

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства  
та природокористування  
Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики  
та водного господарства

Кафедра геології та гідрології

**01-05-276М**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до виконання практичних робіт**  
**з навчальної дисципліни «Інженерна геодинаміка»**  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за освітньо-професійною програмою «Геологія»  
спеціальності 103 «Науки про землю»  
денної та заочної форми навчання

Рекомендовано науково-  
методичною радою з якості  
ННІ ЕАВГ  
Протокол № 10 від 18.06.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Інженерна геодинаміка» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 103 «Науки про землю» за освітньо-професійною програмою «Геологія» денної та заочної форми навчання. [Електронне видання] / Мельничук В. Г., Бадинський Л. О. – Рівне : НУВГП, 2024. – 40 с.

Укладачі:

Мельничук В. Г., д.геол.н., професор, в.о. завідувача кафедри геології та гідрології;

Бадинський Л. О., к.т.н., старший викладач кафедри геології та гідрології.

Відповідальний за випуск: Мельничук В. Г., д.геол.н., професор, в.о. завідувача кафедри геології та гідрології.

Гарант освітньо-професійної програми «Геологія» д.геол.н., професор, в.о. завідувача кафедри геології та гідрології Мельничук В. Г.

© В. Г. Мельничук,  
Бадинський Л. О., 2024  
© НУВГП, 2024

## ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	4
Практична робота 1. Аналіз карт геодинамічної активності та проявів екзогенних інженерно-геологічних процесів.....	5
Практична робота 2. Ознайомлення із способами захисту побережжя від абразивної дії хвиль.....	11
Практична робота 3. Ознайомлення із способами захисту територій від підтоплення.....	15
Практична робота 4. Ознайомлення із способами захисту територій і споруд в районах розвитку карсту....	19
Практична робота 5. Ознайомлення із способами освоєння боліт і заболочених територій.....	25
Практична робота 6. Ознайомлення із способами захисту територій і споруд від руйнівних проявів схилових гравітаційних процесів.....	28
Практична робота 7. Ознайомлення із способами захисту споруд в районах поширення просідних (лесових) ґрунтів.....	34
Рекомендована література та електронні ресурси.....	39

## ВСТУП

Метою проведення практичних занять з курсу «Інженерна геодинаміка» є прищеплення студентам знань і практичних навичок з інженерної підготовки та інженерного захисту територій, об'єктів і споруд від шкідливих та руйнівних впливів сучасних небезпечних геодинамічних процесів.

Студенти мають засвоїти основні засади проведення заходів з інженерної підготовки та інженерного захисту будинків та споруд, що полягають у:

- максимальному сприянні здатності природних систем до самовідновлення та саморегулювання;
- адекватності заходів впливу на перебіг процесів характеру і масштабам останніх;
- врахуванні стабільності і циклічності проявів природних геодинамічних процесів;
- комплексності заходів і селективності окремих із них;
- поєднанні заходів з інженерного захисту з інженерною підготовкою територій, спеціальних захисних конструкцій з конструктивними елементами споруд.

Завдання видаються індивідуально або на бригаду 2-4 особи.

При виконанні завдань студенти мають дотримуватись вимог:

- усі графічні роботи (плани, перетини, графіки) виконуються в заданих масштабах з застосуванням прийнятих умовних знаків за допомогою креслярських знарядь (приладів);
- в пояснювальній записці до виконаної роботи формулюється її мета та завдання з чіткими, лаконічними результатами їх виконання;
- розрахункові частини роботи наводяться в послідовності: формули, числові значення замість буквених у тій же послідовності, кінцевий результат і на кінець експлікація (розшифрування буквених позначень);
- при розрахунку варіантів з різними значеннями аргументів перший варіант подається у повній послідовності, для інших варіантів подаються тільки результати зведені у таблиці.

В кінці роботи подаються висновки.

Завдання виконані з недотриманням вказаних вище вимог не зараховуються.

# Практична робота 1.

## АНАЛІЗ КАРТ ГЕОДИНАМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ТА ПРОЯВІВ ЕКЗОГЕННИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Мета роботи: Ознайомлення з картами геодинамічної активності територій, що використовуються для захисту від абразійних, абразійно-обвальних, абразійно-зсувних руйнувань озерних берегів, берегів водосховищ, ерозійних руйнувань берегів водотоків.

### 1. Завдання до практичної роботи 1

1. Ознайомитись із змістом карти розвитку руйнівних інженерно-геологічних процесів (ІГП) в районі Мізоцького кряжу.
2. Ознайомитись із змістом карти розвитку руйнівних інженерно-геологічних процесів в долині р. Горинь.
3. Ознайомитись із змістом карти розвитку руйнівних інженерно-геологічних процесів у зоні впливу Рівненської АЕС.

### 2. Методика і порядок виконання практичної роботи 1

2.1. Здобувачі вищої освіти знайомляться із змістом інженерно-геологічних карт розвитку руйнівних інженерно-геологічних процесів у долині р. Горинь (рис. 1), в районі Мізоцького кряжу (рис. 2) і в зоні впливу Рівненської АЕС (рис. 3).

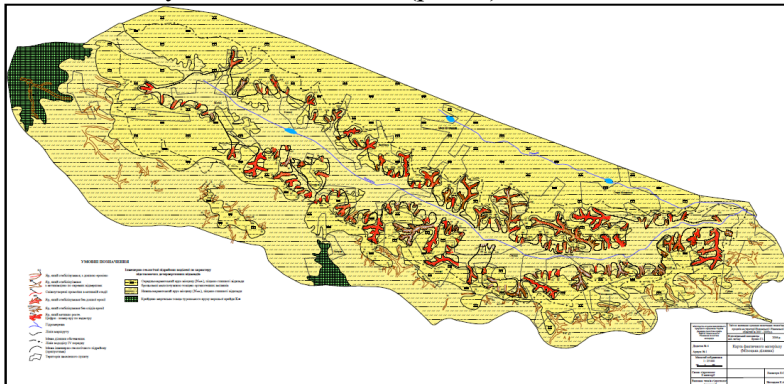


Рис. 1. Карта розвитку руйнівних ІГП у районі Мізоцького кряжу [2]





2.4. Інженерно-геологічна карта і вертикальний розріз разом складають **розрахункову схему** зони взаємодії споруд з геологічним середовищем, на яких показані:

- інженерно-геологічні тіла, границі розрахункових елементів геологічного середовища, розрахункові значення показників властивостей ґрунтів;

- потрібні для розрахунку гідрогеологічні дані (положення дзеркала ґрунтових вод);

- технічні дані про споруду (глибина закладання, контури виймки тощо).

2.5. **Інженерно-геологічним тілом** називають деякий об'єм геологічного середовища в межах сфери взаємодії геологічного середовища зі спорудою, ділянкою забудови. Конфігурацію і розміри інженерно-геологічного тіла встановлюють відповідно до критеріїв, що визначаються властивостями інженерних ґрунтів, а також інженерно-геологічними процесами, які прогнозуються при проектуванні споруд.

2.6. На інженерно-геологічних картах та розрізах і експлікації до них за допомогою системи умовних знаків залежно від масштабу показуються в різному поєднанні наступні характеристики:

- інженерно-геологічні тіла, розповсюдження, склад, фізичні і фізико-механічні властивості, вік, генезис і умови залягання гірських порід;

- характеристика підземних вод;

- рельєф і геоморфологічні дані;

- сучасні геологічні та інженерно-геологічні процеси і явища.

2.7. При графічному оформленні інженерно-геологічних карт, розрізів і колонок умовні позначення елементів геоморфології, гідрогеології, тектоніки, залягання шарів ґрунтів, а також позначення видів ґрунтів та їхніх літологічних особливостей слід приймати відповідно до типових умовних позначень, що використовуються при геологічному картографуванні, та ДСТУ Б А.2.4-13:2009 СПДБ.

2.8. Здобувачі вищої освіти аналізують зміст інженерно-геологічних карт, визначають і характеризують прояви руйнівних інженерно-геологічних процесів та їх наслідки.



Кожна інженерно-геологічна карта складається з власне карти, умовних позначень, інженерно-геологічних розрізів і записки пояснення. В додатку до тексту записки пояснення дається каталог опорних гірничих виробок, показаних на карті. Записка не повинна повторювати зміст карти, а служити в основному доповненням до неї і пояснювати те, що не відображено на карті.

