

624, 110851

B 12

Міністерство освіти України  
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

І.І.Ваганов, І.В.Маєвська, М.М.Попович

ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ  
Геологічні процеси, ґрунтознавство  
Частина II

Вінниця ВДТУ 1997

Міністерство освіти України  
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

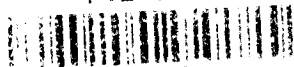
І.І.Ваганов, І.В.Маєвська, М.М.Попович

ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ  
Геологічні процеси, ґрунтознавство

Частина II

Затверджено Ученою радою Вінницького державного  
технічного університету як навчальний посібник  
для студентів будівельних спеціальностей

НТБ ВДТУ



392155

624.1(075)

В 12

1947

Скажики ІІ. Інж. геологія. С. 1-15

Вінниця ВДТУ 1997

Інженерна геологія. Ч. II. Навчальний посібник.  
/І.І.Ваганов, І.В.Маєвська, М.М.Попович. - В.: ВДТУ, 1997. - 120 с.  
Укр. мовою/.

Посібник написаний відповідно до програми курсу для студентів будівельного профілю. Наведені важливі відомості про Землю, основи мінералогії, петрографії, гідрогеології, ґрунтознавства, тектоніки та історії Землі. Крім теоретичних відомостей, посібник включає практичні рекомендації для визначення мінералів, гірських порід та виконання розрахунково-графічних робіт.

Розрахований на студентів будівельних спеціальностей.

Навчальний посібник з двох частин, нумерація глав, рисунків, таблиць наскрізна.

Іл. 25 Табл. 9. Бібліогр. 14 назв

Рецензенти: В.І.Ільїн, доцент, к.т.н.  
М.Л.Розенфельд, інж.-геолог

392155



## З М І С Т

Природні геологічні процеси.....	4
6. Тектоніка земної кори /ендогенні процеси/.....	4
6.1. Тектонічний рух.....	4
6.2. Геологічні структури.....	II
6.3. Тектоніка літосферних плит.....	14
6.4. Землетруси.....	23
7. Зовнішні геологічні процеси.....	35
7.1. Вивітрювання.....	35
7.2. Геологічна діяльність вітру.....	37
7.3. Геологічна діяльність текучих вод.....	39
7.4. Геологічна діяльність морів, озер та боліт.....	47
7.5. Геологічна діяльність льодовиків.....	51
8. Інженерно-геологічні процеси.....	56
8.1. Ущільнення порід внаслідок збільшення тиску.....	57
8.2. Просадочні явища в лесових ґрунтах.....	57
8.3. Набухання та усадка глинистих ґрунтів.....	63
8.4. Суфозія та карст.....	67
8.5. Морозне здимання.....	70
8.6. Зсуви.....	71
8.7. Зрушення гірських порід.....	75
9. Основи ґрунтознавства.....	77
9.1. Природа ґрунтів та їх склад.....	77
9.2. Фізичні характеристики ґрунтів.....	79
9.3. Будівельна класифікація ґрунтів.....	85
9.4. Будівельні властивості основних ґрунтів.....	91
10. Інженерно-геологічні вишукування.....	96
10.1. Мета та задачі вишукувань.....	96
10.2. Види гідрогеологічних та інженерно-геологічних до- сліджень.....	97
10.3. Етапи, склад та обсяг вишукувань.....	104
10.4. Вплив різних факторів на обсяг та зміст інженерно-геоло- гічних вишукувань.....	106
10.5. Звіт про інженерно-геологічні вишукування. Геологічні карти та розрізи.....	109
10.6. Інженерно-геологічна експертиза.....	114
Список рекомендованої літератури.....	119

## ПРИРОДНІ ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

Під впливом внутрішніх та зовнішніх геологічних сил земна кора та поверхня Землі безупинно змінюються. Взаємодія цих сил відбувається протягом усієї історії земної кори і є одною із діалектичних рис її розвитку. Про безупинний рух земної кори і в наші дні свідчать землетруси, діючі вулкани, наступ моря, підняття материків тощо. Геологічна наука, яка вивчає рух земної кори та геологічні процеси, що змінюють склад, будову та вигляд Землі, називається динамічною геологією.

Природні геологічні процеси поділяються на дві великі групи: ендогенні /грецьк. "ентос" - внутрішньо/, що породжуються внутрішніми силами, та екзогенні /грецьк. "ексо" - зовні/, обумовлені зовнішніми силами. До ендогенних процесів відносяться: магматизм, вулканізм та тектонічний рух. До екзогенних - вивітрювання, геологічна діяльність водних потоків, вітру, діяльність людини та ін.

### 6. ТЕКТОНІКА ЗЕМНОЇ КОРИ /ЕНДОГЕННІ ПРОЦЕСИ/

#### 6.1. Тектонічний рух

Тектоніка Землі /від грецьк. "тектонос" - будувати/ вивчає процеси руху земної кори та деформації, які виникають при цьому. Виділяють три основних види тектонічних рухів: коливальні, складчасті та розривні. Всі види тектонічних рухів взаємно пов'язані і можуть переходити один в одного. Наприклад, складчастий рух може перейти в розривний, що приводить до землетрусу.

К о л и в а л ь н и й р у х - найбільш розповсюджена форма тектонічного руху. Цей рух проявляється у дуже повільному, непомітному для очей, підніманні та опусканні окремих ділянок земної кори під впливом внутрішніх сил Землі та космосу.

Класичною областю вікових піднять є Скандінавія. Найбільша швидкість підняття спостерігається на північних берегах Ботнічної затоки і досягає майже 1 см/рік. За останні 25 тис. років висота підняття склала понад 250м /рис. 6.1/. Про це свідчать п'ять морських терас, з яких сама висока знаходиться на висоті 176 м, сама низька - 55м над рівнем моря. З історії відомо, що в 1620 р. на березі цієї

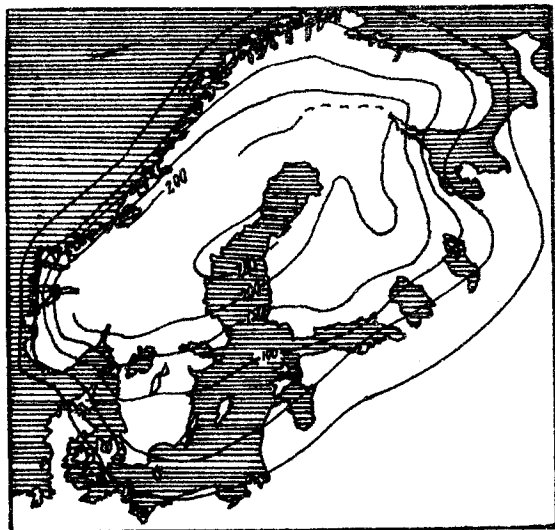


Рис. 6.1. Підняття Скандинавії.  
Ізолінії показують підйом у метрах за останні 25000 років.



Рис. 6.2. Опускання суші Західної Європи.  
Річкові долини річок Ельби, Рейну та ін. затоплені морем.

затоки були збудовані гавань Торкес та причали для прийому великих кораблів, а у 1724 р. у зв'язку з швидким підйомом берега причали опинилися далеко від води. Підраховано, що за рахунок підняття площа Фінляндії збільшується за кожні 100 років приблизно на 7000 км<sup>2</sup>.

