

## **Лекції з предмету «Інженерна геологія»**

### **Тема 1. Інженерна геологія – наука про геологічне середовище.**

#### **Лекція 1**

Інженерна геологія вивчає земну кору як середовище життя та діяльності людини, знання цієї дисципліни дозволяє успішно вирішувати задачі будівництва та безпеки будівель та споруд. Інженерна геологія розвивається не ізольовано, а в тісному зв'язку з іншими науками. У першу чергу з науками про Землю: загальною геологією, літологією, геоморфологією, гідрогеологією та ін. А також з гідрологією, метеорологією, геодезією та ін.

Основні задачі інженерної геології:

- вивчення складу властивостей ґрунтів які використовують як основи фундаментів;
- вивчення небезпечних природо-техногенних процесів (підтоплення, зсуви, карст, просідні явища та ін.)
- здійснення прогнозів змін інженерно-геологічних умов майданчиків будівництва;
- створення теоретичних основ для раціонального використання і охорони навколишнього середовища;

Як самостійна наука інженерна геологія почала формуватися у кінці XIX – початку XX сторіччя, одночасно у багатьох країнах. Це пов'язано з потребою практики у зведенні складних інженерних споруд (залізниць, каналів тощо). Перший етап розвитку (1923-1945) – виникнення нової наукової дисципліни. Другий етап – значний обсяг робіт з дослідженням властивостей ґрунтів. Накопичення значного обсягу практичного і теоретичного матеріалу. Третій етап (з 1978) пов'язаний з обґрунтуванням заходів які зводять до мінімуму негативний вплив будівництва на навколишнє середовище.

### **Тема 2. Основи інженерно-геологічного вивчення ґрунтів.**

#### **Лекція 2**

Визначення поняття – ґрунт. Речовинний склад ґрунтів, гранулометричний і мікроагрегатний склад ґрунтів, основні гранулометричні класифікації ґрунтів. Мінеральний склад ґрунтів. Методи визначення гранулометричного складу ґрунтів і графічні способи його зображення. Основні класифікаційні види ґрунтів: скельні і нескельні. Техногенні ґрунти. Основні типи контактів у ґрунтах. Природа структурних зв'язків у ґрунтах. Класифікація структур ґрунтів за характером структурних зв'язків.

Класифікація видів води у ґрунтах і її властивості. Газова та біотична компонента ґрунтів. Взаємодія компонентів ґрунту її урахування при розрахунках.

## Лекція 3

Будівельна класифікація ґрунтів.

У лекції викладаються основи державного стандарту України «ґрунти. Класифікація». Цей стандарт розповсюджується на всі ґрунти та встановлює її класифікацію, що застосовується при виконанні інженерно-геологічних вишукувань, проектуванні та будівництві.

Усі ґрунти підрозділяються на наступні класи:

- клас природних скельних ґрунтів - ґрунти з жорсткими структурними зв'язками (кристалізаційними та цементаційними) підрозділяються на групи, підгрупи, типи, види, різновиди згідно з табл. 1;
- клас природних дисперсних ґрунтів – ґрунти з водно колоїдними та механічними структурними зв'язками підрозділяються згідно з таблицею 2;
- клас природних мерзлих ґрунтів - ґрунти з кріогенними структурними зв'язками підрозділяються згідно з табл. 3;
- клас техногенних (скельних, дисперсних та мерзлих) ґрунтів – ґрунти з різними структурними зв'язками, утвореними в результаті діяльності людини, підрозділяються згідно з табл. 4;

Пояснюються часткові класифікації за речовинним складом, властивостями та структурою скельних, дисперсних та мерзлих ґрунтів.

### Тема 3. Фізичні, фізико-хімічні властивості ґрунтів.

## Лекція 4

Показники фізичних властивостей скельних і нескельних ґрунтів між собою значно розрізняються. Фізичні характеристики підрозділяються на основні, похідні та класифікаційні. Основними є характеристики, що визначаються на основі лабораторних досліджень. Інші фізичні характеристики є розрахунковими. Експериментально визначають три основні характеристики ґрунтів: щільність ґрунту, щільність часток ґрунту та вологість. Одержав ці величини можна вчислити низку характеристик ґрунту:

- щільність сухого ґрунту;
- пористість ґрунту;
- пористості;
- повну вологоємність;
- коефіцієнт водонасиченості та інші.