Інженерно-геологічні карти складають на розвантаженій топографічній основі, де мають бути показані горизонталі та їхні висотні позначки, гідрографічна мережа, населені пункти, найголовніші цивільні і промислові споруди, дороги, трубопроводи та інші об'єкти.

Інженерно-геологічні карти складають на топографічній основі певного масштабу, від якого залежить точність зображення геологічних тіл. У зв'язку з цим виділяють карти оглядові (дрібніші від 1:1000000), дрібномасштабні (1:1000000 і 1:500000), середньомасштабні (1:200000 і 1:100000) та крупномасштабні (1:50000 та крупніші). Границі геологічних тіл різного віку на карті показуються тонкою чорною лінією, одного віку – крапчастою лінією, розривні порушення – товстою чорною лінією.

Площі виходів гірських порід різного віку на геологічній карті зафарбовуються в певні кольори стратиграфічної (геохронологічної) шкали [14], яка прийнята однаковою для всіх країн світу. Відділи різних систем зафарбовуються тим же кольором, що і вся система, але нижній відділ – темнішим відтінком, а верхній – світлішим. Ця кольорова шкала використовується на геологічних картах для зображення віку осадових та ефузивних порід. Для зображення інтрузивних та метаморфічних порід незалежно від віку застосовують особливе розфарбування. Інтрузивні породи зафарбовують залежно від їхньої кислотності та лужності: кислі – в червоні кольори, основні – в зелені, лужні – в оранжеві і т.д. Метаморфічні породи зафарбовуються в рожевий колір. Для зображення петрографічного та літологічного складу важливих гірських порід на геологічних картах і розрізах застосовують умовні позначення у вигляді штриховки, зміст яких пояснюється в легенді до карти і регламентується ДСТУ Б А.2.4-13:2009.

Поля поширення комплексів магматичних порід і нашарувань осадових порід дочетвертинного віку позначаються певними

*індексами*, котрі можуть складатись з однієї або кількох букв грецького та латинського алфавіту і арабських цифр 1-3. Великими латинськими буквами та арабськими цифрами позначається вік порід, малими – назва породних комплексів, серій, світ та товщ. Для позначення петрографічного складу інтрузивних порід застосовуються малі букви *грецького* алфавіту:

γ – граніти;

δ – діорити;

υ – габро;

ξ – сієніти.

Наприклад: γPR<sub>20s</sub> – граніти пізньопротерозойські осницького комплексу, V<sub>1vl</sub> – нижньовендська волинська серія порід, J<sub>1+2</sub> – нижньо- і середньоюрські, N<sub>2</sub> – верхньонеогенові породи.

*Четвертинні* відклади на картах позначаються, як правило, подвійним індексом: *генетичним* (малою буквою латинського алфавіту) та *віковим* (римськими числами I-IV). Наприклад: a<sub>IV</sub>; р<sub>III</sub>, vd<sub>II-III</sub>, що відповідно слід читати як: сучасні алювіальні, верхньочетвертинні пролювіальні та середньо-верхньочетвертинні еолово-делювіальні відклади. Генетичні типи четвертинних відкладів зображаються індексами та кольорами.

Якщо на карті є породи двох або більше вікових груп одного генетичного типу, то давніші з них зафарбовуються в густіші кольори.

Справа від карти наводяться умовні знаки, які прийнято називати **легендою** карти (від лат. «legenda» – те, що повинно бути прочитаним).

Зліва від карти наводиться стратиграфічна колонка – таблиця, на якій спеціальними умовними знаками в прийнятому вертикальному масштабі зображується послідовність нашарування гірських порід в їхньому віковому порядку, вказуються потужності і просторові взаємовідношення між ними.

2.9. Прояви і показники руйнівних ІПІ показуються спеціальними умовними знаками. В пояснювальній записці дається їх характеристика.

## **Практична робота 2**

### **ОЗНАЙОМЛЕННЯ ІЗ СПОСОБАМИ ЗАХИСТУ ПОБЕРЕЖЖЯ ВІД АБРАЗИВНОЇ ДІЇ ХВИЛЬ**

Мета роботи: Ознайомлення з заходами та спорудами, що використовуються для захисту від абразійних, абразійно-обвальних, абразійно-зсувних руйнувань морських, лиманних, озерних берегів, берегів водосховищ, ерозійних руйнувань берегів водотоків.

#### 1. Завдання до практичної роботи 2

1.1. Ознайомлення з заходами і спорудами пасивного і активного захисту берегів, умовами їх застосування.

1.2. Ознайомлення зі схемами і конструкціями активного берегозахисту. Профілактичні і капітальні берегозахисні заходи.

1.3. Виконати оцінку загрози підмиву та руйнування берегів. Абразійні, абразійно-обвальні та абразійно-зсувні морські береги.

1.4. Виконати розрахунок тиску прибійної хвилі на вертикальну стінку берегозахисної споруди і вибрати природний камінь (гірську породу) для влаштування хвилезахисних споруд.

#### 2. Методика і порядок виконання практичної роботи 2

2.1. Під час виконання першого завдання звертається увага на характер і масштаби руйнувань берегів і в залежності від того визначається необхідність захисту берега та розташованих на ньому об'єктів, вибираються захисні споруди. Питання про закріплення берега знімається якщо можливий допуск відступання берегової лінії при заповненні водосховищ. В цьому випадку берег залишається під руйнівною дією хвиль на визначений період часу (50 - 100 років). а цей період хвилі розроблюють підводний відкос такого нахилу, при якому енергія найбільших хвиль буде цілковито поглинута на міліні і подальше руйнування берега призупиниться. Рішення про недоцільність проведення захисних заходів приймається якщо берег не є цінним тепер і не буде таким в найближчому майбутньому. Захисні споруди діляться на пасивні і активні. До споруд пасивного захисту відносяться ті, які безпосередньо стають перешкодою дії на

берег течій та хвиль води. Споруди активного захисту змінюють характер протікання процесів в береговій зоні. Для захисту берегів від розмиву застосовуються берегові стінки із каменю, бетону, залізобетону і сталі, берегові покриття кам'яні, бетонні, залізобетонні і асфальтобетонні, штучні пляжі з піску, насадження рослинності, берегові хвилерізи, буни і різноманітні комбінації цих видів захисту.

2.1.1. Берегові стінки (набережні) проектуються з вертикальною, похилою, ступінчатою і криволінійною зверненою до водойми гранню. Параметри і матеріали для стінок вибираються в залежності від конкретних умов і інтенсивності розмиву. Стінки можуть монтуватись із окремих блоків, формуватись як суцільний масив або мур із каменю. Стінки з вертикальною і нахиленою до  $45^\circ$  часто зазнають підмиву фундаментів і розмиву зворотньої засипки, потребують постійних ремонтів. Цей недолік мають також ступінчаті стінки. Удар хвиль значно пом'якшується при наданні лицевим граням стінки криволінійного профілю. Проте і в цьому випадку не виключається підмив фундаменту. Для запобігання цьому явищу перед стінкою необхідно влаштовувати рисберми у вигляді накиду із каменю або масивів. Для відвернення руйнування стінок внаслідок нерівномірного осідання їх ділять на окремі відсіки наскрізними швами через 10-20 м. Для відвернення підпору ґрунтових вод в тілі берегової стінки проектується дренаж зі зворотним фільтром. Тиск прибійної хвилі на вертикальну стінку берегозахисної споруди розраховується за формулою:

$$p = 1,5 \cdot \gamma \cdot h, \quad (1)$$

на стінку з кутом нахилу до горизонту  $\alpha$

$$p = 0,75 \cdot \gamma \cdot h \cdot (1 + \sin^2 \alpha) \quad (2)$$

і при навкісному підході хвилі з кутом  $\theta$  між променем хвилі і нормаллю до берега

$$p = 0,75 \cdot \gamma \cdot h \cdot (1 + \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \theta), \quad (3)$$

де  $\gamma$  – щільність води, кг/м<sup>2</sup>;

$h$  – висота хвилі, м.

2.2. Здобувачі вищої освіти знайомляться із інтерактивною картою повеней (<https://flood.firetree.net/>)



[Flood Maps](https://flood.firetree.net/)  
flood.firetree.net

та виконують прогнозу оцінку загрози затоплення населених пунктів та руйнування берегів моря під час підняття його рівня (табл. 1) згідно вихідних даних (табл. 2).