У нашій країні підіймаються західні райони зі швидкістю 5-9 мм/рік. Приблизно з такою ж інтенсивністю підіймаються Криворіжжя та Український кристалічний щит.

У той же час на багатьох ділянках Землі спостерігається опускання земної кори. Територія Голландії опускається зі швидкістю 2,5 мм/рік. На цей час 40% її території знаходиться нижче рівня верхньої точки припливу Північного моря і тільки дамби /довжиною 1600 км і висотою до 18 м/ та насосні станції запобігають вторгненню моря на сушу протягом десяти століть.

Трохи повільніше опускається все західне побережжя Європи. На рис. 6.2 штриховими лініями показані затоплені морем річкові долини Ельби, Рейну, Лаури та Гарони.

Відомі окремі ділянки з поперемінними підняттями та опусканнями. Наочним прикладом служить неаполітанська затока. У 1749 р. на березі цієї затоки поблизу Неаполя були знайдені руїни стародавнього храму Юпітера Серапіса, збудованого у 105 р. до н.е. На поверхні трьох 12-метрових колон на висоті від 3,6 до 6,3 м над п'єдесталом збереглися сліди діяльності морських молюсків. Це свідчить про те, що храм занурювався в море до цих відміток. Установлено, що у XVI ст. колони храму вийшли з води, а на початку XIX ст. вони почали занурюватись знову. У 1970 р. п'єдестал колон знаходився на 0,65 м нижче рівня моря, а зараз вони затоплені більш ніж на 2 м, тобто швидкість опускання протягом цього часу становить понад 14 см/рік.

На Україні повільно /до 0,5 мм/рік/ опускається одеське узбережжя Чорного моря.

З коливальним рухом пов'язане постійне переміщення морських берегів. наступ моря на сушу називається трансгресією /лат. "трансгресіо" - перехід/, а відступ - регресією /лат. "регресіо" - рух назад/.

Найбільша трансгресія моря спостерігалась у ордовіку /420 млн. р. тому/ та крейдяному періодах /більше 70 млн. р. тому/. Більша частина України та інших країн була затоплена морем /рис. 6.3/. Про це свідчать пласти вапняку, крейди та інших морських відкладів.

Найкрупніша за всю історію Землі регресія моря спостерігалась у палеозойську еру /девон, 320 млн. р. тому/. Це привело до з'єднання Північно-Американського та Європейського материків в один

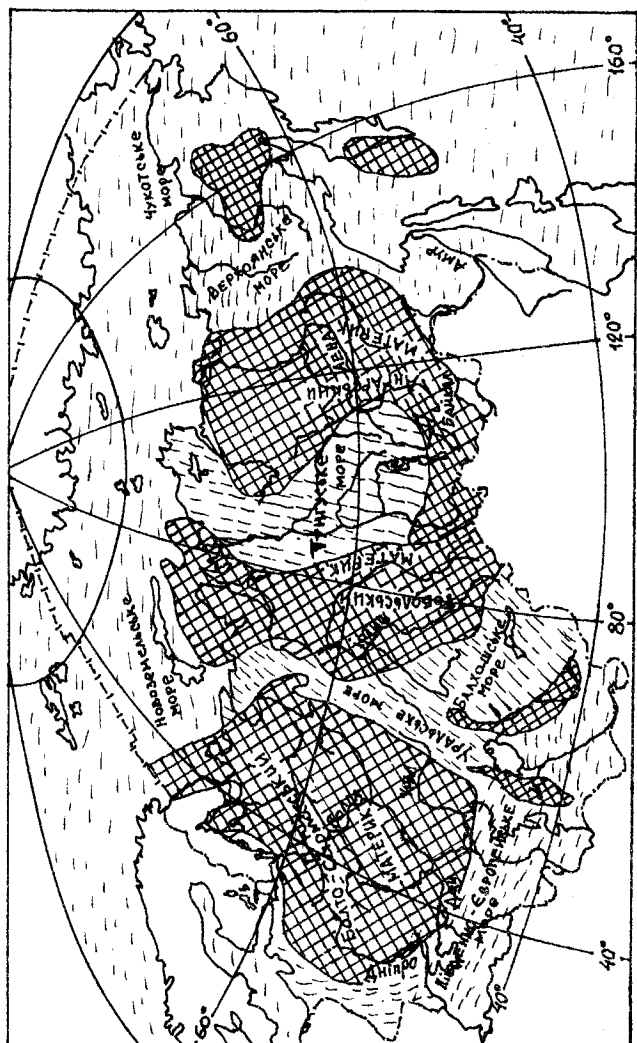


Рис. 6.3. Трансгресія моря у пізньому ордовіку /220 млн. р. тому/



великий Північно-Атлантичний материк /див. 3.3/.

Складчасті частини рух. Вертикальні та горизонтальні переміщення окремих ділянок земної кори приводять до порушень первісного залягання товщ гірських порід. Розрізняють два типи порушень: нерозривні, або пликативні /лат. "плико" - складати/, та розривні, або диз'юнктивні /лат. "диз'юнго" - роз'єднувати/.

Пликативні порушення виражаються у хвилеподібному вигині шарів гірських порід без розриву їх суцільності з утворенням складок. Складка, спрямована опуклістю вгору, називається антиклинальною, /грецьк. "анти" - проти, "кино" - нахилю/, а увігнута вниз - синклинальною /грецьк. "син" - разом/. Структурні елементи складок /рис. 3.4/ такі:

- 1/ склепіння, або замок - центральна частина антиклинальної складки, яка примикає до лінії перегину пластів;
- 2/ мульда /нім. "мульде" - корито/ - центральна частина синклинальної складки, яка примикає до лінії перегину;
- 3/ крила - бокові ділянки складки, які розходяться від перегину вниз /антиклиналь/ або вгору /синклиналь/;
- 4/ осьова площина - уявна площина, яка ділить кут між крилами складки пополам;
- 5/ вісь складки - лінія пересічення осьової площини з поверхнею Землі;
- 6/ шарнір - лінія пересічення осьової площини з поверхнею будь-яких пластів, що утворюють складку;
- 7/ ядро - внутрішня частина складки, яка прилягає до осьової площини.

Диз'юнктивні деформації приводять до розриву суцільності гірських порід. Найбільше розповсюдження мають такі порушення: скид, обернений скид, насув, грабен, горст.

Блоки гірських порід, які прилягають до змішувача, називаються крилами розриву. Якщо в розриві змішувач нахилений до горизонту, то розрізняють висяче та лежаче крила /рис. 3.5/.

Скидом називається розрив, у якого змішувач нахилений в сторону висячого крила /рис. 3.5, а/. Якщо висяче крило опущене, то розрив називається оберненим скидом.

Якщо висяче крило насунуте на лежаче по похилому змішувачу, то це насув /рис. 3.5, б/.

Грабен /нім. "грабен" - рів/ - витягнута западина, яка приурочена до опущеного по скидах блоку земної кори, розташованого між двома піднятими блоками /рис. 3.5, в/.

