.

4. На розрізах мають бути показані гірничі виробки, їхні номери, відмітки гирла, місця відбору проб ґрунтів і води, проведення польових випробувань ґрунтів, літологічний склад і стан ґрунтів, межі інженерно-геологічних елементів та їхні номери, місця проведення статичного та динамічного зондування, геофізичних досліджень та фільтраційних випробувань ґрунтів.

## Порядок побудови інженерно-геологічних розрізів

Під час побудови інженерно-геологічного розрізу необхідно дотримуватися наступних кроків:

1. Обирають масштаби, найбільш зручні для зображення розрізу. Масштаби (вертикальний та горизонтальний) вказуються над розрізом, після назви розрізу (рис. 5.1).

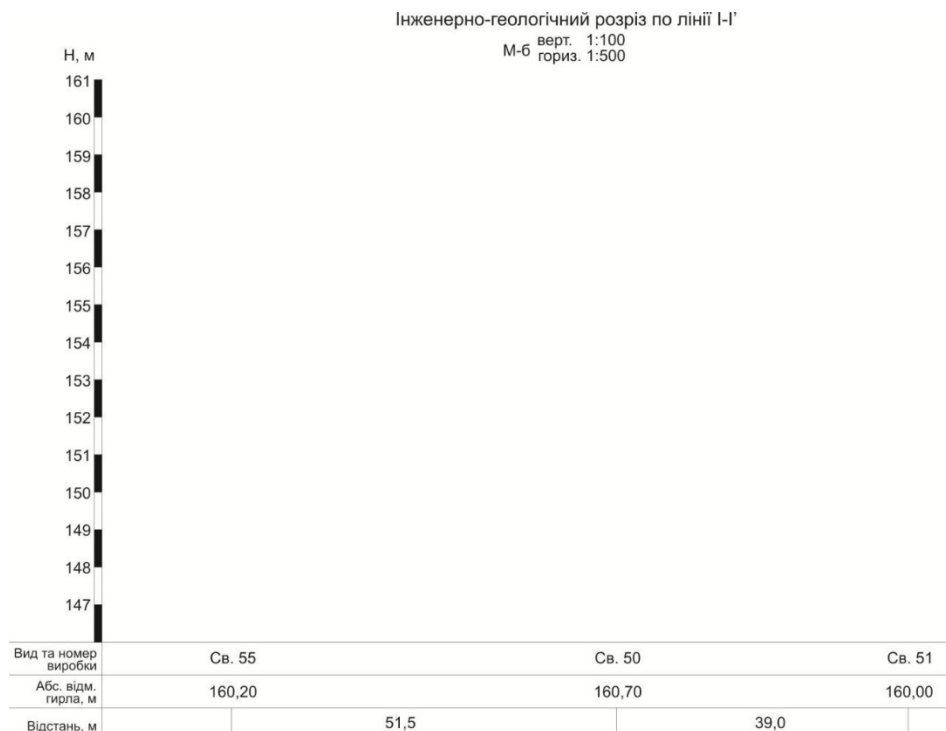


Рисунок 5.1 – Початок оформлення розрізу

2. Розрізи з лівої сторони обмежуються шкалою вертикального масштабу, за величину основи якого обирається 1 см. Ширина шкали має дорівнювати 2 мм. Основа вертикальної шкали базується на горизонтальних графах, в яких вказуються номери виробок, абсолютні відмітки гирл і відстані між ними. Товщина горизонтальних рядків дорівнює 1 см (рис. 5.1).

3. Відображають рельєф поверхні ділянки. Для цього визначають відповідно до вибраних масштабів вертикальної шкали та горизонтального масштабу положення на аркуші гирл свердловин. Точки гирл з'єднуються плавною лінією і креслять свердловини шириною 2 мм (рис. 5.2).

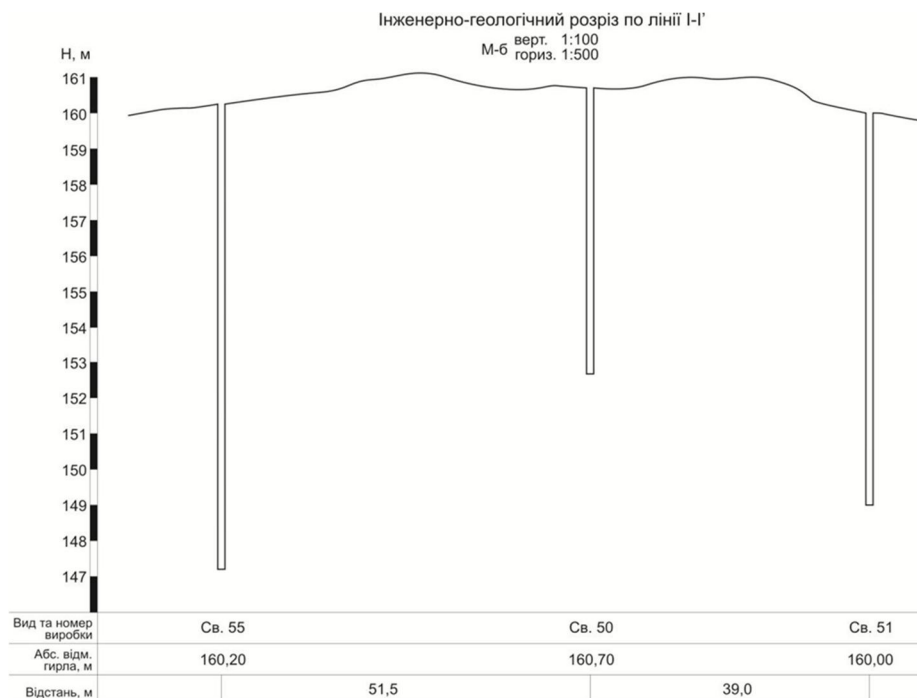


Рисунок 5.2 – Побудова рельєфу та гірничих виробок

4. Поряд із нижнім кінцем свердловини ліворуч показується абсолютна відмітка забою виробки, праворуч – глибина. Також необхідно зображувати консистенцію глинистих, ступінь вологості піщаних ґрунтів та водоносність відповідно до умовних позначень (рис. 5.3).

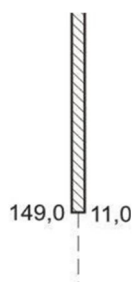


Рисунок 5.3 – Забій  
виробки та вміст води в  
ґрунтах

5. Для кожної свердловини ліворуч від неї проставляють абсолютні відмітки підосви кожного інженерно-геологічного елемента (ІГЕ), праворуч – глибину підосви від гирла виробки відповідно до вибраного вертикального масштабу. Відмітки підосви кожного ІГЕ з'єднують між собою (рис. 5.4).