Згідно з ДСТУ класифікаційними характеристиками для великоуламних ґрунтів і пісків є гранулометричний склад і міра його неоднорідності, а для пісків ще і коефіцієнт щодо насичення та щільність складання (характеризується коефіцієнтом пористості). Для глинистих ґрунтів класифікаційними показниками є число пластичності в показник плинності. За цими характеристиками встановлюють назву ґрунту.

## Тема 4. Механічні властивості ґрунтів

### Лекція 5

Для розрахунків деформацій, оцінки міцності та стійкості ґрунтових масивів і основ необхідно знати механічні властивості ґрунтів. Під механічними властивостями ґрунтів варто розуміти їхнє поведіння під дією зовнішнього навантаження або при зміні їх фізичного стану.

Здатність ґрунту зменшуватися в об'ємі під впливом ущільнювальних навантажень називають стисливістю, осіданням або деформацією. Розділяють пружні та пластичні деформації. Визначення основних показників стисливості ґрунтів відбувається шляхом їхнього ущільнення під навантаженням без можливості бокового розширення у компресійному приладі. За незначної зміни стискуючого напруження зменшення коефіцієнта пористості ґрунту пропорційно збільшенню стискуючого напруження (закон ущільнення ґрунтів). Основною величиною, що характеризує стисливість ґрунтів, є модуль загальної деформації  $E$ .

Руйнування ґрунтів відбувається завжди у вигляді зрушення однієї частини масиву відносно від іншої. У деяких випадках дотичні напруження досягають значення граничного опору ґрунту зрушенню.

Граничний опір сипкого ґрунту зрушенню пропорційний нормальному напруженню. Для глинистих ґрунтів ця залежність більш складна. Це пов'язано з тим що опір зрушення зумовлюється не лише силами тертя, але і зв'язністю ґрунту.

Параметри лінійної залежності мають свою назви:

- кут нахилу прямої до вісі тисків – кут внутрішнього тертя ґрунту –  $\varphi$  ;
- відрізок, що відсікається прямою на вісі –  $\tau$ , зчеплення ґрунту  $C$ .

## Тема 5. Поняття про інженерно-геологічні умови

### Лекція 6.

Для визначення категорії складності інженерно-геологічних умов (проста, середньої складності, складна) використовують наступні фактори:

- геоморфологічні умови;
- геологічні фактори в сфері взаємодії будівель і споруд з геологічним середовищем;

- гідрогеологічні фактори в сфері взаємодії будівель і споруд з геологічним середовищем;
- прояви небезпечних природно-техногенних процесів що негативно впливають на умови будівництва;
- наявність ґрунтів з особливими властивостями у сфері взаємодії будівель і споруд з геологічним середовищем;

Категорії складності інженерно-геологічних умов встановлюють за сукупністю встановлених або прогнозованих факторів. Додаткова оцінка інженерно-геологічних умов для забудованих територій дається для III (складної) категорії складності:

**III а** – умови особливо складні; є потенційна загроза втрата придатності або руйнування будівель і споруд, а також загроза життєдіяльності населення;

**III б** – екстремальні умови; процеси що розвиваються несуть реальну загрозу руйнування будівель і споруд та загрозу життєдіяльності населення.

На ділянках IIIа та IIIб нове будівництво не допускається до вжиття заходів, що усувають загрозу руйнування будівель та забезпечують безпеку населення.

## **Розділ 2. Фізико-геологічні та інженерно-геологічні процеси і явища.. Геологічна робота підземних і поверхневих вод. Дія гравітаційних сил на схилах. Сезонне та багаторічне промерзання гірських порід.**

### **Тема 1. Фізико-геологічні та інженерно-геологічні процеси і явища.**

#### **Лекція 7.**

Під впливом внутрішніх та зовнішніх геологічних сил земна кора та поверхня землі безупинно змінюються. Про безупинний рух земної кори в наші дні свідчать постійні землетруси, діючі вулкани, наступ моря тощо.