Таблиця 1

Прогнозна оцінка загрози затоплення населених пунктів і руйнування берегів моря (варіант згідно табл. 2)

№ з/п	Назва використаного ресурсу	Назва моря	Прогнозна висота підняття рівня моря, м	Можливе затоплення населених пунктів та руйнування берегів моря (так/ні)	Перелік населених пунктів, що можуть бути затоплені під час підняття рівня моря
1	2	3	4	5	6
1.	Інтерактивна карта повеней <a href="https://flood.firetree.net/">https://flood.firetree.net/</a>				

Таблиця 2

Вихідні дані до практичної роботи 2  
на тему «Ознайомлення із способами захисту побережжя від абразивної дії хвиль»

№ з/п здобувача вищої освіти згідно списку журналу групи	Назва моря	Прогнозна висота підняття рівня моря, м
1	2	3
1	Чорне море	0; +5; +9; +13; +30; +60
2	Каспійське море	+1; +6; +9; +20; +40; +50
3	Чорне море	+2; +7; +13; +30; +50; +60
4	Каспійське море	+3; +5; +9; +20; +30; +50
5	Чорне море	+4; +7; +13; +30; +40; +60
6	Каспійське море	0, +5, +8, +13, +30, +60
7	Чорне море	+1; +5; +9; +20; +30; +50
8	Каспійське море	+5; +9; +13; +20; +40; +60

### **Практична робота 3**

## **ОЗНАЙОМЛЕННЯ ІЗ СПОСОБАМИ ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ ВІД ПІДТОПЛЕННЯ**

Мета роботи: Ознайомлення з заходами та спорудами, що використовуються для захисту територій від підтоплення при піднятті рівня ґрунтових вод і утворення верховодки. Освоєння основних засад розрахунку і проектування захисних дренажних споруд.

#### **1. Завдання до практичної роботи 3**

1. Ознайомлення з методами і спорудами захисту територій від підтоплення, умовами їх застосування.

2. Ознайомлення зі схемами і конструкціями основних типів дренажних споруд, умовами їх проектування і застосування.

#### **2. Методика і порядок виконання практичної роботи 3**

2.1 При виконанні першого завдання здобувачі вищої освіти ознайомлюються з причинами і наслідками підтоплення територій, методами і спорудами захисту територій від підтоплення.

2.2. Підтоплення є результатом дії трьох видів води: верховодки, власне ґрунтових вод перших від поверхні водоносних горизонтів і напірних вод.

2.3. Верховодка утворюється над шарами (лінзами) водотривких чи слабопроникливих ґрунтів, що залягають неглибоко від поверхні, над якими в періоди підвищеної водності обумовленої природними або техногенними чинниками накопичуються води, що можуть формувати замкнутий басейн, бути нерухомими або рухатися за нахилом водотривкого шару до місця виходу на поверхню або до водоприймача.

2.4. Рівень води перших від поверхні водоносних горизонтів має тенденцію до зростання в зв'язку з ускладненнями умов фільтрації води, виникнення баражного ефекту при влаштуванні фундаментів, порушенням умов поверхневого стоку, поганою

експлуатацією водних комунікацій, будівництвом гребель і каналів в населених і промислових районах.

2.5. Високий рівень ґрунтових вод і контакт їх з фундаментами в основах будинків і споруд, а також з трубопроводами різноманітного призначення визиває корозійний процес в бетонних, залізобетонних та інших елементах споруд, а також деформації основ під ними, що в свою чергу викликає деформації та руйнування споруд.

2.6. Однією із форм захисту фундаментів і підземних частин будинків та споруд, що знаходяться в зонах підтоплення або капілярного зволоження є гідроізоляція – цементно-піщана (торкретна), асфальтова, обмазочна і оклеєчна, з використанням синтетичних плівок.

2.7. Поряд з гідроізоляцією широко застосовуються водопонижуючі дренажні споруди (рис. 4), які в різноманітних комбінаціях дають можливість збирати і відводити воду від підземних частин будинків та споруд, або здійснювати перехват підземних потоків, направлених до місць, де вони можуть спричинитись до небажаних і шкідливих наслідків (надмірне зволоження ґрунтів, фільтраційні руйнування схилів та укосів).

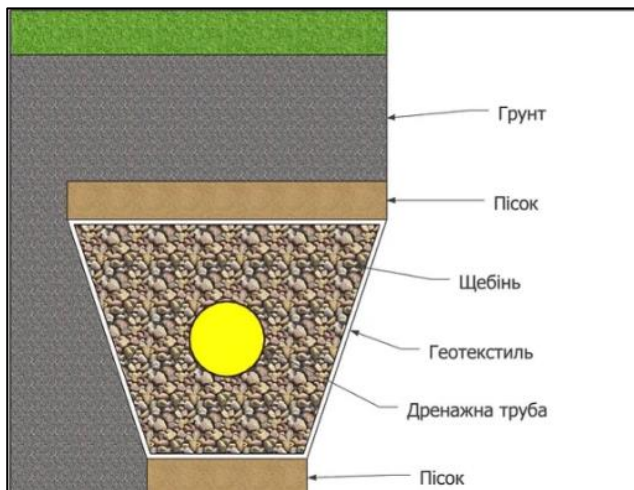


Рис. 4. Водопонижуюча дренажна споруда



2.8. При виконанні другого завдання роботи студенти знайомляться з основними схемами горизонтального і вертикального дренажу довершеного і недовершеного типів.

2.9. У практиці будівництва часто застосовується горизонтальний систематичний дренаж довершеного типу, що закладається на водотривкому шарі при глибині його залягання не більший 5 - 6 м. При більшій глибині залягання водотривкого шару дренаж закладається в водоносному шарі (недовершений горизонтальний дренаж). Дренаж застосовують при інфільтраційному живленні водоносного горизонту. Дренаж виконується із колектора, який відводить воду за межі осушуваної території і дрен, що збирають воду із ґрунту (рис. 5). Вода із дренажу видаляється в залежності від умов рельєфу і глибини закладення дренажу.

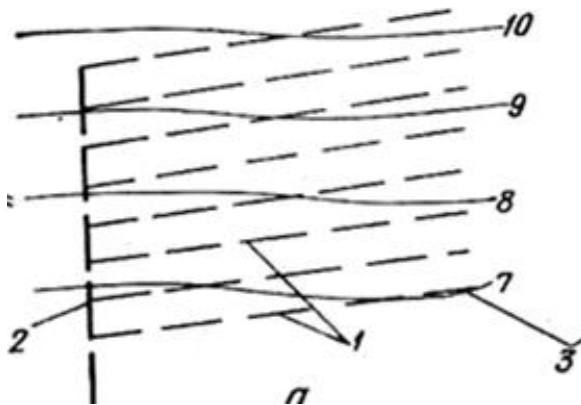


Рис. 5. Схема розміщення дренажу в плані:  
1 – дрени; 2 – колектор; 3 – горизонталі

2.10. При необхідності водопониження на ділянках розташованих нижче області живлення водоносного горизонту (на схилах) застосовується головний горизонтальний дренаж довершеного або недовершеного типу, траса якого прокладається нормально до напрямку потоку ґрунтових вод (рис. 6).

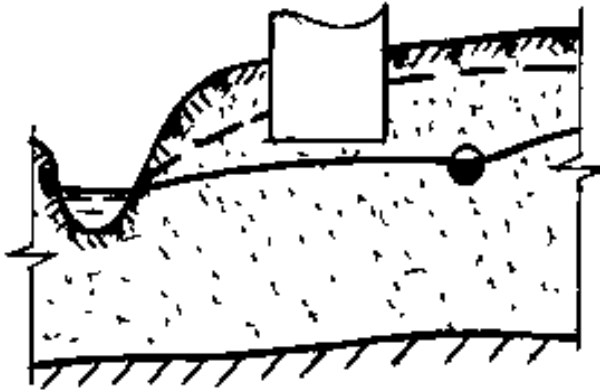


Рис. 6. Головний горизонтальний дренаж

2.11. Захист територій від підтоплення в зв'язку з підвищенням рівня води у відритих водоймах (водотоках) здійснюється з допомогою берегового дренажу (рис. 7).