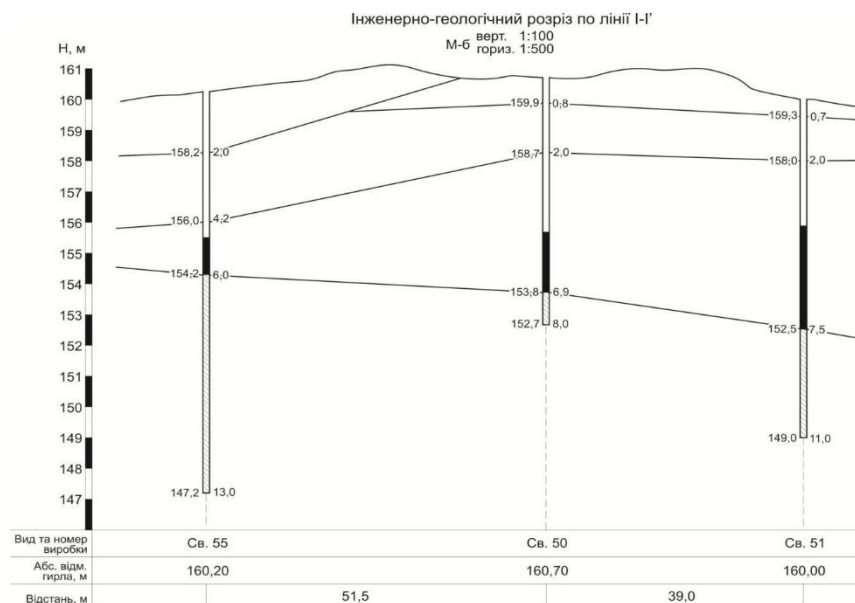


Рисунок 5.4 – Межі виділених ІГЕ

6. Літологічний склад ґрунтів показується штриховими знаками. На фоні позначення літологічного складу рідкими накладеними знаками додатково наносяться найбільш характерні особливості ґрунтів – гумусованість, різноманітні домішки, засоленість тощо (рис. 5.5).

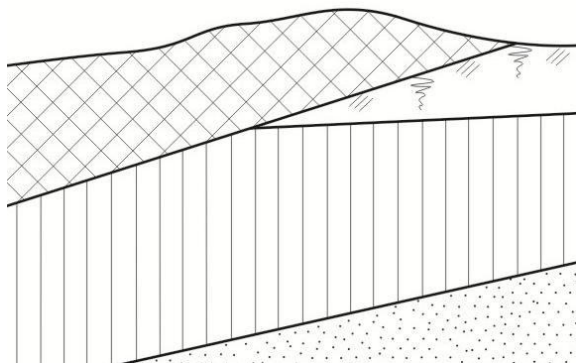


Рисунок 5.5 –  
Позначення літологічного  
складу ґрунтів

Умовні позначки для літологічного складу ґрунтів, ґрунтових вод тощо наведені в додатку А.

7. За кожною виробкою, що розкриває підземну воду, ліворуч від неї повинна бути показана абсолютна відмітка усталеного рівня підземних вод і дата вимірювання, праворуч – глибина від поверхні до рівня води. Положення рівня підземних вод показується штрихом – пунктирною лінією (рис. 5.6).

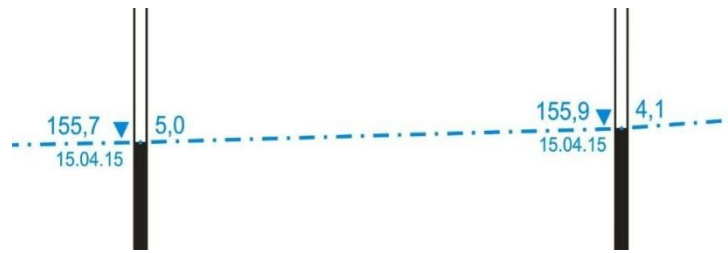


Рисунок 5.6 – Позначення рівня підземних вод

8. Виконують нумерацію ІГЕ за інженерно-геологічним розрізом згори донизу та поміщають у коло (рис. 5.7).

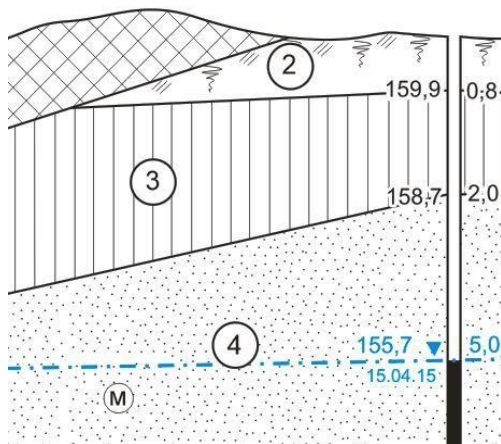


Рисунок 5.7 – Зразок позначень на інженерно-геологічному розрізі ґрунтів, свердловини та номерів інженерно-геологічних елементів

На окремому аркуші зображують умовні позначення до розрізу, використовуючи чинні стандарти та класифікаційні найменування і характеристики ґрунтів (визначалися завданнями № 1–4).

Остаточний вигляд інженерно-геологічного розрізу та умовних позначень наведено на рисунках 5.8 та таблиці 5.1.