Природні геологічні процеси поділяються на дві великі групи: **ендогенні** – що породжуються внутрішніми силами, та **екзогенні** – обумовленні зовнішніми силами.

До ендогенних процесів відносяться: магнетизм, вулканізм та тектонічних рух. До екзогенних: вивітрювання, геологічна діяльність водних потоків, вітру, льодовиків, а також небезпечні інженерно-геологічні процеси (просідні явища, підтоплення, явища на схилах, суфозія та карст тощо). Розділ інженерної геології, що вивчає небезпечні процеси і явища називається інженерною геодинамікою.

## **Тема 2. Діяльність внутрішніх сил Землі**

### **Лекція 8.**

Землетрус – високочастотне в геологічному відношенні коливання земної кори, що є найбільш небезпечним геологічним процесом для життєдіяльності населення. Щорічно на земній кулі відбувається більш мільйона землетрусів, в тому числі 100 тис. відчутних, 100 руйнівних та один катастрофічний. На сьогодні більша половина людства мешкає в зонах, де відчуваються землетруси. Приклади землетрусів (Ашхабад, Вірменія, Японія тощо).

Руйнівні дії землетрусу на будівлі та споруди викликають необхідність враховувати при проектування та будівництві. Проведено сейсмічне районування території країни яке дозволило виділити зони в яких відбуваються землетруси тієї чи іншої інтенсивності, та складено сейсмічні карти України.

Місцева сила землетрусу залежить також від рельєфу місцевості, складу та стану ґрунтів та гідрогеологічних умов. Сейсмічну інтенсивність майданчика будівництва визначають з урахуванням сейсмічного мікрорайонування, що виконується для районів з сейсмічністю більше 6 балів. Будівництво в сейсмічних районах ведеться за нормативними, затвердженими урядовими установами. Ці норми гарантують стійкість споруд у районах із сейсмічністю 6-10 балів.

## **Тема 3. Геологічна робота підземних і поверхневих вод.**

### **Лекція 9**

Геологічну діяльність текучих вод можна поділити на:

- геологічну роботу поверхневих вод;
- геологічну роботу рік;
- геологічну діяльність океанів та морів;
- геологічну діяльність озер та боліт;
- геологічну діяльність льодовиків.

Тимчасові водостоки спричиняють утворення вимоїн які в подальшому формуються в яри. На початку яр росте в глибину, виконуючи глибинну ерозію, поки не досягне рівня річки (базиса ерозії).

Геологічна робота рік складається з розмиву дна та берегів перенесення і відкладення уламкових порід. Усі ці сторони діяльності можуть проявлятися одночасно.

Величезна рухома маса води Світового океану виконує роботу руйнування (морська абразія), транспортування та утворення. Із них переважає остання, тому що світовий океан є зоною акумуляції не тільки матеріалу що утворюється в ньому, а і тієї великої кількості речовин, які приносять ріки, льодовики та вітер.

Руйнівна та акумулятивна робота озер аналогічна роботі моря, тільки масштаби її набагато менше.

Болотами називають надмірно зволожені ділянки земної поверхні, де при відмирання водяної рослинності утворюється торф або сапропель.

Руйнівна робота льодовиків – льодовики кришать та здрібнюють гірські породи свого ложа.

## **Лекція 10**

Діяльність підземних вод має велике значення у проявах майже усіх небезпечних інженерно-геологічних процесів:

- підтоплення територій;
- просідання ґрунтів;
- набухання глин;
- небезпечні явища на схилах;
- суфозія та карст;
- морозне здимання ґрунтів тощо;

Далі ці процеси розглядаються докладно (особливо процес підтоплення), звернути особливу увагу на техногенні чинники зміни регіону і стану підтоплення підземних вод.

### **Тема 4. Дія гравітаційних сил на схилах. Сезонне та багаторічне промерзання ґрунтів.**

## **Лекція 11.**

Під зсувом розуміють зміщення земних масу низ по схилу під впливом сили тяжіння.