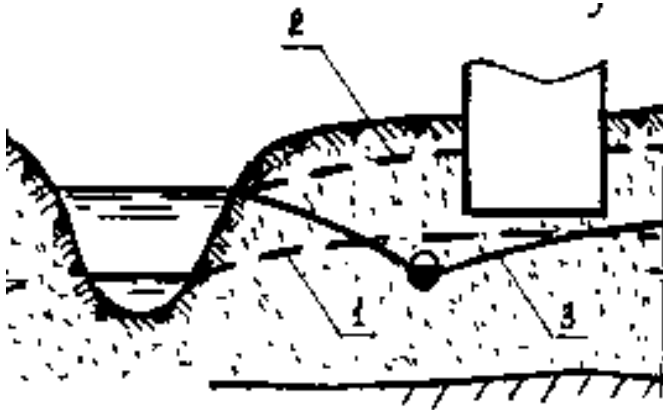


Рис. 7. Береговий дренаж:

**1** – положення РГВ до будівництва водосховища; **2** – положення РГВ після будівництва водосховища; **3** – положення РГВ після будівництва берегового дренажу

2.12. Для захисту окремих об'єктів застосовуються різні види місцевого дренажу, серед яких виділяються пластовий і пристінний

дренажі, дренажні прошарки, наслонний дренаж, каптажі джерел на схилах.

2.13. При глибокому заляганні водотривкого шару і необхідності зниження рівня ґрунтових вод на глибину понад 5 - 6 м, за умов коли спорудження горизонтального дренажу стає складним і дорогим, застосовують вертикальний дренаж доведеного і недоведеного типів. Вертикальний дренаж виконується у вигляді ряду свердловин, розташованих по прямій лінії або по замкнутому контуру. Свердловини обладнуються фільтрами, конструкції яких вибирають в залежності від гідрогеологічних умов. Вода із свердловин відкачується насосами, або перепускається для поглинання в нижче розташовані водоносні горизонти за умови коли ті не мають підпору.

2.14. Якщо осушувана площа має вигляд квадрату або прямокутника, то її приводять до рівновеликої площі кола, радіус якого визначається за формулою:

$$r_o = \sqrt{\frac{F}{\pi}}, \quad (4)$$

де  $r_o$  – радіус рівновеликого кола «великого колодязя», м;

$F$  – площа ділянки, м<sup>2</sup>.

2.15. Кількість свердловин в системі дренажу приймається із розрахунку їх розміщення не ближче 15 м одна від одної. Для попередніх розрахунків можна приймати при дрібнозернистих пісках віддаль між свердловинами 15 - 20 м, при середньозернистих – 20 - 30 м. Довжина фільтрів свердловин (водоприймаюча частина) приймається не більше  $H - S$  ( $H$  – потужність водоносного горизонту,  $S$  – величина водопониження).

#### **Практична робота 4** **ОЗНАЙОМЛЕННЯ ІЗ СПОСОБАМИ ЗАХИСТУ СПОРУД** **В РАЙОНАХ РОЗВИТКУ КАРСТУ**

Мета роботи: Ознайомлення з формами прояву карсту, заходами та спорудами, що використовуються для захисту будинків

та споруд від руйнівних проявів карстового процесу. Освоєння основних засад проектування протикарстових заходів.

## 1.Завдання до практичної роботи 4

1. Ознайомлення з формами прояву карсту, ризиками, що виникають при освоєнні закарстованих територій, методами і спорудами захисту будинків та споруд від проявів сольового, сульфатного та карбонатного карсту.

2. Ознайомлення зі схемами основних типів протикарстових заходів, умовами їх проектування і застосування.

3. Способи конструктивного захисту будинків від карстових провалів.

## 2. Методика і порядок виконання практичної роботи 4

2.1. При виконанні першого завдання здобувачі вищої освіти ознайомлюються з формами розвитку соляного, сульфатного і карбонатного карсту, їх вираженнями на поверхні, умовами освоєння територій розвитку карсту. Розглядаються кари, що являють собою дрібні форми рельєфу – чергування борозн і гребенів, що утворюються на відслоненій поверхні гірських порід внаслідок їх вибіркового розчинення (вилуговування) дощовими і талими водами. Ділянки відслонених порід, поверхня яких покрита карами представляють собою карові поля.

2.2. Найбільш характерними формами прояву карсту є воронки діаметр яких може бути 50 - 100 і більше метрів. Глибина воронок змінюється від 1 до 20 метрів. Кількість воронок, їх розміри на тій чи іншій ділянці характеризують інтенсивність закарстованості порід. Воронки, розташовані на невеликих відстанях одна від одної, можуть сполучатись і утворювати одну видовжену западину – сліпу долину, балку, яр, жолоб, а при великих розмірах – карстову котловину, при дуже великих розмірах – поля.

2.3. Утворення карстових воронок може відбуватися:

1) шляхом вилуговування порід з поверхні по тріщинах з постійним їх розширенням і заглибленням (воронки вилуговування);

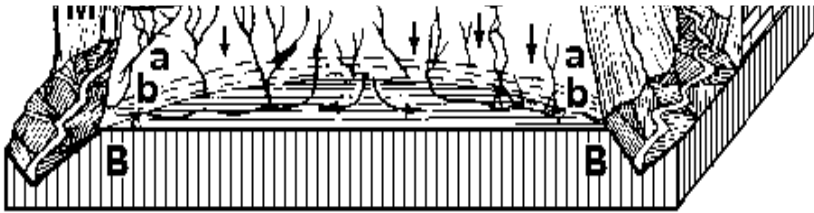
2) при просіданні або провалі порід в результаті завалів склепінь підземних порожнин – печер (провальні воронки);

3) при вмиванні в тріщини і порожнини пухких покрівних утворень (воронки просочування).

Можливі також сполуки і комбінації різних способів утворення карстових воронок.

2.4. Для карстового ландшафту характерні також різноманітні відкриті отвори – понори, гирла природних колодязів і шахт, входи в

Рис. 8. Схема ідеального карстового масиву (за І. Щукіним). А-а – потужна вапнякова товща; В – водотривка порода; П – окремі провалля над порожнинами; Р – понори; М – каньйони; б-б – зона періодичного повного насичення з періодично діючими джерелами; (стрілки вказують напрямки циркуляції підземних вод)



печери, канали та інші підземні порожнини (рис. 8).

2.5. Ступінь закарстованості гірських порід можна оцінювати за показником закарстованості, що виражає відношення обсягів порожнин до обсягу порід в межах якого визначено обсяг порожнин  $Z = v \cdot 100 / V$ . Оцінку ступені закарстованості виконують за даними:

- 1) геоморфологічних спостережень;
- 2) спостережень при проходці гірничих виробок і бурових свердловин;
- 3) геофізичних розвідувальних робіт;
- 4) спостережень і безпосередніх вимірів карстових порожнин у відслоненнях і в самих карстових порожнинах;
- 5) спеціальних гідрогеологічних і гідрологічних спостережень;
- 6) дослідних фільтраційних і дослідних цементаційних робіт;
- 7) спостережень за деформаціями споруд.

2.6. Для кількісної оцінки закарстованих територій рекомендується також визначати:

- а) середньорічну кількість провалів на одиницю площі;
- б) середньорічну враженість карстовими провалами.

Середньорічну кількість карстових провалів на одиницю площі (випадки/ км<sup>2</sup> · рік), розраховують за формулою

$$P = \frac{n}{F \cdot t}, \quad (5)$$

де  $n$  – число провалів, зафіксованих на площі  $F$  за період часу  $t$ .

Середню повторюваність провалів, що проявляється через певний проміжок часу на площі 1 км<sup>2</sup> проявляється 1 провал, визначають за формулою

$$T = \frac{1}{P} = F \cdot t. \quad (6)$$

Середню враженість території карстовими провалами визначають за формулою

$$B = \frac{\sum f \cdot 100}{F \cdot t}, \quad (7)$$

де  $\sum f$  – сума площ провалів, що утворились на площі  $F$  за проміжок часу  $t$ .

2.7. Середню кількість провалів, їх повторюваність і середню враженість ними територій за проміжок часу  $t$  доцільно визначати тільки в районах розвитку карсту в соляних і сульфатних відкладах, в яких карст розвивається зі швидкістю, що порівнюється в часі з строками будівництва і експлуатації споруд, історією людства. В карбонатних відкладах карст, як правило, розвивається зі швидкістю, що вимірюється геологічними мірами часу, а тому показники враженості карстовими формами слід розглядати без відношення до часу.