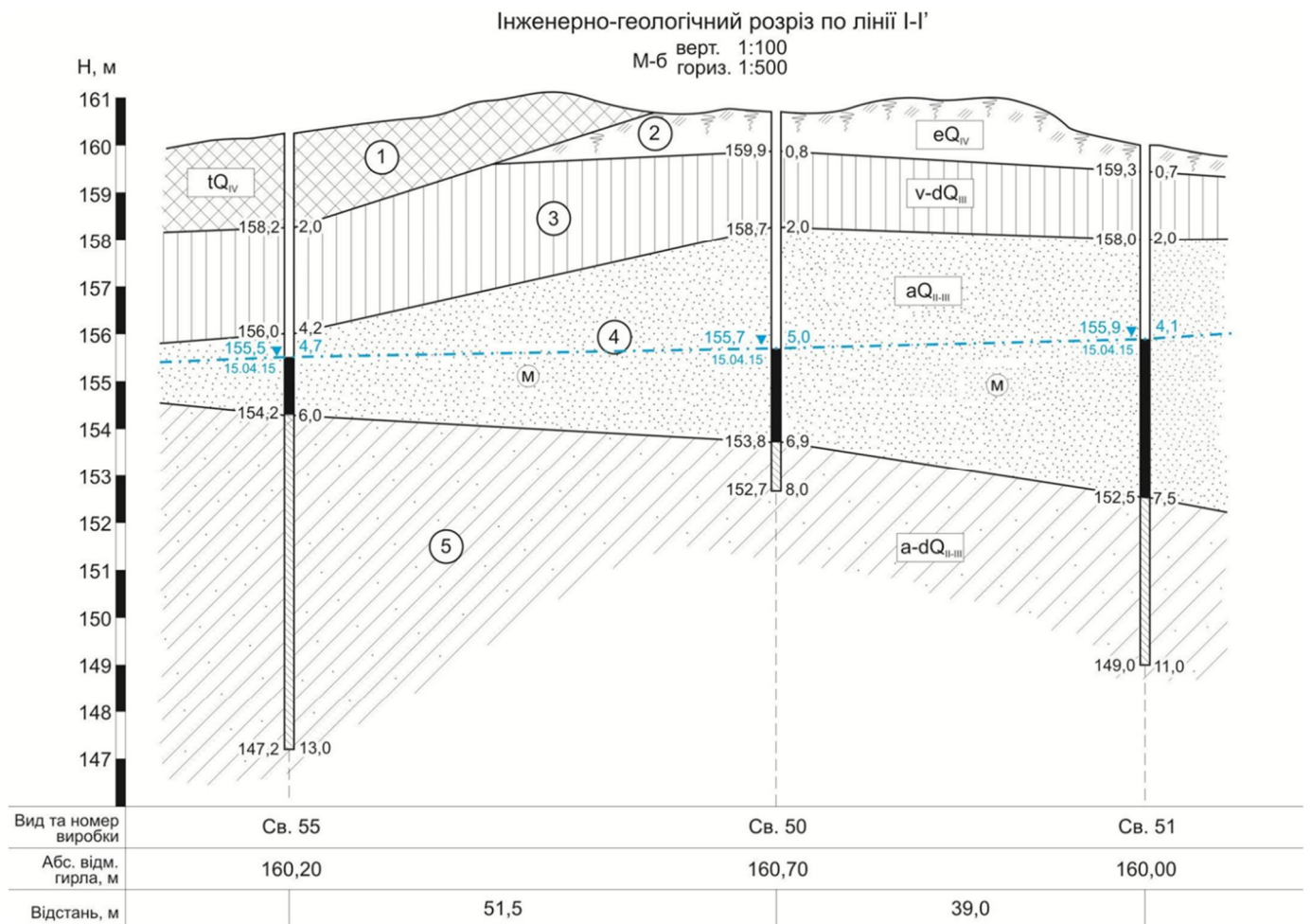
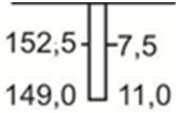


Рисунок 5.8 – Приклад оформлення інженерно-геологічного розрізу

Таблиця 5.1 – Умовні позначення до інженерно-геологічного розрізу

|                                                                                     |                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Насипний ґрунт                                                                                                                                                               |
|    | Ґрунтово-рослинний шар                                                                                                                                                       |
|    | Суглинок палево-жовтий, лесовидний макропористий, легкий пилюватий, твердий, без домішок органічних речовин, ненабухаючий, середньопросадочний                               |
|    | Пісок кварцовий, сірий, дрібний, неоднорідний, маловологий (нижче рівня ґрунтової води – насичений водою), середньої щільності, без домішок органічних речовин, нездимальний |
|    | Суглинок сірувато-бурий, запісочений, важкий піщанистий, м'якопластичної та текучопластичної консистенції, без домішок органічних речовин, слабонабухаючий, непросадочний    |
|  | Номер ІГЕ                                                                                                                                                                    |
|  | Бурова свердловина<br>Ліворуч: абсолютна відмітка підшви шару та забою (дна) свердловини; праворуч: глибина підшви шару та забою свердловини                                 |
|  | Ліворуч: абсолютна відмітка усталеного рівня підземних вод, дата вимірювання; праворуч: глибина рівня підземних вод від поверхні                                             |
|  | Стан ґрунтів:<br>– маловологі піски та суглинки твердої консистенції;<br>– суглинки м'якопластичної консистенції;<br>– насичені водою піски.                                 |

## Практичне заняття № 6

### Гідрогеологічні вишукування. Підземні води

*Води підземні* – це води, що перебувають нижче рівня земної поверхні в товщах гірських порід верхньої частини земної кори в усіх фізичних станах (у крапельно-рідкому, пароподібному і твердому вигляді).

Класифікація підземних вод може бути здійснена за різними ознаками: за походженням, умовами залягання, гідравлічними властивостями, хімічним складом, віком тощо. Найбільш розповсюдженою для інженерно-геологічних вишукувань є класифікація за умовами залягання підземних вод. За цією класифікацією виділяються такі основні різновиди: верховодка, ґрунтові води, міжпластові безнапірні та напірні (або артезіанські) води.

До *верховодки* належать підземні води, які залягають на невеликій глибині від поверхні землі в зоні аерації. Відміною верховодки від ґрунтових вод є те, що вона розміщується вище за них та обмежена за площею. Це періодично існуючі локальні підземні води, які не мають регіонально витриманого водотриву. Верховодка накопичується на поверхні невеликих лінз водотривких порід. Потужність верховодки складає від 0,5–1,0 м, рідше – до 2,0–3,0 м, а її рівень має значні коливання, пов'язані з кліматичними змінами. Найбільшої потужності верховодка досягає навесні та восени, а літом в посушливі роки може випаровуватись і зовсім зникати.

*Ґрунтовими водами* називаються води першого від поверхні землі постійного водоносного горизонту, що залягає над першим регіональним водотривким шаром. Водомісткими породами ґрунтових вод найчастіше є різні піски та інші уламкові ґрунти. Але також серед ґрунтових вод, залежно від водомістких порід виділяють різновиди: порові, пластові, тріщино-жильні, тріщино-карстові, лавово-туфові. *Водотривом* називають слабоводопроникний шар гірських порід, який найчастіше подано глинами, рідше – аргілітами, щільними пісковиками й іншими напівскельними і скельними ґрунтами.

Верхньою межею ґрунтових вод є їхня вільна поверхня, що природно сформувалася. Ця поверхня отримала назву *дзеркала ґрунтових вод*. На розрізах положення верхньої межі водоносного горизонту зображується лінією, яка називається рівнем ґрунтових вод (РГВ).

*Міжпластові води* відрізняються від ґрунтових вод умовами залягання: вони розташовані у водонасиченій товщі між двома водонепроникними шарами – нижнім і верхнім водотривами, якими найчастіше є глини. Нижній водотрив іноді називають водонепроникним ложем, а верхній – водонепроникною покрівлею.