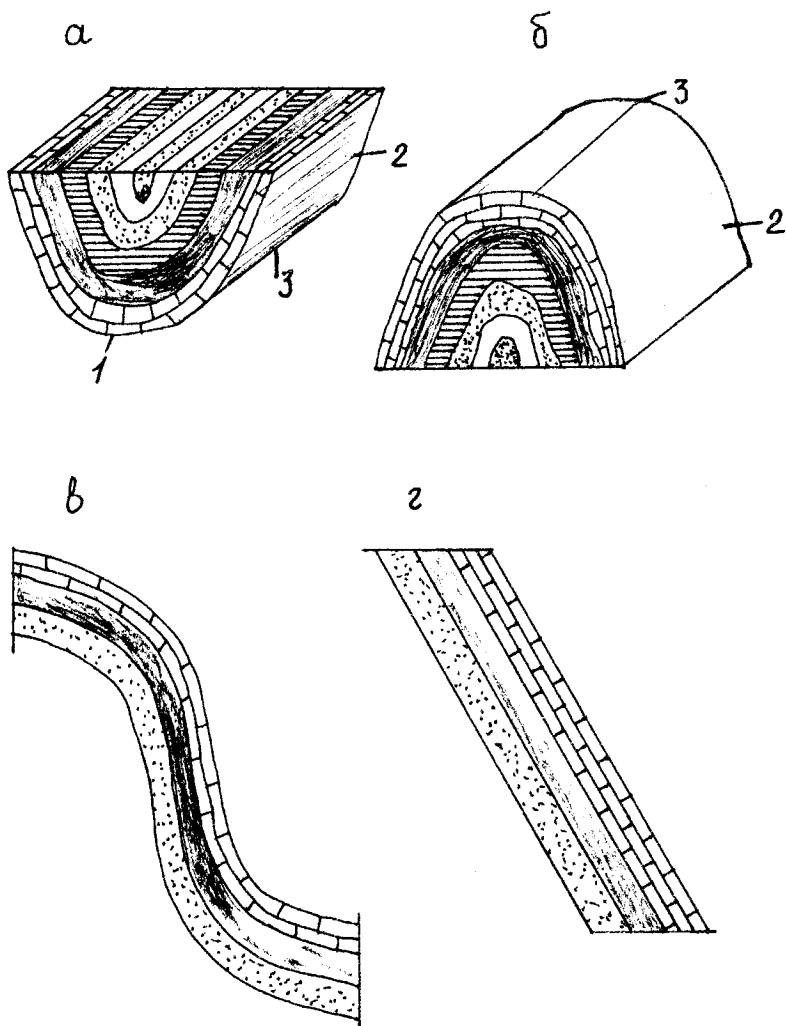


Рис. 6.4. Види складок:

а - синклінальна; б - антиклінальна; в - флексура;  
 г - монокліналь; 1 - замок; 2 - крило складки; 3 - вісь  
 складки.

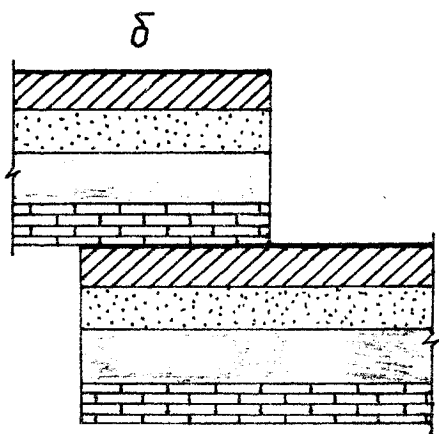
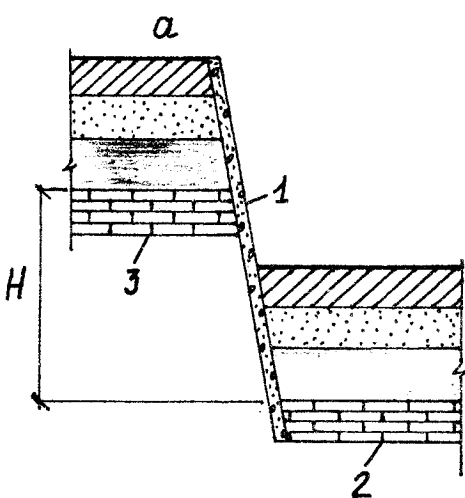
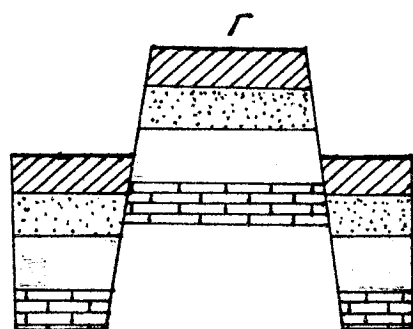
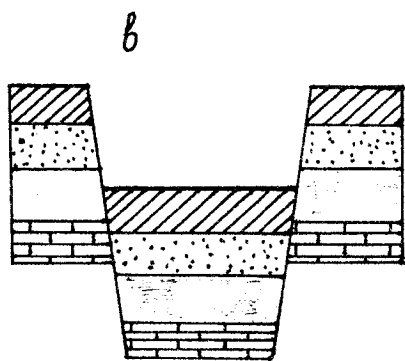


Рис. 6.5. Диз'юнктивні порушення  
 а - скид; б - насув; в - грабен; г - горст; 1 - зміщувач;  
 2 - лежаче крило; 3 - висяче крило; Н - амплітуда скиду.

Горст /нім. "горст" - узявши/ - піднятий блок земної кори, розташований між двома блоками, які опущені по скидах /рис. 6.5 г/.

Горсти та грабени широко розвинуті на Тянь-Шані, де горсти утворюють хребти, а грабени долини річок, що їх розмежують, приурочені до грабенів.

## 6.2. Геологічні структури

Тектонічні процеси, що відбуваються протягом усієї історії Землі, приводять до формування окремих геологічних структур. У земній корі виділяють два основних види структур: платформи та геосинклінали.

П л а т ф о р м и /фр. "плат" - плоский, "форм" - форма/ - прадавні ділянки земної кори, які сформувались дуже давно, в криптозойський метацикл. Складчасті процеси у них пройшли в цей же період і в подальшому не спостерігались. У фанерозой вони зазнавали і зараз зазнають тільки коливального руху.

Платформи складаються з двох ярусів: кристалічного фундаменту з магматичних та метаморфічних порід, розбитих тріщинами, скидами, зібраними в складки, а зверху перекриті, з великою кутовою розбіжністю, товщею осадових гірських порід з майже горизонтальним заляганням шарів потужністю до перших десятків метрів.

Бідовідно до однієї із гіпотез на початку формування земної кори, коли ще були відсутні платформи і геосинклінали, виникали численні куполоподібні підняття. У кінці архейської та на початку протерозойської ери проявились прадавні складчасті рухи, що призвели до утворення перших платформ, які одержали назву прадавніх /рис. 6.6/.

Періодіко породи фундаменту виходять на земну поверхню. Такі ділянки платформ з одноярусною будовою називаються шитами.

Це такі шити, як Український та Балтійський Східно-Європейської платформи, Алдзєнський Сибірської платформи та ін.

Г е о с и н к л и н а л і - величезні за довжиною і шириною вигини в земній корі, які є найбільш рухомими зонами. Виділяють чотири стадії їх утворення.

1. Стадія початкового занурення, яка характеризується послідовним розширенням амплітуди або області вигину. В опускання утягуються усе нові та нові ділянки суші.

2. Передороженна /грецьк. "орос" - гора/ стадія - утворення морського басейну і накопичення осадового матеріалу, потужність якого досягає інколи 10 - 15 км.