2.8. При оцінці територій з точки зору придатності їх для будівництва виділяють:

1) території стійкі і відносно стійкі, в межах яких розчинні породи слабокарстовані і середньорічне число провалів на площі 1 км<sup>2</sup> не перевищує 0,01, а також такі де слабокарстовані породи залягають на глибині понад 10 м і перекриті щільними і стійкими породами. При плануванні забудови таких територій їх карстованість можна не враховувати;

2) території з дещо зниженою стійкістю, де розчинні породи мають підвищену карстованість, середньорічне число провалів на площі 1 км<sup>2</sup> досягає 0,01 - 0,05, товщина покрівних відкладів мала або недостатня порівняно з товщиною активної зони споруд. Рекомендується обмежувати висоту будинків і щільність житлової забудови до 20%;

3) території недостатньо стійкі характеризуються підвищеною карстованістю порід, де середньорічне число провалів та осідань поверхні досягає 0,05 - 0,1 і вони проявляються часто. Будівництво будинків висотою до 5 поверхів тільки у виключних випадках, при спеціальних обґрунтуваннях можливості їх будівництва. Щільність житлової забудови до 10%;

4) території нестійкі, де розчинні породи мають підвищену карстованість, часті провали і осідання поверхні. Будівництво капітальних будинків і споруд не допускається.

2.9. Найбільш поширеними загрозами для будинків та споруд в карстових районах є провали і просідання. Характерними особливостями карстових провалів, які необхідно враховувати при проектуванні, є наступні:

1) велика швидкість їх проявів в основах споруд або на поверхні землі (в більшості випадків провали утворюються майже миттєво);

2) розміри і форми провалів змінюються в часі

3) час прояву обвалів прогнозувати складно;

4) діаметри карстових провалів можуть змінюватись від кількох метрів до кількох десятків метрів (рідко – сотень метрів), а глибини – до кількох метрів (рідко – десятків метрів).

Особливостями впливу карстових провалів на споруди є те, що розміри провалу в плані в основі споруди по різному діють на характер впливу (типу відказу) і на масштаб його наслідків.

2.10. Особливістю карстових просідань є наступне:

- 1) просідання утворюються майже моментально;
- 2) розміри просідань незначно змінюються в часі;
- 3) існує невизначеність в просторі і часі стосовно виникнення просідань.

2.11. Вибір протикарстових заходів проводять залежно від конкретних особливостей інженерно-геологічних умов будівельного майданчику: типу карсту (карбонатний, сульфатний, соляний), глибини залягання розчинних порід, ступеню їх закарстованості і обводненості, а також типу споруди, що проектується.

2.12. Найбільш поширені схеми протикарстового захисту:

- 1) планування територій з регулюванням поверхневого стоку;
- 2) дренажування і каптаж обводнених порід;
- 3) штучне ущільнення і закріплення порід;
- 4) влаштування протифільтраційних завіс;
- 5) влаштування опор (фундаментів) на породах, що не карстуються;
- 6) різноманітні конструктивні заходи на спорудах, що проектуються для розміщення в карстових зонах.

2.13. Серед конструктивних заходів часто застосовується регулювання глибини закладання фундаментів, що дає можливість змінювати глибину поширення в закарстовані породи додаткових напруг від споруд (активна зона), з цією метою влаштовуються також подушки із щебеню, бетону і залізобетону.

2.14. Важливим конструктивним заходом є армування споруд для надання їм більшої монолітності і твердості, що досягається влаштуванням залізобетонних поясів по обрізу фундаментів і в міжповерхових перекриттях.

## **Практична робота 5**

### **ОЗНАЙОМЛЕННЯ ІЗ СПОСОБАМИ ОСВОЄННЯ БОЛІТ І ЗАБОЛОЧЕНИХ ТЕРИТОРІЙ**

Мета роботи: Ознайомлення зі складом і властивостями болотних відкладів, особливостями будівництва споруд на болотах і заболочених територіях, господарським використанням цих територій.



## 1. Завдання до практичної роботи 5

1. Ознайомлення зі складом і властивостями болотних відкладів.

2. Принципи освоєння боліт і заболочених територій.

### 2. Методика і порядок виконання практичної роботи 5

2.1. При виконанні першого завдання здобувачі вищої освіти ознайомлюються зі складом і властивостями болотних відкладів із яких найбільш характерним і визначальним є торф. Крім торфу і теригенного піщано-глинистого матеріалу в складі болотних відкладів переважають мули – органічний і мінеральний. Органічний мул під впливом діагенезу утворює сапрпель, який в умовах природнього залягання перебуває у в'язко-текучому або пластичному стані, має високу вологість (сотні і тисячі відсотків). У залежності від складу мінеральних домішок сапрпелі можуть бути піщаними, глинистими, вапняковими; при вмісті діатомових водорослів – діатомовими, а інших залишків рослин – тонко- або грубодетритовими. Щільність орґано-мінеральної складової сапрпелів змінюється в залежності від вмісту орґанічних речовин від 1400 - 1500 до 2400 - 2650 кг/м<sup>3</sup>. Щільність сапрпелів природньої вологості і складу мала і звичайно змінюється від 150 -250 до 500 - 600 кг/м<sup>3</sup>. Коефіцієнт пористості досягає значень від 5 до 30. Границя пластичності – від 100 - 120 до 250 - 350%, границя текучості від 200 - 300 до 500 - 800%, число пластичності від 100 - 150 до 300 - 400%. В умовах природнього залягання сапрпелі, як правило знаходяться в рідкому і в'язко-текучому стані, слабо-водопроникні і дуже вологоємні. Відповідно несуча спроможність їх вимірюється 1 - 10 Па.

2.2. Найбільш характерним типом болотних відкладів є торф. Це порода орґанічного генезису, що утворюється в болотах і на заболочених ділянках у результаті накопичення та розкладу орґанічних залишків, головним чином рослинних, і має домішки піщано-глинистого матеріалу. Відповідно нормативних документів торфом називається порода, що має понад 60% рослинних залишків. Породи, що вміщують від 10 до 60% рослинних залишків називаються заторфованими.

2.3. Умови використання і будівництва на болотах у значній степені визначається їх структурою, яка визначається:

- а) товщиною болотних відкладів і особливо товщиною лінз, шарів і залягання торфу;
- б) складові консистенцією торфу та інших болотних відкладів;
- в) рельєфом мінерального дна боліт.

2.4. Виділяють три типи боліт:

**I - й тип** – товщина болотних відкладів незначна (< 3 м), торф стійкої консистенції з несучою спроможністю понад 0,025 МПа і може бути частково або повністю видалений (виторфування), рельєф мінерального дна спокійний;

**II - й тип** боліт характеризується відносно невеликою (< 5 - 6 м), товщиною болотних відкладів, але торф на болотах цього типу нестійкої консистенції з несучою спроможністю від 0,01 до 0,025 МПа. Це так зване багно або дряговина чи трясовина. Рельєф мінерального дна таких боліт відносно спокійний.

**III - й тип** боліт має товщину болотних відкладів понад 6 м нестійкої консистенції часто з розташуванням на них шару води; несуча спроможність їх не перевищує 0,01 МПа. Ці болота утворюються переважно в результаті заболочування водоймищ. Рельєф дна в них частіше всього нерівний з наявністю похованих схилів значної крутості.

2.5. При виконанні другого завдання роботи здобувачі вищої освіти повинні засвоїти, що будівництво на заболочених територіях, як правило, має виконуватися після їх осушення, а інколи після планування відсіпкою або намивом глинистих, піщано-гравійно-галечних і щебенистих ґрунтів. Таким чином непридатні для забудови заболочені території перетворюються в придатні для забудови великими житловими масивами і промисловими закладами, проте слід враховувати, що умови будівництва капітальних споруд на спланованих і осушених територіях залежать також від особливостей складу, стану і властивостей порід мінерального дна боліт.

2.6. Болота і заболочені ділянки часто неможливо обійти при прокладці лінійних споруд – доріг, трубопроводів, ліній електропередач. Основні вимоги при проектуванні лінійних споруд на болотах: а) має бути забезпечена надійність основ; б) встановлена і по можливості знижена величина осідання; в) забезпечено закінчення інтенсивної частини осідання в заданий

термін; г) виключені недопустимі пружні деформації насипів при русі транспорту. Насипи для полотна доріг в залежності від типу заболоченості, виду і значення комунікацій можуть влаштовуватись за різними схемами, що передбачають доведення насипу до мінерального дна, або ущільнення болотних відкладів.