### **Визначення напрямку руху, швидкості фільтрації та дійсної швидкості руху підземних вод за трьома свердловинами**

Треба визначити напрямок, швидкість фільтрації та дійсну швидкість руху підземних вод трьома свердловинами, що розташовані у плані в кутах рівнобічного трикутника.

Для визначення напрямку руху підземних вод необхідно накреслити в масштабі план розташування свердловин (орієнтація плану довільна). Біля кожної свердловини вказати в чисельнику її номер, а в знаменнику – абсолютну відмітку рівня підземних вод (РПВ). Ця відмітка – різниця між абсолютною відміткою гирла свердловини і глибиною залягання РПВ.

На лінії між свердловинами з максимальною і мінімальною відмітками РПВ шляхом лінійної інтерполяції знайти відмітку середньої свердловини. Отриману таким чином відмітку з'єднати з фактичною середньою відміткою. Ця лінія є гідроізогіпсою, тобто лінією, що з'єднує точки поверхні ґрунтового водоносного горизонту з рівними абсолютними (або відносними) відмітками.

На отриману гідроізогіпсу зі свердловини з найбільшою відміткою РПВ опустити перпендикуляр. Він покаже напрямок руху підземних вод. Треба відзначити, що цей перпендикуляр може проходити як в межах трикутника, так і зовні. Головне, щоб кут між ним та гідроізогіпсою чи її продовженням за

межами трикутника складав  $90^\circ$ . Таким чином, напрямок потоку перпендикулярний до гідроізогіпси і спрямований у бік зниження РПВ (показати стрілкою).

Швидкість фільтрації ( $V$ ) розрахувати між двома точками, що розташовані за напрямком потоку підземних вод за формулою Дарсі:

$$V = K_{\phi} I, \quad (6.1)$$

де  $K_{\phi}$  – коефіцієнт фільтрації, м/добу;

$I$  – напірний градієнт або ухил поверхні потоку підземних вод.

Він визначається як відношення падіння напору  $\Delta H = H_1 - H_2$ , м до довжини шляху фільтрації  $L$ , м:

$$I = \Delta H / L. \quad (6.2)$$

Далі необхідно визначити дійсну швидкість руху підземних вод  $U$  м/добу, із урахуванням ефективної пористості порід  $n_e$ , д. од.:

$$U = V / n_e. \quad (6.3)$$

### *Приклад розв'язання і оформлення завдання*

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

| Варіант | Номер свердловини | Абсолютна відмітка гирла свердловини, м | Глибина залягання рівня підземних вод, м | Коефіцієнт фільтрації, $K_{\phi}$ , м/добу | Ефективна пористість, % | Відстань між свердловинами, м | Масштаб плану |
|---------|-------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------|
|         | 1                 | 50,0                                    | 14,0                                     | 6,3                                        | 39                      | 60                            | 1 : 1 000     |
|         | 2                 | 44,0                                    | 20,0                                     |                                            |                         |                               |               |
|         | 3                 | 60,0                                    | 10,0                                     |                                            |                         |                               |               |

1. Креслимо в масштабі план розташування свердловин.

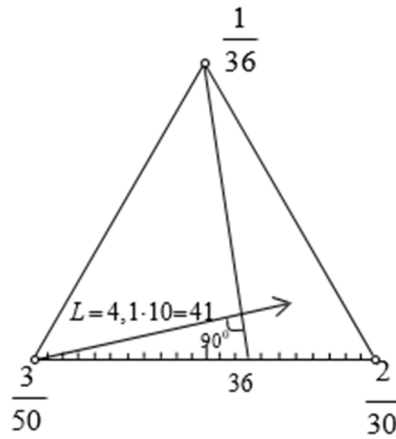


Рисунок 6.1 – План розташування свердловин

2. Напірний градієнт (ухил поверхні потоку ґрунтових вод) визначаємо між свердловиною № 3 (абсолютна відмітка РГВ –  $H_1 = 50$  м) та гідроізогіпсою з абсолютною відміткою  $H_2 = 36$  м. За допомогою лінійки вимірюємо відстань між ними  $L = 4,1$  см, що в масштабі відповідно – 41 м:

$$I = \Delta H / L = (50 - 36) / 41 = 0,34.$$

3. Швидкість фільтрації:

$$V = K_f I = 6,3 \cdot 0,34 = 2,14 \text{ м/добу.}$$

4. Ефективна пористість:  $39 \% = 0,39$  д. од.

5. Дійсна швидкість руху підземних вод:

$$U = V / n_e = 2,14 / 0,39 = 5,49 \text{ м/добу.}$$

## Практичне заняття № 7

### Побудова карти гідроізогіпс

Гідрогеологічні умови тієї чи іншої ділянки прийнято зображати з допомогою гідрогеологічних карт, зокрема карт гідроізогіпс. Ці карти відображають рельєф дзеркала ґрунтових вод за допомогою ліній, що з'єднують точки з рівними абсолютними або відносними відмітками поверхні ґрунтового водоносного горизонту. Така лінія має назву гідроізогіпса. Ці лінії аналогічні горизонталям рельєфу місцевості, але зображують рельєф поверхні (дзеркала)

ґрунтових вод. Карти гідроізогіпс креслять за даними вимірювань глибини залягання ґрунтової води в свердловинах, шурфах або колодязях. Ці гірські виробки під час інженерно-гідрогеологічних досліджень для будівництва зазвичай розташовують на місцевості по квадратній або прямокутній сітці.

З допомогою карт гідроізогіпс вирішується низка важливих інженерно-гідрогеологічних задач і визначення характеристик: глибин залягання горизонту ґрунтових вод, встановлення напрямку руху потоку ґрунтових вод, визначення величини гідравлічного градієнта ( $I$ ), швидкості фільтрації ( $v$ ), витрати одиничного потоку ( $q$ ) тощо.

Карти гідроізогіпс необхідні для оцінки інженерно-геологічних умов будівництва різних видів споруд – гідротехнічних, промислових, цивільних, дорожніх, гідромеліоративних. Під час дослідження ґрунтових вод для водопостачання, меліорації, будівництва різних споруд та інших цілей велика увага приділяється вивченню їхньої поверхні. Форма поверхні ґрунтових вод визначається водопроникністю порід, умовами живлення водоносного горизонту, конфігурацією берегів річок, в які стікають ґрунтові води, положенням водотриву, потужністю водоносного шару тощо.

Карту гідроізогіпс треба складати тільки за результатами одночасних або близьких за часом (один-два дні) вимірювань або за сезонами року. По карті гідроізогіпс встановлюють напрям течії ґрунтових вод. Цей напрям завжди буде перпендикулярний до гідроізогіпс, оскільки ґрунтові води можуть рухатися тільки від більших висотних відміток до менших. Лінії, по яких рухаються підземні води у разі сталого руху та не змінюються в часі, називаються лініями току.