Зсуви загрожують усім видам інженерних споруд (шляхи, мости, споруди на схилах, селища біля підніжжя схилів, стінки котлованів, тощо)

Зсуви мають місце у тих випадках, коли у масі ґрунту поблизу укосу зсувні (дотичні) напруження стають вищими за напруження, якими може простояти ґрунт.

Залежно від причин зсувів М.М. Маслов виділяє такі форми порушення стійкості схилів:

- обвали та відвали;
- обрушення із зрізом та обертанням;
- відкол при просіданні;
- зсув ковзання;
- покривні зсуви сповзання;
- обпливання.

Заходи щодо боротьби зі зсувами можуть бути направлені як на збереження, так і на поліпшення природних властивостей напруженого стану ґрунтів (дренаж, цементація, зменшення крутизни укосів, завантаження нижньої частини схилу тощо). Для утримання ґрунтів від зсуву застосовують підпірні стінки, стримувальні пальові конструкції, анкерні пристрої.

## Лекція 12

При промерзанні глинистих ґрунтів, доступних для проникання в них вологи, в умовах неможливості збільшення їхнього об'єму, розвивається тиск, аналогічний тиску набухання. Його величина може досягати 100-200 кПа. За відсутності огорожень відбувається збільшення об'єму промерзаючих ґрунтів, яке називається здиманням. У тих випадках, коли тиск здимання перевищує величину тиску від власної ваги ґрунту і ваги споруд, відбувається піднімання земної поверхні. Це піднімання може привести до деформації будинків і споруд.

Найбільшою мірою морозному здиманню піддаються пилюваті суглинки і піски. У таких ґрунтах як галька, гравій, крупний пісок здимання не виникає. Впливу зимового здимання на стійкість споруд запобігають закладенням фундаментів на глибину, яка перевищує зимове промерзання ґрунтів.

Для запобігання зимового здимання на шляхах удаються до зниження рівня ґрунтових вод за допомогою дренажів. Нерідко потрібно повністю замінювати такі ґрунти на дренавальні, які не змінюють об'єму при замерзанні.

**Розділ 3. Інженерно-геологічні дослідження. Зміна інженерно-геологічних умов території під впливом антропогенних факторів. Стадії проектування та склад інженерно-геологічних досліджень.**

**Тема 1. Інженерно-геологічні дослідження. Склад, стадії вишукувань, геологічна зйомка.**

## Лекція 13

Інженерні вишукування для будівництва включають такі види вишукувань:

- інженерно-геодезичні;
- інженерно-геологічні;
- геотехнічні та інженерно-геологічні (у складі комплексних інженерно-геологічних вишукувань або окремо);
- інженерно-гідрометеорологічні;
- вишукування для раціонального використання навколишнього середовища;
- спеціалізовані роботи (умовно вишуквальні);

Обсяги вишукувальних робіт розподіляються так:

- для передпроектних робіт на стадії ескізний проект (ЕП) – бна основі літературних, фондових і лабораторних робіт;
- на стадіях: техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) чи техніко-економічний розрахунок (ТЕР), проект (П) або робочий проект (РП) – основні обсяги вишукувань (сто відсотків);
- на стадії робочої документації (Р) – можливі додаткові обсяги вишукувальних робіт за окремим технічним завданням.

#### Лекція 14.

Для оцінки вивченості території виконують пошук та вивчення фондових і архівних матеріалів, що містять відомості про структурно-тектонічні особливості території, орографію та гідрографію, геологічну будову, властивості ґрунтів, гідрогеологічні умови, інженерно-геологічні процеси та досвід будівництва, а також інші відомості, які дозволяють зробити оцінку складності інженерно-геологічних умов, ступеня їх вивченості і розробити програму подальших вишукувальних робіт.

Рекогносцирувальне обстеження території включає огляд ділянки планової забудови та прилеглої території (у т.ч. опис відслоень, водотоків і виходів підземних вод, ознак проявів небезпечних інженерно-геологічних процесів, візуальне обстеження існуючої забудови), а також результати опитування населення (працівників підприємства).

Рекогносцирувальне обстеження проводять за попередньо наміченими маршрутами, а результати наносять на топографічну основу.