2.7. Для використання боліт і заболочених ділянок в різних цілях осушення їх є найважливішим заходом. Основною метою осушення для різних видів будівництва є зниження рівня ґрунтових вод і обмеження притоку на ділянку поверхневих і підземних вод, що забезпечує сприятливі умови для виконання будівельних робіт, підвищує стійкість і несучу спроможність ґрунтів, захист підземних частин споруд від агресивної дії підземних вод і затоплення. Осушення територій в цьому випадку є також заходом, що попереджує і обмежує розвиток небезпечних геологічних процесів. При інженерній підготовці територій осушення виконується на значну глибину і разом з регулюванням поверхневого стоку і плануванням території. Головна мета осушення при підготовці боліт і заболочених територій для сільськогосподарського виробництва – вибавлення від надлишкового зволоження, зміна водного режиму ґрунтів і підґрунтових горизонтів для створення оптимальних умов родючості ґрунтів. Таке осушення поєднується з регулюванням стоку поверхневих вод і з певними агротехнічними заходами.

2.8. При підготовці територій для різних цілей частіше всього осушення земель проводиться за схемою, що передбачає влаштування вибіркової мережі постійних магістральних (тальвегових), нагірних і уловлюючих канав і тимчасових осушувачів, борозн, кротовин, кротових і щілинних дрен. Така система виключає застосування густої мережі відкритих дрен при одночасному забезпеченні відведення надлишку вод з одних ділянок і регулювання стоку на інших (рис. 9).

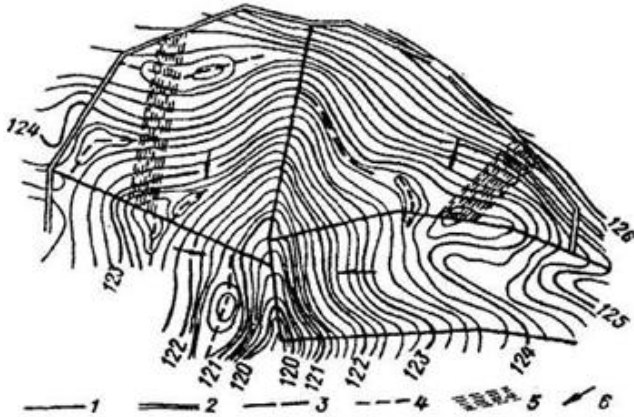


Рис. 9. Схема вибіркового осушення заболочених ділянок:  
**1** - магістральні (тальвегові) канали; **2** - нагірні канали; **3** - уловлюючі канали; **4** - тимчасові канали - осушувачі; **5** - кротовий дренаж; **6** - напрямки оранки

## Практична робота 6 ОЗНАЙОМЛЕННЯ ІЗ СПОСОБАМИ ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ ТА СПОРУД ВІД РУЙНІВНИХ ПРОЯВІВ СХИЛОВИХ ГРАВІТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Мета роботи: Ознайомлення з особливостями розвитку схилових гравітаційних процесів (зсувів, обвалів, селів) на забудованих територіях, методами оцінки зсувної небезпеки, розрахунками стійкості схилів, методами захисту територій, будинків та споруд від зсувів, обвалів та селів.

### 1. Завдання до практичної роботи 6

1. Ознайомлення з особливостями розвитку схилових гравітаційних процесів (зсувів, обвалів, селів) на забудованих територіях.

2. Ознайомлення з заходами і спорудами інженерного захисту територій, будинків та споруд від зсувів, обвалів та селів.

### 2. Методика і порядок виконання практичної роботи 6

2.1. При виконанні першого завдання здобувачі вищої освіти ознайомлюється зі схемами будови схилів як найбільш динамічних ділянок поверхні землі, на яких постійно проявляється нівелюючий ефект гравітаційних сил. Схили виступають як поєднуючі ланки між різними рівнями і ділянками поверхні, по яких відбувається масопереніс з верхніх на більш низькі рівні. У загальних рисах динаміка схилів виражається в постійному порушенні внутрішніми і зовнішніми впливами відповідності напруженого стану присхилових масивів міцності порід, що складають ці масиви, приведення їх у відповідність шляхом природного саморегулювання.

2.2. Важливим чинником, що діє скрізь є діяльність людини – техногенез. Проте його вплив на схили, на розчленування поверхні є різним – одні види діяльності людини прямо чи опосередковано ведуть до вирівнювання форм рельєфу, виположування схилів, інші, навпаки, створюють нерівності, збільшують густину та глибину розчленування поверхні.

2.3. Перепади висот, градієнти схилів, конфігурація їх поверхні, фізико-механічні властивості порід, що приймають участь в будові присхилового масиву, внутрішні і зовнішні впливи визначають загалом напружений стан масиву.

2.4. Загальний вигляд оповзонебезпечних схилів має ряд характерних ознак, за якими можна встановити, що схили перебувають в нестійкому стані. В місцях відривання маси порід утворюється серія концентричних тріщин, котрі зорієнтовані вздовж схилів. За рахунок тиску оповзаючих порід утворюються вали витискування. Між валами часто накопичуються поверхневі води, котрі призводять до заболочення схилів. Часто ознакою оповзання є терасованість схилів, «п'яний ліс» та розірвані стовбури дерев. На оповзневих схилах будинки деформуються, в них утворюються тріщини, котрі мають найбільше розкриття в нижній частині споруди.

2.5. Для виникнення оповзів необхідні певні умови. Серед них для схилів найбільше значення мають: висота, крутизна та форма, геологічна будова, властивості порід, гідрогеологічні умови.

Стійкість схилу в значній мірі залежить і від характеру циркуляції підземних вод в його масиві. Часто саме дія підземних вод є найбільш істотним фактором зміщення земляних мас на схилі.

Круті опуклі та нависаючі схили частіше піддаються оповзанню, ніж пологі.

Велике значення при утворенні оповзів мають геологічна будова та літологічний склад порід схилів. Найчастіше оповзи утворюються при падінні пластів у бік схилу. Типовими оповзовими породами вважають різні глинисті відклади, для котрих характерна властивість «повзучості». Дуже часто оповзи пов'язані з лесовими породами, особливо в місцях виходів підземних вод.

2.6. Існує цілий ряд методів розрахунку стійкості схилів. Ці методи часто дуже складні, вимагають спеціальних досліджень та значних затрат.

Оповз схилу відбуваються у вигляді сковзання (рис. 10). Поверхня, по якій відривається і сковзає вниз тіло оповза, називається **поверхнею сковзання**. В однорідних глинистих породах ця поверхня, як правило, плавна, близька до циліндричної, в неоднорідних - плоска, хвиляста або ламана (тут дає себе знати шаруватість).

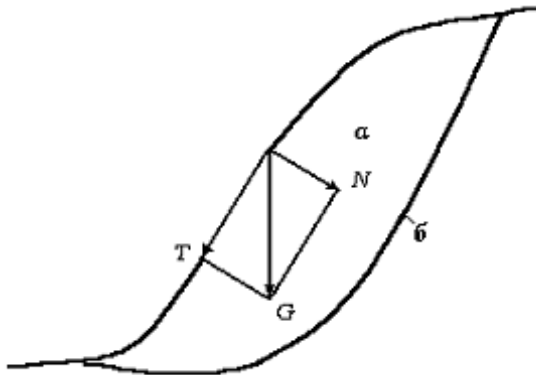


Рис. 10. Схема оповза:  
а – тіло оповза, б – поверхня сковзання

Ступінь стійкості схилу визначається співвідношенням сил, котрі прагнуть зіштовхнути масу порід вниз по схилу та сил, котрі

утримують гірничі маси. Стійкість земляних мас на схилах виражається рівнянням

$$T = N \cdot \operatorname{tg} \varphi + C \cdot F, \quad (8)$$

де  $T$  – зіштовхуюча складова ваги масиву;  $N$  – нормальна складова ваги;  $F$  – поверхня сковзання оповза;  $C$  – зчеплення;  $\operatorname{tg} \varphi$  – коефіцієнт внутрішнього тертя (з визначенням цих параметрів ми познайомимось дещо пізніше при вивченні механічних властивостей інженерних ґрунтів).

Ступінь стійкості схилу визначається коефіцієнтом стійкості ( $K_{cm}$ )

$$K_{cm} = N \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{C \cdot F}{T}. \quad (9)$$

Чисельник складає суму сил, котрі створюють опір виникненню оповза, в знаменнику – зіштовхуючі сили.

Опір оповзу створюють зчеплення та внутрішнє тертя порід. До зіштовхуючих сил відносять вагу маси породи, розташованих на ній будов та споруд, гідростатичний та гідродинамічний тиск підземних вод тощо.

При  $K_{cm} > 1$  схил знаходиться в стійкому стані; при  $K_{cm} = 1$  цей стан називають граничною рівновагою, тобто за певних умов оповз може відбутись; якщо  $K_{cm} < 1$  – схил нестійкий, відбувається оповзання.