За картою гідроізогіпс вирішують важливі практичні завдання: проектування водопостачання на базі ґрунтових вод, розробка осушувальних заходів, вибір майданчиків під промислові чи цивільні споруди тощо. Аналіз карт гідроізогіпс дозволяє скласти коротку гідрогеологічну характеристику ділянки. За картою гідроізогіпс можна визначити:

- 1) напрямок руху ґрунтових вод на заданій ділянці;
- 2) глибину залягання ґрунтових вод у будь-якій точці чи на будь-якій ділянці;
- 3) ухил ґрунтового потоку;
- 4) характер взаємозв'язку ґрунтових вод із поверхневими;
- 5) умови живлення і розвантаження ґрунтових вод.

Напрямок руху ґрунтових вод визначають за нормаллю до двох суміжних гідроізогіпс. Рух води спрямований від високих позначок рівня до низьких.

### *Приклад розв'язання і оформлення завдання*

Для побудови карти гідроізогіпс необхідно мати:

1. План майданчика з гірничими виробками (свердловини).
2. Абсолютні позначки гирл свердловин.
3. Глибину рівнів води у цих свердловинах.
4. Приклад побудови карти гідроізогіпс для чотирьох свердловин, розташованих по квадратній сітці, тобто в кутах квадрата.

Таблиця 7.1 – Початкові дані

| Варіант № 1                             |                  |                  |                  |                  |                                  |           |                                     |
|-----------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------------|-----------|-------------------------------------|
| Позначення                              | Свердловина<br>1 | Свердловина<br>2 | Свердловина<br>3 | Свердловина<br>4 | Відстань між<br>свердловинами, м | Масштаб   | Коефіцієнт<br>фільтрації,<br>м/добу |
| Абсолютна відмітка гирла свердловини, м | 99,8             | 96,6             | 88,2             | 88,4             | 100                              | 1 : 1 000 | 5                                   |
| Глибина РГВ, м                          | 7,0              | 6,0              | 1,0              | 3,0              |                                  |           |                                     |

### *Порядок виконання роботи*

1. Нанести на креслення свердловини відповідно до масштабу.

2. Обчислити абсолютну позначку РГВ для кожної свердловини шляхом віднімання від абсолютної позначки гирла свердловини глибини РГВ.

3. Біля кожної свердловини записати її номер, а поруч дріб, у чисельнику якого абсолютна позначка гирла свердловини, у знаменнику – абсолютна позначка РГВ.

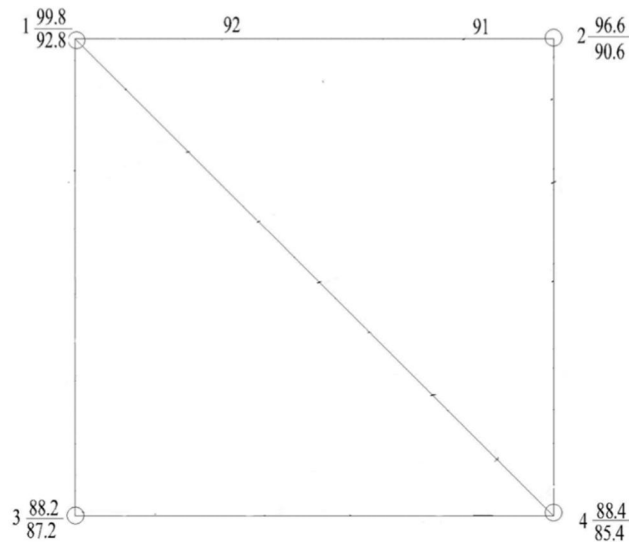


Рисунок 7.1 – План розташування свердловин

4. На сторонах квадрата, застосовуючи метод інтерполяції, розташувати та підписати точки, що відповідають цілим метрам РГВ (або 0,5 м, якщо точок мало).

5. Накреслити діагональ квадрата, на кінцях якої спостерігається **більша** різниця абсолютних відміток РГВ, і відзначити на ній точки, аналогічно сторонам квадрата.

6. По точках на сторонах та діагоналі квадрата провести плавними лініями гідроізогіпси.

7. Перпендикулярно гідроізогіпсам зобразити напрямок руху потоку ґрунтових вод.

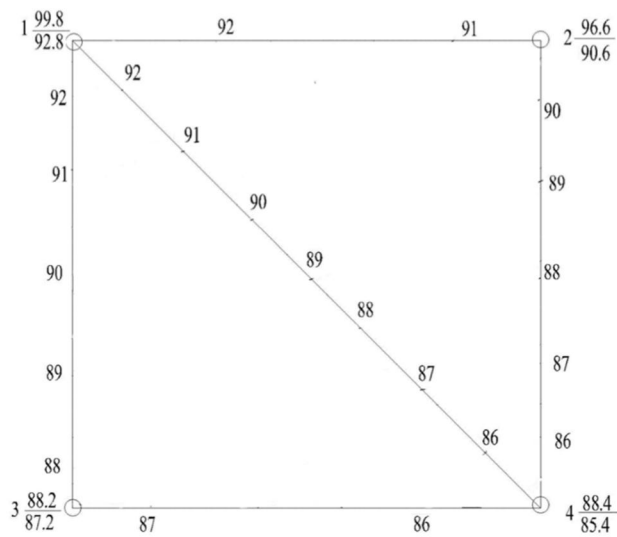
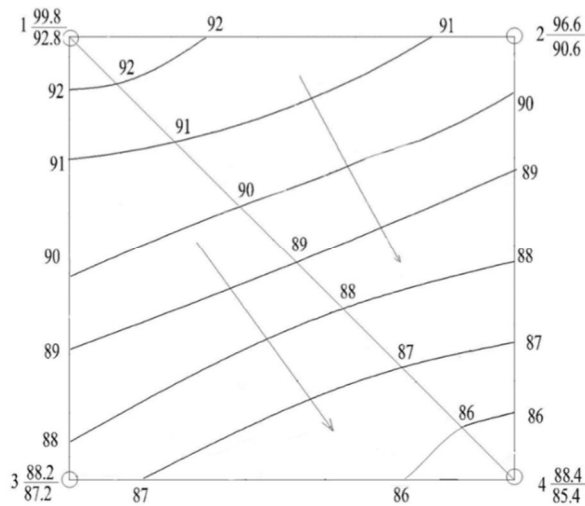


Рисунок 7.2 – Позначення точок

8. Вказати рекомендовані місця для розміщення водозабірних свердловин, а також очисних споруд стічних (каналізаційних) вод.