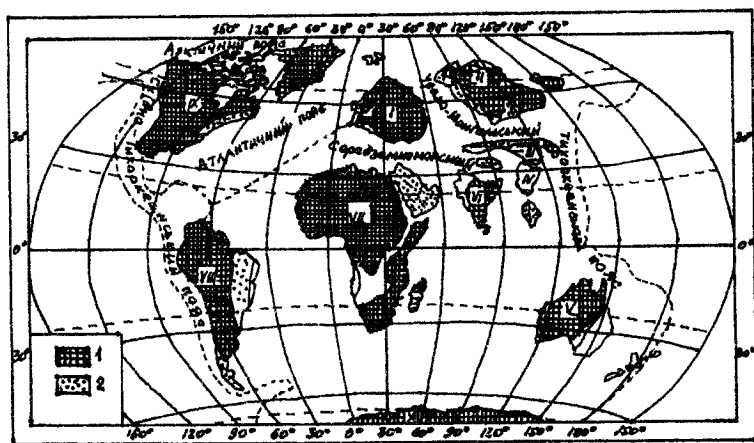


Рис. 6.6. Прадавні платформи та області байкальської складчастості

I - прадавні платформи; 2 - області байкальської складчастості.  
 Платформи: I - Східно-Європейська; II - Сибірська;  
 III - Північно-Китайська; IV - Південно-Китайська; V - Австралійська;  
 VI - Індостанська; VII - Африканська; VIII - Південно-Американська;  
 IX - Північно-Американська; X - Східно-Амтарктична.

3. Ранніорогенна стадія – початок загального підняття, розднання внутрішніх піднять в єдине крупне складчасте підняття, яке складається із пучків антиклинальних та синклінальних складок.

4. Власне орогенна стадія – формування системи високих гірських хребтів, розділених глибокими міжгірськими дислокаціями. На цій же стадії відбувається руйнування гірських порід вивітрянням. Яскравим прикладом такого процесу є Уральський гірський хребет, який сформувався у пермському періоді /240 млн. р. тому/.

На сьогодні на земній кулі нараховується шість геосинклінальних поясів /рис. 6.6/.

Геосинклінального типу вигини утворюються і на платформах. Частіше за все вони невеликих розмірів /довжина – декілька сотен кілометрів, ширина – 150–200 км/ і приурочені до крайових частин платформ. Прикладом такого вигину є Дніпрово–Донецька западина, яка утворилася на крайовій частині Східно–Європейської платформи у другій половині палеозойської ери.

Тектонічну історію Землі розділяють на ряд тектонічних циклів, які одержали назви в залежності від назви місцевості, де найбільше проявились процеси гороутворення.

Байкальський цикл, у якому виділяють дві епохи: ранньобайкальську, яка завершилась у венді /протерозой, 600 млн. р. тому/, та пізньобайкальську, яка закінчилась у середньому кембрії /палеозой, 540 млн. р. тому/. Гірські складчасті системи цього циклу в результаті вивітряння у значній мірі зруйновані та знівельовані.

Каледонський цикл /Каледонія – давня назва Шотландії/. Цикл розпочався в середньому кембрії і завершився в кінці силура – на початку девона /біля 400 млн. р. тому/. Він викликав суттєву перебудову структури земної кори на значних ділянках геосинклінальних областей. До каледонідів відносяться гори Шотландії, Норвегії, Північної Америки, західна частина Казахстану, північний Тянь–Шань та ін.

Герцинський /Герцинія – староримська назва гір Гарца у Німеччині/ цикл розпочався у середньому девоні і закінчився у пермському періоді /240 млн. р. тому/. У цьому циклі особливо інтенсивно проявилось гороутворення в Антлантичному, Середземноморському та Урало–Монгольському геосинклінальних поясах. До герцинідів відносяться Урал, Алтай, південний Тянь–Шань, гори Монголії, східного узбережжя Австралії та ін.

Альпійський цикл розпочався з середини мезозою /150 млн. р. тому/ і продовжується до цього часу. Гори цього циклу обрамлюють Тихий

океан, а також протягаються в широтному напрямку від Атлантичного океану до Тихого уздовж південних окраїн Європи та Азії: Альпи, Карпати, Крим, Кавказ, Памір, Кордильєри та ін. Молоді гори альпійсько-го циклу підіймаються на висоту до 8,5 км і ділять на відміну від каледонідів /1,5 км/ та герцинідів /2,5 км/.

### 3.3 Тектоніка літосферних плит

Вчені давно звернули увагу на дивовижні географічні явища - збіг обрисів протилежних берегів деяких океанів. У середині XIX ст. італійський вчений А. Снідер висловив ідею, що Північна та Південна Америка у минулому складала єдине ціле з Європою та Азією. Згодом вони відколосилися та перемістилися відносно одні одних.

Найбільш повно гіпотезу дрейфу континентів розвинув у 1912 р. відомий німецький геофізик А. Вегенер. Він звернув увагу на те, що поверхня континентів та океанічного дна являють собою різні сходинки в рельєфі Землі. Це привело його до висновку про відсутність гранітного шару в складі океанічної кори, що і підтвердилось на початку 60-х років.

Згідно з уявленням А. Вегенера уся поверхня Землі на початку була покрита суцільним гранітним шаром. У палеозойську еру увесь гранітний матеріал зібрався в один блок, утворивши єдиний суперпраматерик Пангея /грецьк. "пан" - все, "таласса" - океан/ з внутрішнім морем Тетіс /грецьк. "Tetis" - богиня моря/.

**Центробіжні сили, викликані** обертанням Землі і направлені від полюсів до **екватора**. Цей материк підіймався над **безбережним океаном** Панталасса /грецьк. "пан" - все, "таласса" - океан/ з внутрішнім морем Тетіс /грецьк. "Tetis" - богиня моря/.

На початку мезозойської ери Пангея почала розколюватись на окремі крупні глиби - континенти. Наприклад, Америка відколосилась від Європи і Африки і віддалилась на захід. У проміжку між ними виник Атлантичний океан. Південна Америка та Африка в своєму русі зазнали повороту за **годинниковою стрілкою**.

У результаті переміщення Антарктиди на південь, **Австралії** на південно-схід, а **Індостану** на північний схід між ними утворився **Індійський океан**.

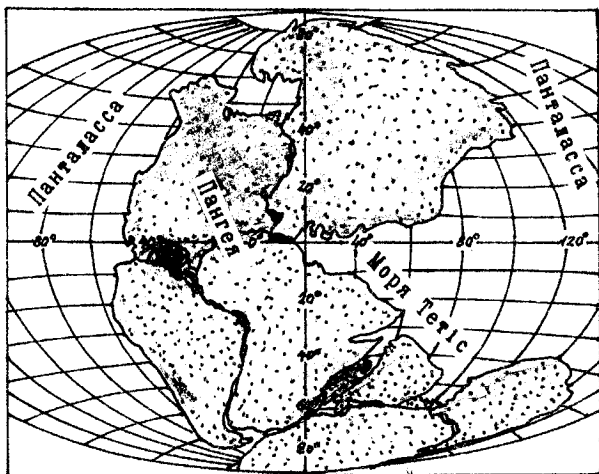


Рис. 6.7. Реконструкція Землі на початку мезозою /тріас, 200 млн. років/.