## **Тема 2. Зміна інженерно- геологічних умов території під впливом техногенних факторів.**

#### Лекція 15

У природних умовах гірські породи постійно змінюються під впливом численних геологічних процесів та явищ, завдяки чому змінюються їхні фізико-механічні властивості. Коли гірські породи використовуються як ґрунти, то додатково до природних зовнішніх чинників додаються техногенні чинники. Основними діючими техногенними чинниками є: тиск, коливання, зміна напруженого стану, гідрогеологічних умов, промочування ґрунтів та інше. Зміна інженерно – геологічних умов території є результатом процесів, що протікають внаслідок дії техногенних факторів. Тому вивчення та прогнозування таких змін мають проводитися з огляду на головні техногенні чинники.



На завершальному етапі камеральних робіт розробляються такі види прогнозів:

- пошуковий, у якому здійснюють якісну і/або кількісну характеристику змін стану існуючого природно-техногенного середовища;
- нормативний, у якому наводять рекомендації щодо досягнення потрібного (нормативного) стану природно-техногенних умов шляхом регулювання впливів і/або виконання спеціальних заходів (планування території, дренажування, будівництво стримувальних споруд, закріплення ґрунтів тощо)

### Лекція 16.

Вишукування для раціонального використання навколишнього середовища виконують за окремим технічним завданням з метою забезпечення:

- вихідних даних для прийняття оптимальних рішень щодо розміщення, реконструкції, технічного переоснащення або ліквідації об'єктів будівництва та створення нормативних умов для життєдіяльності населення;
- вихідних даних для розробки розділів проектів «Оцінка впливу на навколишнє середовище»;
- оцінки фактичних впливів на навколишнє середовище та ведення моніторингу.

Вишукування повинні забезпечити:

- характеристику небезпеки планованої господарської діяльності для існуючих будівель і споруд, господарської і життєвої діяльності людини, природних ресурсів;
- можливість прийняття проектних рішень, які забезпечують допустимі показники стану природних компонентів для господарської діяльності і здоров'я населення( розробка адекватних заходів щодо захисту від небезпечних процесів, меліорація і рекультивація території, безпечне поводження з відходами тощо);
- можливість здійснення по компонентній і комплексній оцінці наслідків планованої діяльності при ОВНС;
- прогнозування і оцінка ризику, змін стану природних компонентів при збереженні існуючого становища і при здійсненні планованої діяльності;
- складання науково-технічного звіту.

## Тема 3. Склад інженерно-геологічних досліджень.

### Лекція 17.

До складу комплексних інженерно- геологічних вишукувань входять такі види робіт:

- оцінка вивченості території;
- рекогносцирувальне обстеження;
- геофізичні роботи;
- бурові та гірнопрохідницькі роботи ;

- геотехнічні вишукування, які включають лабораторні та польові дослідні роботи;
- гідрогеологічні вишукування;
- стаціонарні спостереження;
- вивчення інженерно- геологічних процесів і явищ;
- камеральне опрацювання матеріалів.

Додатково можуть виконуватися роботи, якщо це передбачається замовленням та технічним завданням:

- інженерно- геологічна та інженерно- гідрогеологічна зйомка різних масштабів;
- сейсмічне мікрорайонування;
- розвідка місцевих ґрунтових матеріалів для зведення споруд;
- моніторинг за станом геологічного середовища.

### **Теми практичних занять.**

#### **Тема 1. Побудова інженерно-геологічних розрізів (10 год.)**

Необхідні терміни та визначення:

Інженерно-геологічний елемент (УГЕ) - об'єм ґрунту одного віку походження і виду, характеристики властивостей якого в межах виділеного елемента є статично-однорідним і змінюються незакономірно, або наявною закономірністю можна знехтувати.

Інженерно- геологічний розріз – двовимірна модель ґрунтового масиву, що побудована для виконання конкретного проектування і розрахунків.

Студентам необхідно побудувати інженерно-геологічний розріз на основі геодезичної зйомки майданчика будівництва з нанесеними на неї контурами проектуємих об'єктів, точками виконання бурових і польових дослідних робіт, а також результатами бурових і дослідних робіт.