водозабор



очисні споруди  
стічних вод



Рисунок 7.3 – Нанесення ліній гідроізогіпс

### **Висновок:**

- 1) напрямок руху ґрунтових вод на ділянці – з північного заходу на південний схід;
- 2) глибина залягання ґрунтових вод на ділянці складає від 1,0 м до 7,0 м;
- 3) ухил ґрунтового потоку між свердловинами 1–4 складає  $I = \Delta H/l = (92,8 - 85,4) / \sqrt{(100^2 + 100^2)} = 0,052$ ;
- 4) характер взаємозв'язку ґрунтових вод із поверхневими не виявлено;
- 5) умови живлення і розвантаження ґрунтових вод відбуваються за межами ділянки.

## **Практичне заняття № 8**

### **Обробка даних хімічного складу підземних вод**

Результати визначення хімічного складу підземних вод використовуються для її класифікації, оцінки якості та властивостей, встановлення ступеня її агресивності до бетонних й металевих конструкцій, а також можливості використання води для технічних і питних цілей.

Для виконання завдання в якості вихідних даних надається вміст основних іонів у мг/л, величина рН і температура води:

- 1)  $\text{HCO}_3^-$  – 404 мг/л;
- 2)  $\text{SO}_4^{2-}$  – 106 мг/л;
- 3)  $\text{Cl}^-$  – 119 мг/л;
- 4)  $\text{Ca}^{2+}$  – 132 мг/л;
- 5)  $\text{Mg}^{2+}$  – 31 мг/л;
- 6)  $\text{Na}^+$  – 70 мг/л;
- 7) рН – 4,3;
- 8) t – 12 °С.

### Порядок обробки даних

1. Обчислити загальну мінералізацію  $M$  як суму вмісту основних іонів в мг/л за такою формулою:

$$M = 1,1(0,5\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}).$$

Підставивши в формулу відповідні значення, отримаємо:

$$M = 726 \text{ мг/л} \approx 0,7 \text{ г/л}.$$

У таблиці 8.1 наведено класифікацію підземних вод за ступенем мінералізації.

Таблиця 8.1 – Класифікація підземних вод за ступенем мінералізації

| ВИДИ ВОДИ  | МІНЕРАЛІЗАЦІЯ, г/л | ПЕРЕВАЖАЮЧІ ІОНИ                                                    |
|------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Прісна     | $M \leq 1$         | $\text{HCO}_3^-$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{CO}_3^{2-}$            |
| Солонувата | $1 < M \leq 3$     | $\text{SO}_4^{2-}$ , рідше $\text{Cl}^-$                            |
| Солона     | $3 < M \leq 35$    | $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Cl}^-$                                  |
| Розсолення | $M > 35$           | $\text{Cl}^-$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ |

**Висновок:** вода з мінералізацією  $M \approx 0,7$  є прісною.

2. Перерахувати хімічний склад води з мг/л у мг·екв/л, шляхом множення на перерахункові коефіцієнти, які наведено в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Коефіцієнти для перерахунку вмісту у воді головних іонів із мг/л у мг·екв/л

| Іони       | $\text{HCO}_3^-$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{Cl}^-$ | $\text{Na}^+$ | $\text{Ca}^{2+}$ | $\text{Mg}^{2+}$ |
|------------|------------------|--------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|
| Коефіцієнт | 0,016 4          | 0,020 8            | 0,028 2       | 0,043 5       | 0,049 9          | 0,082 2          |

Перерахувати хімічний склад води з мг·екв/л у відсотковому еквіваленті, обравши суми аніонів та катіонів у мг екв/л за 100 %. У таблиці 8.3 наведена зведена таблиця вмісту іонів. Наприклад, для  $\text{HCO}_3^-$

$$12,19 \text{ мг·екв/л} - 100 \%;$$

$$6,63 \text{ мг·екв/л} - X \%,$$

$$X = (6,63 \times 100) / 12,19 = 54,4 \text{ \% екв.}$$

За результатами розрахунків скласти зведену таблицю.

Таблиця 8.3 – Зведена таблиця вмісту іонів

| Аніони                        | мг/л | мг·екв/л     | % екв. | Катіони          | мг/л | мг·екв/л     | % екв. |
|-------------------------------|------|--------------|--------|------------------|------|--------------|--------|
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 404  | 6,63         | 54,4   | Ca <sup>2+</sup> | 132  | 6,59         | 54,0   |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 106  | 2,20         | 18,0   | Mg <sup>2+</sup> | 31   | 2,55         | 21,0   |
| Cl <sup>-</sup>               | 119  | 3,36         | 27,6   | Na <sup>+</sup>  | 70   | 3,05         | 25,0   |
| Сума                          | 629  | <b>12,19</b> | 100    | Сума:            | 233  | <b>12,19</b> | 100    |

Записати формулу сольового складу у вигляді дробу, в чисельнику якого в порядку зниження вказати вміст аніонів у % екв., у знаменнику – вміст катіонів. Ліворуч від дробу вказати мінералізацію в г/л; праворуч – температуру в °С:

$$M_{8,9} \frac{HCO_3 54,4 \_ Cl 27,6 \_ SO_4 18,0}{Ca 54,0 \_ Na 25,0 \_ Mg 21,0} ,$$

$$T = 12 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Визначити найменування води за класифікацією Щукарьова. У найменуванні води беруть участь іони, вміст яких не менше 25 % екв. Наведена у прикладі вода – гідрокарбонатно-хлоридно-кальцієво-натрієва.

Обчислити загальну жорсткість води, як суму вмісту іонів кальцію і магнію в мг·екв/л:

$$Ca^{2+} + Mg^{2+} = 6,59 + 2,55 = 9,14 \text{ мг·екв/л}.$$

У таблиці 8.4 наведено класифікацію води за ступенем жорсткості.

Таблиця 8.4 – Класифікація води за ступенем жорсткості

| ВИДИ ВОДИ       | ЗАГАЛЬНА ЖОРСТКІСТЬ, мг·екв/л |
|-----------------|-------------------------------|
| Дуже м'яка      | 1,5                           |
| М'яка           | 1,5–3                         |
| Помірно жорстка | 3–6                           |
| Жорстка         | 6–9                           |
| Дуже жорстка    | Більше за 9                   |

**Висновок:** вода – дуже жорстка.

3. Визначити класифікацію за величиною рН (за табл. 8.5):  $pH = 4,3$ .