На користь концепції дрейфу материків, крім зовнішньої схожості їх контурів, на сьогоднішній день виявлено цілий ряд безперечних доказів. Такими є внутрішня будова континентів, палеоклімати /грецьк., "палеос" - ранній/, палеонтологічні та палеомагнітні дані.

Дуже добре узгоджуються особливості внутрішньої будови континентів. У східних областях Північної Америки та Північно Західної Європи дуже схожі стратиграфія та структура палеозойських порід. Складчаста система Аппалачів, яка різко закінчується на північному сході, доповнюється Європейським складчастим поясом, який у свою чергу різко обривається у протилежних берегів Атлантики. Разомі риси схожості в комплексах гірських порід, включаючи їх вік та простягання, виявлені в Африці, Південній Америці та Антарктиді, що є яскравим свідченням колишнього суцільного розташування, а нині розділених Атлантичним океаном.

Існує ряд доказів того, що в пермському періоді частина території Бразилії, Африки, Індії та Австралії була покрита материковим льодом. Осадки, які залишили льодовики, зараз знаходяться на широтах  $10 - 30^{\circ}$  по обидві сторони від екватора. Більш того, встановлено, що в деяких областях лід рухався в сторону від теперішнього екватора. Ці факти пояснюють, що вказані площі були колишньою зоною зосередження біля Південного полюса і вже потім перемістились до їхнього сучасного положення.

Як відомо, область мешкання рифоутворюючих коралів обмежена на сьогодні чистими теплими водами в смузі до  $30^{\circ}$  від екватора. Але залишки викопних коралових рифів зустрічаються за Полярним колом, у північних районах Канади та Гренландії. Поясненням такого аномального розподілення коралів може бути дрейф Американського та Євразійського материків на північ.

Магнітологи установили, що у багатьох гірських породах зберігається залишкова намагніченість, яку вони набули під час свого утворення. З'ясувалось, що ця первинна намагніченість не відповідає сучасному магнітному полю Землі. Так, при дослідженнях залишкової намагніченості девонських порід Східної Європи та Сибіру були обчислені значення палеоширот для цих двох континентів. На обох континентах палеошироти зовсім не збігаються ні по орієнтуванню, ні по значенню. Східна Європа знаходилась в основному в Південній півкулі, а екватор перетинав її приблизно уздовж сучасного меридіану, який проходить через Кольський півострів. Звідси був зроблений очевидний висновок про дрейф континентів.

Наприкінці 50-х та на початку 60-х років почалися систематичні дослідження океанічного дна, які виявили основні риси будови Землі. До цього про будову двох третин земної поверхні, захованих під водою, було відомо дуже мало.

З'ясувалось, що по центру усіх океанів протягуються грандіозні системи серединно-океанічних хребтів, які підіймаються майже до 3 км над іншим плоским дном. Загальна їхня довжина дорівнює приблизно 64 тис. км, що у 1,6 раза більше довжини екватора. По осі хребтів розташовується вузька, у декілька десятків кілометрів шириною і 1,5-2 км глибиною ущелина або, як її називають, рифтова долина. Місцями рифтові долини виходять на поверхню континентів, де продовжуються вузькими ущелинами /як наприклад/ Східно-Африканські грабени.

З'ясувалось також, що на багатьох окраїнах розташовуються найглибші лінійні западини - глибоководні жолоби. Вони опускаються до максимально відомих на Землі глибин - 10 - 11 км. Зі сторони континентів їх супроводжують вулканічні острівні дуги або молоді вулканічні пояси на окраїнах континентів. Вони опоясують Тихий океан з усіх боків. Глибоководні пояси відомі також в Індійському океані. У Південно-Східній Азії глибоководний жолоб та супроводжуюча його вулканічна дуга островів Ява і Суматра переходять, як і рифтові зони, на континент і продовжуються у вигляді грандіозного Альпійсько-Гімалайського гірського пояса.

У сімдесятих роках в Атлантичному та Тихому океанах проведено буріння океанічного дна з американського дослідного судна "Гломар Челенджер". У цій міжнародній програмі брали участь і інші країни, у тому числі і колишній СРСР. Найбільша глибина проникнення у товщу порід океанічного дна складає 1741 м при глибині води 3900 м. З'ясувалось, що дно океану відносно молоде. Як відомо, вік Землі за сучасними даними складає 4,5 млрд. років, вік самих давніх порід, які знайдені на Землі, дорівнює 3,8 млрд. років. На океанічному дні не знайдено порід старіше 160 млн. років, і нема ніяких підстав вважати наявність порід старіше 180 млн. років.

Установлено, що підшва осадового шару, вік якого визначався палеонтологічним методом, омолоджується в напрямку від крайових зон океанів до осей серединноокеанічних хребтів, а потужність відкладень зменшується у цьому ж напрямку. Підтвердились геофізичні дані про відсутність крихкотілих відкладів на гребені Серединно-Атлантичного хребта.

На початку 60-х років уже було відомо, що магнітне поле Землі не залишалось постійним. Протягом останніх чотирьох мільйонів років

воно тричі на довгий час змінювало свій напрямок на протилежний. Тричі Північний та Південний полюси мінялись місцями, тобто тричі проходила інверсія. На окремих ділянках океанічного дна зустрічаються гірські породи /базальти/ з протилежною /дзеркальною/ орієнтацією магнітного поля відносно осі хребта. Це пов'язано з тим, що через рифтову щілину із мантиї проникав розплав, який при охолодженні намагнічувався відповідно до напрямку магнітного поля, яке існувало на той час. Надходження нових порцій магми приводило до розштовхування в сторони охолоднутого раніше розплаву, який увійшов до земної кори океанів. При зміні напрямку магнітного поля /інверсія полюсів/ порції свіжої магми намагнічувались у зворотному напрямку і потім також були розірвані та розсунуті в сторони від осі серединно-океанічного хребта. Знаючи ширину та тривалість таких утворень за останні 4 млн. років, підраховували швидкість утворення нового океанічного дна. Максимальною /II - 14 см/рік/ вона виявилась для Східно-Тихоокеанського підняття, а мінімальною /2 - 3 см/рік/ - для Серединно-Індійського хребта. Таким чином, на сьогодні факти не залишають сумніву у тому, що дно цих океанів геологічно молоде. Але в такому випадку належить неминуче признати, що з часу утворення океанів поверхня Землі повинна була збільшитися більш ніж у два рази, проте цього не трапилось.

Згідно з побудовою нової глобальної тектоніки, в зоні стиковки океану з континентом, тобто по глибоководних жолобах та в районах островних дуг, океанічна кора вигинається і занурюється у мантию під кутом  $45^{\circ}$  під плиту континентальної літосфери, яка рухається їй назустріч /рис. 6.8/. Таке занурення відбувається до глибини 700 км. Таким чином, відбувається поступова переробка і навіть переплавлення океанічного дна, яке затягується униз. У зв'язку з цим на краю материка формується гірський сейсмічний пояс /наприклад, Кордільєри, Анди/, а там, де з континентальною корою стикаються потовщені країни плит, формуються складчасті системи альпійського типу. Отже, відбувається поступове переміщення плит по поверхні Землі від поясів розтягання і новоутворення океанічної кори, тобто рифтових зон, до поясів стиснення та руйнування океанічних плит. На користь такої побудови свідчать сейсмічні та вулканічні пояси, які простягнулись уздовж серединно-океанічних хребтів, глибоководних жолобів та островних дуг.