2.8. Варто розглянути ще один досить простий спосіб визначення стійкості схилу.

Допустимо, що породи, які складають частину природного схилу, знаходяться в стані граничної рівноваги і зміщення порід відбувається по циліндричній поверхні  $ABEC$ , описаної радіусом  $R$  з точки  $O$  (рис. 11).

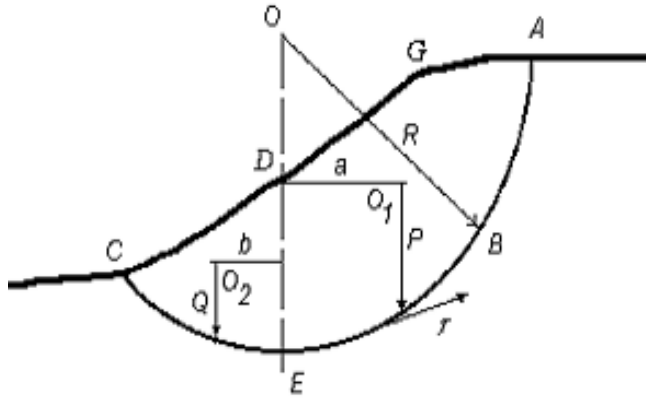


Рис. 11. Схема оповзання

Припустимо при цьому, що опір породи оповзанню залежить лише від сил зчеплення. Проведемо з точки  $O$  перпендикуляр  $OE$ , котрий розділить оповз на дві частини: справа виявиться частина, котра сповзає (активна), а зліва – частина, котра виштовхується (пасивна частина). На оповзаючий масив діють такі сили:  $P$  – вага активного масиву  $DGABE$  з центром  $O_1$ ;  $Q$  – вага пасивного масиву з центром ваги  $O_2$ ;  $\tau$  – опір зсуву на одиницю поверхні сковзання, який визначається лише силами зчеплення;  $\sum \tau \cdot R$  – опір зсуву по всій поверхні сковзання  $ABEC$ .

В рівнянні моментів сил додатними будуть моменти, котрі обертають систему за годинниковою стрілкою, а від’ємними – моменти, що обертають систему в протилежному напрямку:

$$P \cdot a - Q \cdot b - \sum \tau \cdot R = 0, \quad (10)$$

де  $a$  – плече сили  $P$  відносно точки  $O_1$ ;

$b$  – плече сили  $Q$  відносно точки  $O_2$ .

Наведене рівняння визначає стан граничної рівноваги. Збільшення навантаження на правій частині оповза, тобто на поверхні  $AGDEB$ , призведе до сповзання оповза. Збільшення ж навантаження на поверхні  $DEC$  збільшить стійкість схилу, тому що зросте значення моменту сили  $Qb$ , яка протистоїть сповзанню.



2.9. Для того, щоб схил став нестійким і земляні маси почали оповзати, необхідний певний додатковий вплив. Цей вплив може бути за рахунок як природних процесів, так і за рахунок господарської діяльності людини. Ряд дослідників вважають, що причинами оповзів можуть слугувати три групи процесів:

1) Процеси, котрі змінюють форму та висоту схилу: коливання базису ерозії річок, ярів; руйнуюча робота хвиль та текучих вод; підрізання схилів штучними виїмками;

2) Процеси, що призводять до зміни будови і фізико-технічних властивостей порід, котрі складають схил: погіршення фізико-технічних властивостей за рахунок процесів вивітрювання; погіршення фізико-технічних властивостей порід за рахунок зволоження їх під-земними, дощовими, талими та господарськими водами; погіршення фізико-технічних властивостей за рахунок їхнього зміщення; погіршення фізико-технічних властивостей порід за рахунок вилугування з них водорозчинних солей та винесення часток водою з утворенням в породі пустот та ніш (суфозія);

Процеси, котрі створюють додатковий тиск на породи, що складають схил: гідродинамічний тиск при фільтрації води в бік схилу; гідростатичний тиск води в тріщинах та порах породи; штучні ста-тичні та динамічні навантаження на схил; сейсмічні явища.

2.10 .Всі заходи боротьби з оповзами можна поділити на пасивні та активні.

**Пасивна** боротьба включає в себе профілактичні заходи, котрі забороняють ті чи інші дії. Забороняється:

- підрізати оповзонебезпечні схили;
- будувати споруди схилах та біля їхніх брівок;
- проводити вибухові і гірничі роботи поблизу оповзонебезпечної зони;
- швидкий рух транспорту; знищення рослинності на схилах; поливання земельних ділянок та скидання на схили поверхневих або підземних вод.

Всі ці заходи скеровані на збереження стійкості схилів і в деяких випадках навіть можуть припинити невеликі переміщення.

**Активні** заходи – це зведення інженерних споруд та спеціальні роботи по закріпленню оповзового схилу або відкоосу виїмки. Ці заходи поділяють на 4 групи:

- 1) боротьба з процесами, котрі викликають оповзання;
- 2) утримання оповзаючих земляних мас;
- 3) збільшення опору порід зсовуючому зусиллю;
- 4) знімання оповзових мас до стійких порід.

**До першої групи** відносять заходи, скеровані проти руйнівної роботи морських хвиль та річкової ерозії, замочування схилів та відкосів виїмок підземними та поверхневими водами. Поверхневі води відводять нагірними канавами і скидають їх в безпечне місце. Боротьба з підземними водами часто вимагає великих матеріальних затрат. В основному вона полягає в будівництві дренажів, хоча інколи доводиться проходити і штольні.

**До заходів другої групи** відноситься влаштування підпірних стінок, паль-шпонок тощо. Палі-шпонки – це залізобетонні, металеві, інколи дубові стовпи, вставлені в попередньо пробурені на оповзі свердловини. Нижня частина цих паль входить в стійку частину схилу і утримує тіло оповза. Часто йдуть на привантажування ґрунтом нижньої частини схилу і виположують його.

**Третя група заходів** використовується рідко. Сюди відносяться силікатизація, цементування, електрохімічні способи закріплення земляних мас тощо.

Знімання оповзових мас – метод дуже хороший, але і дуже дорогий. Його застосовують при невеликих оповзових тілах. Інколи тіло оповза змивають гідромоніторами.

## **Практична робота 7**

### **ОЗНАЙОМЛЕННЯ ІЗ СПОСОБАМИ ЗАХИСТУ БУДИНКІВ ТА СПОРУД В РАЙОНАХ ПОШИРЕННЯ ПРОСІДНИХ (ЛЕСОВИХ) ГРУНТІВ**

Мета роботи: Ознайомлення з формами прояву просідних властивостей ґрунтів, заходами та спорудами, що використовуються для захисту будинків та споруд, що розташовуються на територіях поширення ґрунтів з просідними властивостями. Освоєння основних засад проектування основ будинків та споруд на просідних ґрунтах.

## 1. Завдання до практичної роботи 7

1. Ознайомлення з ознаками і властивостями просідних (лесових) ґрунтів, методами визначення величин, що визначають здатність ґрунтів до просідання, формами прояву просідних властивостей ґрунтів, ризиками, що виникають при освоєнні територій поширення ґрунтів схильних до просідання при замочуванні під власною вагою і при додатковому навантаженні.

2. Ознайомлення зі схемами основних типів заходів, що застосовуються для забезпечення стійкості будинків та споруд на просідних ґрунтах, умовами їх проектування і застосування.

3. Методи запобігання негативним впливам просідних властивостей ґрунтів, методи проектування основ будинків та споруд на територіях поширення ґрунтів з просідними властивостями.

## 2. Методика і порядок виконання практичної роботи

2.1. При виконанні першого завдання здобувачі вищої освіти ознайомлюються з характерними і доволі стійкими ознаками і властивостями просідних ґрунтів, з яких для інженерно-геологічної оцінки особливо важливі:

- 1) макропористість;
- 2) висока пилуватість;
- 3) високий вміст солей переважно сульфатних і карбонатних;
- 4) легка розмивність та розчинність;
- 5) схильність до просідання при зволоженні;
- 6) умови залягання у вигляді потужних товщ і покривів.

Найважливішою із цих ознак є макропористість.