Таблиця 8.5 – Класифікація води за величиною рН

| ХАРАКТЕРИСТИКА | рН                     |
|----------------|------------------------|
| Дуже кисла     | $\text{pH} < 5$        |
| Кисла          | $5 \leq \text{pH} < 7$ |
| Нейтральна     | $\text{pH} = 7$        |
| Лужна          | $7 < \text{pH} \leq 9$ |
| Високолужна    | $\text{pH} > 9$        |

**Висновок:** вода – дуже кисла.

4. Класифікація за температурою (за табл. 8.6):  $t = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця 8.6 – Класифікація води за температурою

| Характеристика<br>води               | Пере-<br>охолоджена | Холодна | Тепла | Гаряча | Дуже<br>гаряча | Перегріта |
|--------------------------------------|---------------------|---------|-------|--------|----------------|-----------|
| Температура<br>$t, ^{\circ}\text{C}$ | $< 0$               | 0–20    | 20–37 | 37–50  | 50–100         | $> 100$   |

**Висновок:** вода – холодна.

5. Попередня оцінка придатності води до водопостачання.

Вода придатна для водопостачання, якщо:

- загальна мінералізація становить не більше 1 г/л;
- загальна жорсткість становить не більше 3,5 мг·екв/л.

**Висновок:** вода непридатна для питного водопостачання за загальної жорсткості.

6. Попередня оцінка агресивності до бетонів. Сульфатна агресивність визначається вмістом іона  $\text{SO}_4^{2-}$  (мг/л): у пісках більше ніж 1 000 мг/л, у суглинках більше ніж 1 500 мг/л. Магnezіальна агресивність визначається вмістом іона  $\text{Mg}^{2+}$  (мг/л): у пісках більше 2 000 мг/л, у суглинках більше ніж 5 000 мг/л. Заганокислотну агресивність вода має, якщо  $\text{pH} < 5$ .

**Висновок:** оскільки  $\text{pH} = 4,3$ , то вода має заганокислотну агресивність до бетонів.

**Загальний висновок:** вода солонa, гідрокарбонатно-хлоридно-кальцієво-натрієва, дуже жорстка, дуже кисла, холодна, непридатна для питного водопостачання, має заганокислотну агресивність до бетонів.

## **2 ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ (СРС)**

### **Тема 1 Загальні питання інженерних вишукувань**

Основні завдання та вимоги до інженерно-геологічних досліджень. Важливо зрозуміти, як складається технічне завдання та програма робіт. Це формує базу для подальших досліджень.

Джерела: [1–4; 7].

### **Тема 2 Інженерно-геологічні вишукування**

Розглядається комплексність досліджень, їхні цілі та склад. Особливу увагу необхідно приділити геофізичним методам, які дозволяють уточнити геологічну будову ділянки. Це допомагає інтегрувати різні види даних у єдину систему.

Джерела: [1–3; 5, 7].

### **Тема 3 Бурові роботи**

Студенти мають вивчити методи буріння, глибини та відстані між свердловинами, типи обладнання. Особливо важливим є правильний відбір та транспортування зразків ґрунтів, щоб зберегти їхні властивості. Це забезпечує достовірність лабораторних досліджень.

Джерела: [1–3; 5; 7–9].

### **Тема 4 Геотехнічні польові роботи**

Розглядаються методи визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів у натурних умовах: штампові випробування, пресіометрія, зондування. Ці методи дозволяють отримати реальні дані про поведінку ґрунтів під навантаженням.

Джерела: [1–3; 7; 9].

### **Тема 5 Геотехнічні лабораторні роботи**

Студенти повинні ознайомитися з видами лабораторних випробувань ґрунтів, обладнанням та стандартами. Лабораторні дослідження є основою для визначення параметрів міцності та деформаційних характеристик.

Джерела: [1–3; 7, 9].

## **Тема 6 Гідрогеологічні роботи**

Вивчається облаштування гідрогеологічних свердловин та методи визначення коефіцієнта фільтрації. Практичні завдання містять аналіз відкачувань та наливів води, що дозволяє оцінити водопроникність ґрунтів.

Джерела: [1–3; 6, 8, 9].

## **Тема 7 Камеральна обробка даних**

Студенти мають навчитися вести бурові журнали, описувати шурфи та інші виробки. Камеральна обробка забезпечує систематизацію польових матеріалів для подальшого аналізу та складання звітів.

Джерела: [1–4, 7, 9].

## **Тема 8 Особливості вишукувань у складних умовах**

Розглядаються небезпечні процеси (зсуви, карст, підтоплення) та методи прогнозування їхнього розвитку. Студенти повинні засвоїти принципи оцінки ризиків та складання пошукових прогнозів для забезпечення безпеки будівництва.

Джерела: [1–7, 9].

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН А.2.1-1-2008 Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Інженерні вишукування для будівництва [Електрон. ресурс]. – Чинний від 2008–07–01. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-183>, вільний (дата звернення 20.03.2026). – Назва з екрана.
2. ДСТУ ISO 14688-2:2021. Геотехнічні дослідження та випробування. Ідентифікація та класифікація ґрунтів. Частина 2. Класифікація ґрунтів (ISO 14688-1:2017, IDT). – Чинний від 2022–05–01. – Київ : ДП «ДерждорНДІ», 2022. – 11 с.
3. ДСТУ ISO 17892-4:2023. Геотехнічні дослідження та випробування. Лабораторні випробування ґрунту. Частина 4. Визначення гранулометричного складу (ISO 17892-4:2016, IDT). – Чинний від 2024–07–01. – Київ : ДП «ДерждорНДІ», 2023. – 45 с.
4. ДСТУ Б А.2.4-7:2009. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень [Електрон. ресурс]. – Чинний від 2010–01–01. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_a\\_2\\_4\\_7\\_2009/5-1-0-826](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_a_2_4_7_2009/5-1-0-826), вільний (дата звернення 20.03.2026). – Назва з екрана.
5. Інженерна геологія : навч. посіб. для студ. природознавчих, будівельних та екологічних спец. вищ. навч. закладів / Г. Г. Стріжельчик, В. Ю. Єгунов, І. В. Храпатова, В. В. Сухов. – Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2018. – 440 с.
6. Єгунов В. Ю. Інженерна гідрогеологія: навч. посіб. / В. Ю. Єгунов, К. А. Немець, Г. Г. Стріжельчик ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Харків. нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 279 с. – ISBN 978-966-695-593-604-3. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/65488/>, вільний).

7. Інженерна геологія (з основами геотехніки) : підручник / В. Г. Суярко, В. М. Величко, О. В. Гаврилюк [та ін.]. – Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2019. – 296 с.

8. Костюченко М. М. Гідрогеологія та інженерна геологія : підручник / М. М. Костюченко, В. С. Шабатин. – Київ : ВПЦ «Київський університет», 2005. – 144 с.

9. Пелешенко В. І. Гідрогеологія з основами інженерної геології : підручник для студ. геогр., геол., гідромеліорат. та інж.-буд. спец. вищих навч. закл. / В. І. Пелешенко, Д. В. Закревський. – Київ : Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка, 2002. – Ч. 1 Гідрогеологія. – 212 с. – ISBN 966-594-300-6.