На сьогодні на земній кулі виділено сім найбільших плит. До них належать плити Євразії, Північної та Південної Америки, Тихого океану, Індо-Австралії, Африки та Антарктиди. Більш дрібні - Аравійська, Китайська, Амурська, Наска, Кокос та ряд інших /рис 6.9/. Розміри плит варіюють у широких межах-від 1000 до 10 000 км. У склад плит входять як континенти, так і припанні до них океанські улоговини аж до самих

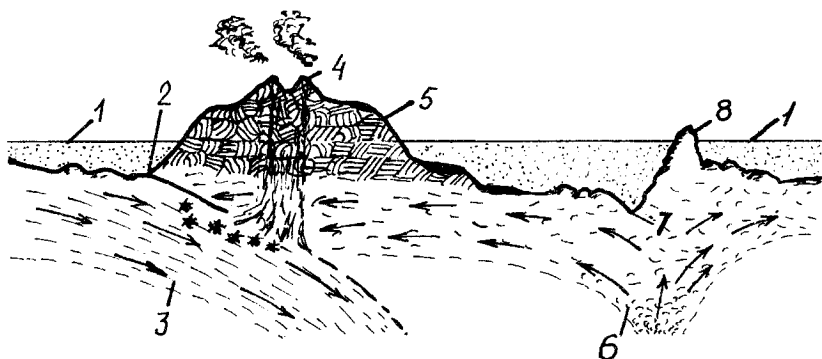


Рис. 6.8 Рух літосферних плит

1 - Рівень моря; 2 - глибоководний жолоб; 3 - океанічна плита, занурена в мантію; 4 - вулкани; 5 - континент; 6 - мантіїний матеріал, що підіймається і формує нову океанічну кору; 7 - осьова рифтова долина; 8 - вулканічний острів на серединно-океанічному хребті.

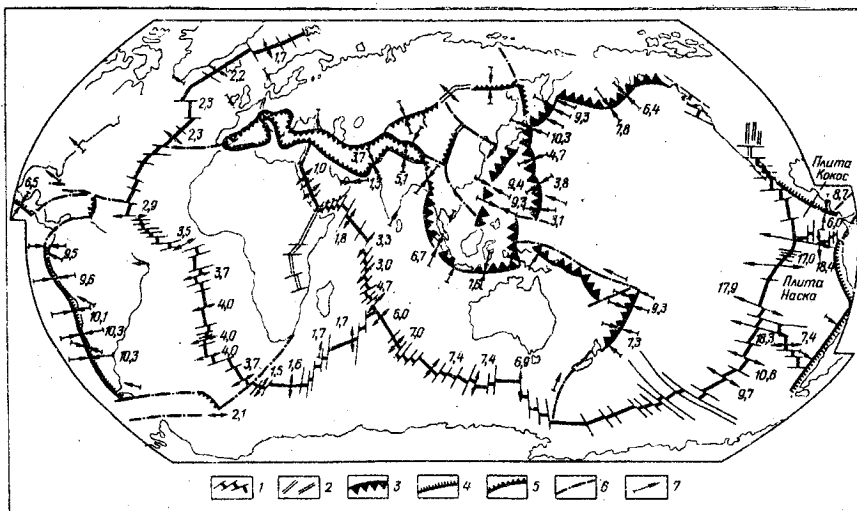


Рис. 6.9. Миттєва кінематика Землі /за В.М. Литвином/:  
 1 - осі серединно-океанічних хребтів; 2 - континентальні  
 рифи; 3-5 - границі зближення плит: 3 - уздовж глибоководних  
 жолобів, сполучених з острівними дугами; 4 - уздовж гли-  
 боководних жолобів, що оточують континенти; 5 - у межах  
 континентів; 6 - крупні розломи; 7 - вектори, що показують  
 напрям зміщення плит /цифри - см/рік/.

серединно-океанічних хребтів. Лише в деяких випадках /наприклад, у Андах/ межа плит збігається з поділом континент - океан.

Середня товщина плит в океанах складає 70 - 80 км, а на континентах - 120 - 140 км, **якщо** вони включають у свій склад не тільки земну кору континентального та океанічного типів, але і верхню частину астеносфери /грецьк. "астенос" - слабкий/ - частину **мантії**, яка залягає безпосередньо під земною корою. Припускають, що **якраз** по пластичному астеносферному шару і відбувається переміщення плит, причому континенти рухаються не самостійно, а пасивно, разом з усією літосферною плитою. Оскільки поверхня Землі є сферою, а плити займають усю її площу, то будь-яка із плит може переміщуватись тільки взаємозв'язано з іншими плитами. Зростання площі плит у рифтових зонах компенсується зануренням їх країв. Підраховано, що уздовж серединно-океанічних хребтів щорічно утворюється близько 2,6 км<sup>2</sup> нової поверхні, а в океанічних жолобах і молодих гірських поясах зникає поверхня такої ж площі.

Механізм переміщення літосферних плит пов'язують з тепловими конвективними потоками, течіями, які відбуваються в мантії із-за неоднаковості щільності та в'язкості речовин. Нагрітий легкий матеріал спливає під серединно-океанічними хребтами і розтікається під ними в сторони, несучи на собі плити. Якраз цим і пояснюються високий тепловий потік, вулканічна активність, сейсмічність, а також наявність розтягуючих напружень у рифтовій зоні. У зонах глибоких похилих розколів, які ідуть від глибоководних жолобів униз, края плит захоплюються низхідними вітками конвективних потоків і проштовхуються униз для подальшого переплавлення. І тут знаходить своє пояснення високий тепловий потік, вулканізм та сейсмічність острівних дуг і глибоководних жолобів, стискаючі напруження в осередках землетрусів.

Можливими джерелами конвективної течії є такі: радіоактивність; тепло, яке виділяється при фазових перетвореннях гірських порід; гравітаційне осідання певних компонентів, наприклад, опускання заліза із мантії в ядро; тепло, яке виділяється при кристалізації заліза на межі зовнішнього та внутрішнього ядра; вплив на тверді оболонки Землі місячних та сонячних припливів.

На основі теорії тектоніки літосферних плит були складені карти реконструкції земної кори за усю вивчену історію її існування.

Припускають, що в кінці протерозойської ери /понад 500 млн. р. тому/ усі **протоконтиненти** /грецьк. "протос" - перший/ розташовувались майже на одній лінії уздовж екватора /рис. 6.10/. У південній півкулі існував величезний суперматерик Гондвана /гонди - племя, яке заселяло Індостан, Вана - країна в Індії/. Він об'єднував територію сучасних

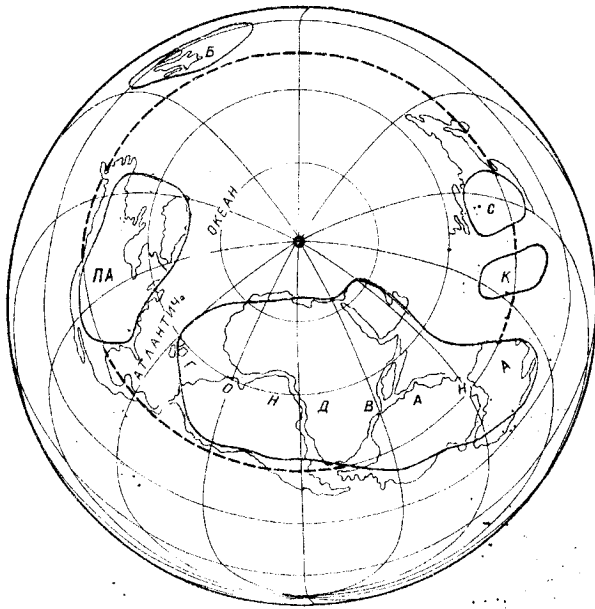


Рис. 6.10. Реконструкція Землі на початку палеозою /500 млн. років тому/. Мікροконтиненти:

б - Балтійський; с - Сибірський; к - Китайський.