2.2. Просідання лесів при замочуванні і при додатковому навантаженні відбувається досить швидко ніби миттєво, нерівномірно за величиною на окремих ділянках. При будівництві на лесах завжди виникає проблема зміни їх режиму зволоження. Середня природна вологість лесів, як правило, не перевищує 20 - 25%, діапазон змін від 5 - 6% до 30 рідко до 35%. Коефіцієнт водонасиченості лесових порід не перевищує 0,3 , рідше 0,6 - 0,7.

2.3. Просідання ґрунтів основ при збільшенні їх вологості внаслідок замочування зверху великих площ, а також при

замочуванні знизу при піднятті рівня ґрунтових вод визначається за формулою:

$$S_{sl} = \sum \varepsilon_{sl,i} \cdot h_i \cdot k_{sl,i}, \quad (11)$$

де  $\varepsilon_{sl,i}$  – відносна просідність  $i$ -го шару ґрунту;

$h_i$  – товщина  $i$ -го шару ґрунту;

$k_{sl,i}$  – коефіцієнт, який при ширині смуги навантаження  $b > 12$  м приймається рівним 1 для всіх шарів ґрунту в межах зони просідання, а при ширині від 3 до 12 м – визначається за формулою

$$k_{sl,i} = 0,5 + 1,5(p - p_{sl,i}) / p_o, \quad (12)$$

де  $p$  – середній тиск під подошвою фундаменту, кПа (кгс/см<sup>2</sup>);

$p_{sl,i}$  – початковий просідний тиск, кПа (кгс/см<sup>2</sup>);

$p_o$  – тиск, що дорівнює 100 кПа (1 кгс/см<sup>2</sup>);

2.4. Відносна просідність ґрунту  $\varepsilon_{sl}$  визначається на основі випробувань зразків ґрунту на стиск без можливості бокового розширення за формулою:

$$\varepsilon_{sl} = \frac{(h_{n.p} - h_{sat.p})}{h_{n.g}}, \quad (13)$$

де  $h_{n.p}$  і  $h_{sat.p}$  – висота зразка відповідно природної вологості і після його повного водонасичення під тиском, що дорівнює нормальній напрузі на заданій глибині від додаткового навантаження і власної ваги ґрунту;

$h_{n.g}$  – висота тогож зразка природної вологості при навантаженні від власної ваги.

2.4.1. Відносну просадність ґрунту при неповному водонасиченні визначають за формулою:

$$\varepsilon_{sl}^1 = 0,01(w_{sat} - w)/(w_{sat} - w_{sl}) + \varepsilon_{sl}(w - w_{sl})/(w_{sat} - w_{sl}), \quad (14)$$

де  $w$  – вологість ґрунту;

$w_{sat}$  – вологість ґрунту, що відповідає його повному водонасиченню;

$w_{sl}$  – початкова просідна вологість як мінімальна вологість при якій проявляються просідні властивості ґрунтів.

2.4.2. За початковий просідний тиск  $P_{sl}$  приймається тиск, що відповідає:

- при лабораторних випробуваннях ґрунтів в комприсійних приладах – тиску, при якому відносна просідність  $\varepsilon_{sl}$  дорівнює 0,01;

- при польових випробуваннях штампами попередньо замочених ґрунтів – тиску, що дорівнює межі пропорційності на графіку «навантаження – осідання»;

- при замочуванні ґрунтів в дослідних – вертикальній напрузі від власної ваги ґрунту на глибині, починаючи з якої відбувається просідання ґрунту від власної ваги.

2.4.3. Товщина зони просідання  $h_{sl}$   $h_{si,p}$  приймається рівною: товщині верхньої зони просідання ґрунту від зовнішнього навантаження, при цьому нижня межа цієї зони відповідає глибині, на якій напруга від зовнішнього тиску мінімальна але перевищує початковий просідний тиск; товщині нижньої зони просідання при визначенні просідання ґрунту від власної ваги, тобто починаючи з глибини, на якій напруги дорівнюють початковому просідному тиску.

2.4.4. До просідних ґрунтів відносяться ґрунти з коефіцієнтом водонасичення меншим 0,6, а значення  $(e_o - e_m)/(1 + e_o)$  більше або дорівнює – 0,1, де  $e_o$  – коефіцієнт пористості ґрунту при природній вологості,  $e_m$  – коефіцієнт пористості того ж ґрунту при вологості на межі текучості.

2.4.5 Ґрунтові умови майданчиків, складених просідними ґрунтами в залежності від можливості прояву просідання ґрунтів від власної ваги діляться на два типи:

**I - й тип** – просідання від власної ваги при замочуванні не перевищує 5 см;

**II - й тип** – просідання від власної ваги перевищує 5 см.

При виконанні другого завдання роботи здобувачі вищої освіти ознайомлюються з досвідом освоєння під забудову просідних ґрунтів. Основні заходи з забезпечення стійкості споруд полягають в:

а) пристосовленні споруд до природного стану ґрунтів, що полягає у виборі конструкцій, які відповідають несучій здатності ґрунту і конструкцій малочутливих до деформацій;

б) виборі відповідних конструкцій фундаментів;

в) підготовці ґрунтів, зміни їх властивостей шляхом замочування, трамбування, віброущільнення, ущільнення влаштуванням ґрунтових паль, хімічними, тепловими і електричними впливами.

2.5. Важливими заходами є заходи з попередження замочування лесових ґрунтів, які включають:

а) планування будівельних майданчиків і відвід з них дощових і талих вод;

б) влаштування ізоляційних покриттів навколо будинків та споруд, в середині їх, по дну і укосах канав, каналів;

в) прокладання водонесучих комунікацій у водонепроникних лотках;

г) компонування положення будинків, споруд і підземних комунікацій таким чином щоб втрати води не вливали на стан ґрунтів в основах споруд.

З метою передачі навантаження від будинків та споруд на нижче розташовані непросідні ґрунти застосовується прорізання лесових порід глибокими фундаментами, прорізання може бути повним або частковим глибокими фундаментами або палями.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ЕЛЕКТРОННІ РЕСУРСИ

1. 01-05-36 Мельничук В. Г. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Інженерна геодинаміка» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 103 «Науки про Землю» (освітня програма «Геологія») денної форми навчання. Рівне : НУВГП, 2019. 96 с.
2. Графічні додатки: «Звіт про геолого-екологічні дослідження. Роботи по вивченню сучасних екзогенних процесів. Вивчення сучасних екзогенних геологічних процесів на території Волинської та Рівненської областей» / Бровко Г. І., Неглядюк К. А., Халанчук Л. С., Савчук О., Пересадько І., Туручко Л. І. Київ : Державна геологічна служба України, Північне державне регіональне геологічне підприємство «Північгеологія», Рівненська геологічна експедиція, 2001-2006. 15 с.
3. 01-05-221S Мельничук В. Г., Бадинський Л. О. (2023) Силабус навчальної дисципліни «Інженерна геодинаміка» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Геологія», спеціальності 103 «Науки про Землю». [Силабус].
4. 01-05-14 Мельничук В. Г. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Інженерна геодинаміка» для студентів спеціальності 103 «Науки про Землю». Рівне : НУВГП, 2017. 29 с.
5. ДБН В.1.1-24:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування / керівник розробки Я. Й. Червінський, співавтор Г. Г. Стріжельчик. К. : Укрархбудінформ, 2010. 89 с.
6. ДСТУ Б А.2.4-13:2009. СПДБ. Умовні графічні зображення та умовні позначки в документації з інженерно-геологічних вишукувань. К., 2009. 37 с.
7. Демчишин М. Г. Техногенні впливи на геологічне середовище території України. К. : Наукова думка, 2004. 205 с.
8. Методичні рекомендації з оцінки дії дренажних систем при зміні їх технічного стану. Сапсай Г. І., Бадинський Л. О., Величко С. В.

Київ-Рівне : НУВГП, 2011. 19 с.

### Електронні ресурси

9. Державна геологічна служба України. URL: <https://www.geo.gov.ua/>.
10. Кодекс України про надра від 27.07.1994 р. URL: <https://tax.gov.ua/arhiv/podatкова-baza-do-nabrannya-chinnostipodatkovim-kodeksom/normativno-pravova-baza/kodeksi->
11. Інформаційний портал «Гео-Рівне». URL: <https://geo-rivne.com/repozutoriy>.
12. Наукова бібліотека АН України ім. Вернадського. URL: <http://www.nbu.gov.ua>.
13. Цифровий репозиторій НУВГП. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/view/divisions/kaf=5Figg/>.
14. Міжнародна стратиграфічна шкала. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F#/media/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:ISC\\_uk.png](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F#/media/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:ISC_uk.png).