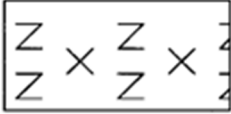
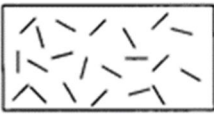
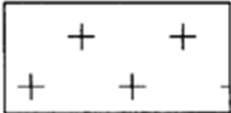
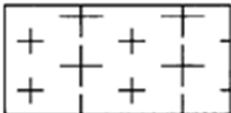
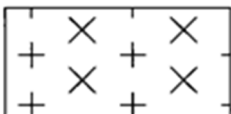
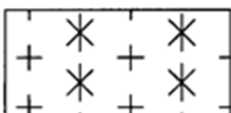
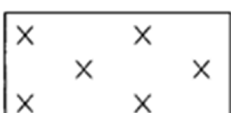
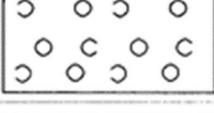
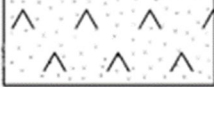
## ДОДАТОК А

### Умовні графічні позначення в інженерно-геологічній документації основних видів ґрунтів<sup>1</sup>

Таблиця А.1 – Осадкові ґрунти

| Позначення | Найменування    | Позначення | Найменування                 |
|------------|-----------------|------------|------------------------------|
|            | Алевроліт       |            | Лесовий суглинок             |
|            | Ангідрит        |            | Мергель                      |
|            | Аргіліт         |            | Пісок гравелистий            |
|            | Брекчія         |            | Пісок крупний                |
|            | Валуни          |            | Пісок середньої<br>крупності |
|            | Вапняк          |            | Пісок дрібний<br>(мілкий)    |
|            | Галька          |            | Пісок пилюватий              |
|            | Гіпс            |            | Пісковик                     |
|            | Глина           |            | Шар ґрунтово-<br>рослинний   |
|            | Гравій          |            | Суглинок                     |
|            | Гравеліт        |            | Суглинок моренний            |
|            | Доломіт         |            | Супісок                      |
|            | Жорства         |            | Супісок моренний             |
|            | Крейда          |            | Щебінь (щебенистий<br>ґрунт) |
|            | Лесовий супісок |            | Техногенні ґрунти            |

<sup>1</sup> ДСТУ Б. А. 2.4-13:2009 Умовні графічні позначення в документації з інженерно-геологічних вишукувань. – Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 26 с.

|                                                                                     |               |                                                                                     |                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|    | Габродіорит   |    | Лава кислого складу                  |
|    | Граніт        |    | Лава середнього складу               |
|    | Граніт-порфір |    | Лава основного складу                |
|    | Гранодіорит   |    | Лава лужного складу                  |
|    | Граносієніт   |    | Лава різного складу (нерозчленована) |
|   | Діорит        |   | Пемза                                |
|  | Перидотит     |  | Туф кислого складу (ліпаритовий)     |
|  | Сієніт        |  | Туф середнього складу (андезитовий)  |

а

б

Рисунок А.1 – Магматичні ґрунти: а – інтрузивні; б – ефузивні, базальт

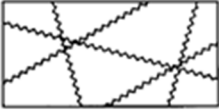
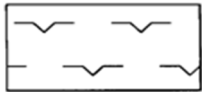
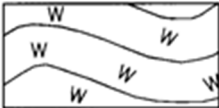
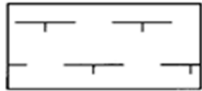
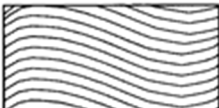
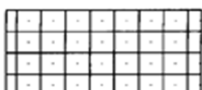
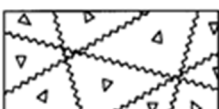
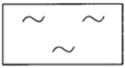
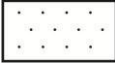
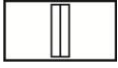
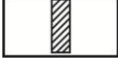
|                                                                                   |                          |                                                                                   |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|  | Амфіболіт                |  | Мілонит                  |
|  | Гнейс і гнейсові породи. |  | Роговик, яшма            |
|  |                          |  | Сланець глинистий, філіт |
|  | Кварцит                  |  | Тектонічна брекчія       |
|  | Мармур                   |                                                                                   |                          |

Рисунок А.2 – Метаморфічні ґрунти

Таблиця А.2 – Умовні графічні позначення літологічних особливостей ґрунтів (зображують рідкими знаками на фоні умовних позначень видів ґрунтів)

| Позначення                                                                          | Найменування                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|  | Гумусованість, домішки органічних речовин               |
|  | Засоленість                                             |
|  | Замуленість                                             |
|  | Заторфованість                                          |
|  | Вапняковість                                            |
|  | Пісковистість                                           |
|  | Гравелістість (домішки гравію, гальки, щебеню, валунів) |
|  | Тріщинуватість                                          |

Таблиця А.3 – Умовні графічні позначення консистенції та ступеня вологості ґрунтів

| Позначення                                                                         | Найменування ґрунту      | Консистенція    | Ступінь вологості |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|
|   | Супісок, суглинок, глина | Тверда          | —                 |
|                                                                                    | Пісок                    | —               | Маловологий       |
|   | Суглинок, глина          | Напівтверда     | —                 |
|   | Суглинок, глина          | Тугопластична   | —                 |
|   | Супісок                  | Пластична       | —                 |
|                                                                                    | Пісок                    | —               | Вологий           |
|   | Суглинок, глина          | М'якопластична  | —                 |
|                                                                                    | Суглинок, глина          | Текучопластична | —                 |
|  | Суглинок, глина          | Текуча          | —                 |
|                                                                                    | Пісок                    | —               | Насичений водою   |

*Електронне навчальне видання*

Методичні рекомендації  
до проведення практичних робіт та організації самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ІНЖЕНЕРНІ ВИШУКУВАННЯ»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання  
зі спеціальності G19 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Укладачі: **ЄГУПОВ В'ячеслав Юрійович,**  
**ХРАПАТОВА Ірина Вікторівна,**  
**СТРІЖЕЛЬЧИК Геннадій Георгійович,**  
**БОНДАРЕНКО Олександр Іванович**

Відповідальний за випуск *І. В. Храпатова*  
Редактор *Б. О. Хільська*  
Комп'ютерне верстання *І. В. Храпатова, Т. П. Воробйова*

План 2026, поз. 10М

---

Підп. до друку 01.06.2026. Формат 60 × 84/16.  
Ум. друк. арк. 3,7.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Чорноглазівська, 17, Харків, 61002.  
Електронна адреса: office@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 8386 від 14.07.2025