ПА - Північно-Американський.

Пунктирна лінія - екватор.

Бразилії, Африки, Аравії, Індії та Австралії.

Як уже зазначалось, на початку палеозою усі протоконтиненти зібрались в один суперматерик Пангея /див. рис. 6.8/. Початок розпаду Пангеї відносять на кінець тріасу /180 млн. р. тому/, причому у північній півкулі в результаті проявлення каледонської та герцинської складчатості утворився великий континентальний масив - Лавразія /від назви р. Св. Лаврентія у Канаді та Азії/. Цей материк простягнувся від Скелястих гір на заході до Верхоянського хребта на сході /рис. 6.11, а/. Наприкінці мезозойської ери /кінець крейди - 70 млн. р. тому/ Гондвана і Лавразія розпались на ряд окремих материків /рис. 6.11, б/, а сучасних контурів материки набули уже в кайнозой /понад 30 млн. р. тому/.

Реконструкція колишнього розташування материків і океанів для останніх 150 - 200 млн. р. виконана нині з високим ступенем обґрунтованості, оскільки базується на даних вивчення не тільки материків, а й дна Світового океану. Відзначений вище успадкований характер руху крупних блоків земної кори дозволяє прогнозувати відносне розташування сучасних континентів навіть у майбутньому /рис. 6.12/. Так, наприклад, при збереженні сучасних швидкостей і тенденцій переміщення материків через 50 млн. років відбудеться подальше розкриття Атлантики /особливо її південної частини/ та Індійського океану. Австралія значно зміститься на північ і майже упритул підійде до Індокитаю. Набагато скоротяться розміри Середземного моря, закриється Чорне та Каспійське моря.

#### 6.4. Землетруси

Землетрус - це високочастотне в геологічному відношенні коливання земної кори, внаслідок якого виникають сейсми /грецьк. "сейсмос" - струс/.

Щорічно на земній кулі відбувається більше мільйона землетрусів різної сили, в тому числі 100 тис. відчутних, 100 руйнівних та один катастрофічний. На сьогодні більше половини людства мешкає в зонах, де відбуваються землетруси, і якщо до 1976р. при землетрусах на земній кулі з початку нашого століття щорічно гинуло 10 тис. чол., то за наступні 10 років землетруси внесли у цю моторошну



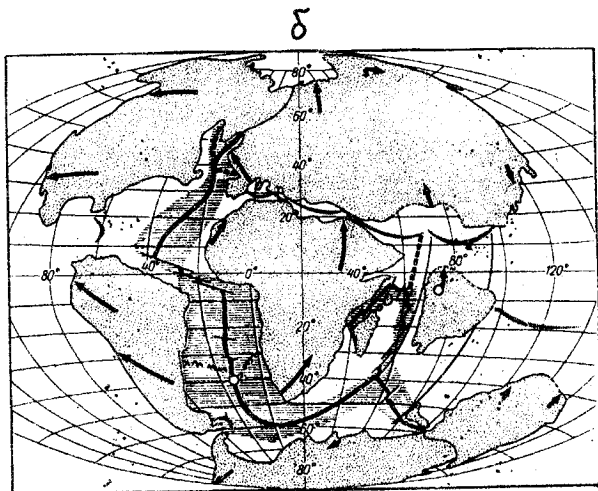
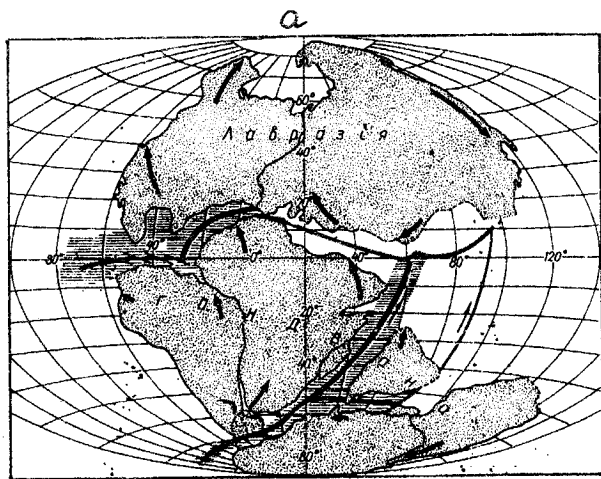


Рис. 6.II. Рух континентів.

а - початок розпаду Пангеї /кінець тріасу, 180 млн. років тому/;  
 б - реконструкція лиця Землі під кінець крейдового періоду /65 млн. років тому/.

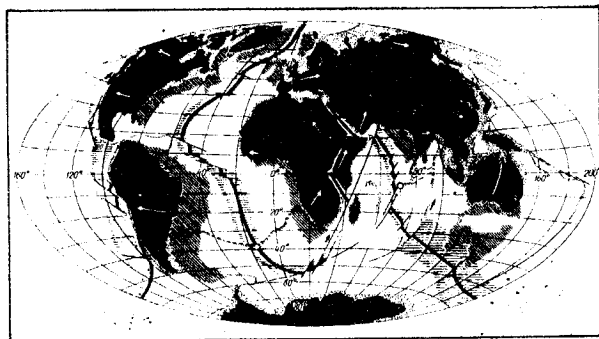


Рис. 6.12. Лице Землі через 50 млн. років.  
Стрілками показано напрям руху континентів

середню статистику суттєві корективи, більш ніж подвоївши кількість жертв. За оцінкою сейсмологів за останні 4 тис. років від землетрусів загинуло понад 13 млн. чол., у тому числі з часу ашхабадського землетрусу 1948р. \* до наших днів у різних країнах світу від підземної стихії загинуло більше мільйона чол. Найбільш жахливі землетруси за кількістю жертв наведені в таблиці 6.І./А.Аллісон, Д.Палмер/.

Таблиця 6.І.

Наслідки землетрусів минулого

Рік	Місце	Магні- туда	Примітки
1556	!Провінція !Шенсі /Ки- !тай/	-	! 830 тис. вбитих /оцінка/
1755	!Лісабон /Пор- !тугалія/ !	-	! Знищена третина Лісабона, коливання ! відчувались на сході Північної Америки, ! загинуло 60 тис. чол.
1897	!Ассам /Ін- !дія/	! 8,7	! Область руйнувань - 390 тис. км <sup>2</sup> .
1923	!Токіо /Япо- !нія/	! 8,1	! 254 тис. будинків зруйновано або пош- ! коджено; 140 тис. загинлих.
1970	!Чімботе !/Перу/	! 7,8	! Грязьо-камінна лавина схоронила 2 ! міста: загинуло 17 тис. чол.
1976	!Таншань !/Китай/	! 8,2	! Загинуло 650 тис. чол. /оцінка/, по- ! ранено 700 тис. чол.