Робота виконується на листі міліметрового паперу формату А3 в такому порядку:

- обирається лінія і напрям розрізу;
- обирається масштаб побудови розрізу;
- будується шкала відміток;
- будується шкала відстаней;
- побудова інженерно-геологічного розрізу;
- оформлення інженерно-геологічного розрізу.

## **Тема 2. Обробка результатів статичного і динамічного зондування(бгод.)**

На території України в якості основ будівель і споруд найбільш поширені природні дисперсні і техногенні ґрунти, склад і стан яких дозволяє проводити безперервне занурення зонда. Тому при виконанні польових досліджень ґрунтів найбільш часто використовуються методи статичного і динамічного зондування ґрунтів.

Деякі терміни, які використовуються при виконанні цих випробувань: статичне зондування, динамічне зондування, питомий опір ґрунту під наконечником зонду, опір ґрунту на бічній поверхні зонду, умовний динамічний опір ґрунту, залога.

При статичному зондуванні за даними вимірювання опору ґрунту під наконечником зонду і на бічній поверхні зонду, залежно від типу зонда визначають такі параметри:

- питомий опір ґрунту під наконечником зонду;
- загальний опір ґрунту на бічній поверхні (для зонду типу I);
- питомий опір ґрунту на ділянці бічної поверхні (муфта тертя) зонду (для зонду типу II)

При динамічному зондуванні вимірюють:

- глибину занурення зонду від певного числа ударів молоту (залоги) при ударному зондуванні;
- швидкість занурення зонду при ударно-вібраційному зондуванні.

Студенти будують графіки статичного і динамічного зондування згідно з вимогами ДСТУ БВ.2.1-9-2002 «Ґрунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням».

## **Тема 3. Обробка результатів випробувань ґрунтів штампом. (4 год.)**

Модуль деформації ґрунтів основ будівель і споруд рекомендується визначати в польових умовах завантаженням штампів статичними навантаженнями. Цей метод є найбільш достовірним і придатним для нескількох ґрунтів всіх видів. Проведення випробувань і обробка результатів виконується у відповідності з міждержавним стандартом ГОСТ 20276-2012 «Ґрунти. Методи польового визначення значень міцності і деформованості».

Випробування ґрунтів штампом проводять для визначення таких характеристик деформованості дисперсних ґрунтів:

- модулю деформації;
  - початкового просадочного тиску і відносної деформації просадочності для просадочних глинистих ґрунтів при випробуванні із замочуванням.
- В ході практичної роботи студентам за результатами випробувань ґрунтів штампом методом «однієї кривої» і методом «двох кривих» пропонується

побудувати графіки випробувань ґрунтів і визначити їх деформаційні і просадочні характеристики.

#### **Тема 4. Умовні позначення .(2 год.)**

Інженерно- геологічні розрізи, а також графічні матеріали обробки результатів випробувань ґрунтів штампом, статичним і динамічним зондуванням доповнюються умовними позначеннями згідно ДСТУ БА.2.4-13:2009.

На практичному занятті студентів ознайомлюють з вимогами цього документа.

#### **Тема 5. Складання науково-технічного звіту про інженерно-геологічні вишукування(10 год.)**

Завершує інженерно-геологічні дослідження складання науково- технічного звіту (висновку) про інженерно- геологічні вишукування на майданчику проектованого будівництва. Науково-технічний звіт містить такі структурні елементи: вступ, головна частина, висновки, рекомендації, перелік посилань.

Суть звіту (головна частина) розкривається в главах:

- вивченість інженерно-геологічних умов;
- фізико – географічні умови;
- геологічна будова;
- фізико- механічні властивості ґрунтів;
- гідрогеологічні умови;
- сучасні геологічні та інженерно-геологічні процеси і явища;
- прогноз зміни інженерно-геологічних умов;
- інженерно-геологічне районування.

У рекомендаціях наводять пропозиції щодо:

- вибору типів фундаментів;
- інженерного захисту території та об'єктів;
- превентивних заходів із забезпечення тривалої стійкості будівель та споруд.

При виконанні практичних робіт студентам пропонується скласти науково-технічний звіт згідно матеріалів раніше виконаних завдань.