За своєю природою землетруси можуть бути вулканічними, обвальними та тектонічними.

Вулканічні землетруси пов'язані з виверженням вулканів і приурочені до вулканічних поясів. Понад двох третин діючих та згаслих вулканів зосереджені в острівних дугах навколо Тихого океану або на континентальній стороні межі між плитами. Решта вулканів пов'язана з серединно-океанічними хребтами. Вулканічні землетруси слабосилі і носять локальний характер.

Обвальні землетруси обумовлені обвалами гірських порід, які залягають над порожнечами, що утворились у земній корі. Частіше вони зустрічаються в породах, які розчиняються підземними водами з утворенням порожнеч /кам'яна сіль, гіпс, вапняк та ін./

Вони утворюються також при розробці корисних копалин. Незважаючи на те, що порожнечі часто досягають великих розмірів, обвальні землетруси, як і вулканічні, відносяться до числа слабких.

Точка в земній корі, в якій виникає поштовх, називається гіпоцентром або фокусом землетрусу. Глибина залегання гіпоцентра змінюється в широких межах. У залежності від глибини його розташування виділяють землетруси поверхневі /до 10км/, нормальні /10-70км/, проміжні /70-300км/, та глибокофокусні /300-720км/. Проекція гіпоцентра на поверхню Землі за земним радіусом називається епіцентром. У тих випадках, коли епіцентр знаходиться на дні моря, це явище називають моретрусом.

Від епіцентра розповсюджуються два види хвиль: поздовжні та поперечні. Поздовжні хвилі викликають вертикальне переміщення частинок, а поперечні зсувають частинки твердої речовини Землі, при цьому змінюється тільки форма, а не об'єм. Ці хвилі не проходять через гази та рідини, оскільки тільки твердим речовинам властива міцність на зсув.

Найбільшою руйнівною силою відзначаються тектонічні землетруси. Доказано, що вони виникають у результаті деформації міцної літосфери, коли під впливом прикладених до неї напружень границя міцності виявляється перевершеною, і літосфера розколюється, катастрофічно звільняючи велику кількість енергії.

Переважає більшість неглибоких /мілкофокусних/ землетрусів розташовується уздовж осьової лінії серединно-океанічних хребтів, а глибокофокусні землетруси приурочені до глибоководних океанічних жолобів, острівних дуг та молодих гірських систем /рис.6.13/.

Як показали сейсмологічні дослідження, під глибоководними жолобами з боку океану гіпоцентри землетрусів лежать на глибині 70-80км, а в напрямку до континенту їх глибина поступово збільшується до 700км. Лінія, яка з'єднує гіпоцентри землетрусів, круто надає униз під кутом 45° від глибоководного жолоба в сторону материка. Це пов'язується з існуванням тут похилого глибинного розлому, який іде під материк. Припускається, що саме тут уздовж його поверхні пластина океанічної кори занурюється в мантію до глибини 700км. При насуванні однієї плити на іншу, яка занурюється в астеносферу, уздовж контактної площини накопичується пружна сейсмічна енергія. Вона звільняється під час землетрусів, які супроводжують насування.

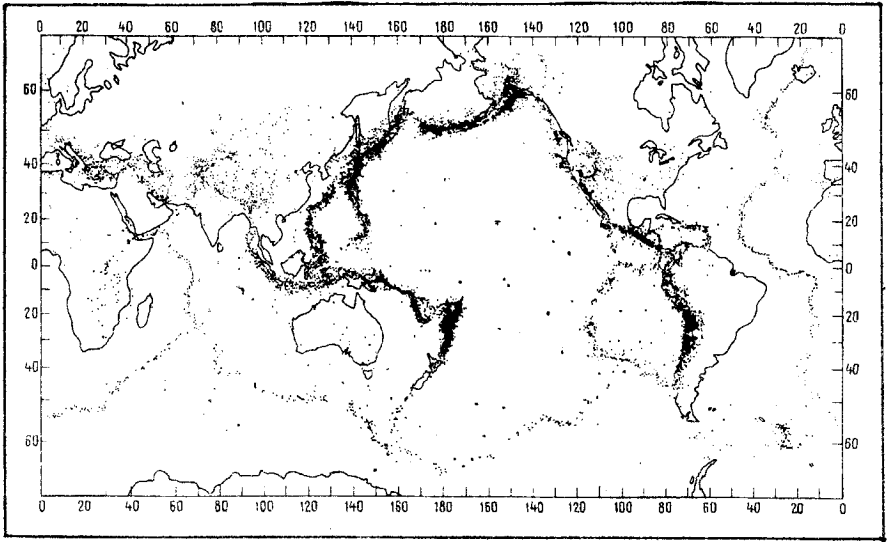


Рис. 6.13. Карта сейсмічності Землі.  
Крапками показані епіцентри землетрусів.

Сила землетрусу оцінюється в балах. У нашій країні прийнята І2-бальна шкала, в основу якої покладене прискорення коливань під час землетрусу.

$$\alpha = \frac{II A}{T}, \quad /6.1/$$

де  $\alpha$  - прискорення коливань,  $m/c^2$ ;  $A$  - амплітуда коливань,  $m$ ;  
 $T$  - період коливань,  $c$ .

Так, при значенні  $\alpha$  до  $2,5 \text{ мм}/c^2$  - Ібал;  $2,51 - 5 \text{ мм}/c^2$  - 2бали;  
 $5,1 - 10 \text{ мм}/c^2$  - 3бали;  $50-100 \text{ мм}/c^2$  - 6балів;  $0,251 - 0,5 \text{ м}/c^2$  - 8;  
 $1,01 - 2,5 \frac{M}{c^2}$  - 10; і більше  $5 \text{ м}/c^2$  - І2 балів.

За кордоном розповсюджена так звана шкала Ріхтера, де сила землетрусу визначається за його енергією в ергах, яка обчислюється за амплітудою сейсмічних хвиль і називається магнітудою. Магнітуду визначають у залежності від величини амплітуди коливань ґрунту та відстані до епіцентра. Наприклад, при амплітуді  $2 \text{ см}$  і відстані  $100 \text{ км}$   $M=7$ . Максимальне значення - 9 балів.

Знаючи один із основних параметрів землетрусу - інтенсивність /бальність/ або магнітуду, можна визначити інший, оскільки існує наближена формула, яка зв'язує інтенсивність /І/ з магнітудою землетрусу:

$$I = 1,7M - 2,2. \quad /6.2/$$

На базі багаторічних досліджень сейсмічних явищ розроблені візуальні характеристики землетрусів, які основані на їх сприйманні та видимих наслідках. Відповідно до цих характеристик будівлі, які зведені без необхідних антисейсмічних заходів, розподілені на 4 групи: А - будинки зі стінами глинобитними, з цегли - сирцю, саману; Б - цегляні та кам'яні будинки; В - крупноблочні та крупнопанельні будинки; Г - дерев'яні будинки /табл. 6.2/.

Встановлені також характеристики ступенів пошкодження та руйнування споруд: 1/ легкі пошкодження - тонкі тріщини в штукатурці, на кладці печей і т.п.; 2/ значні пошкодження - відколювання кусків штукатурки, тонкі тріщини в стінах, пошкодження димових труб і т.п.; 3/ руйнування - великі тріщини в стінах, розшарування кам'яної кладки, падіння окремих ділянок стін, димових труб, карнизів, парапетів і т.п.; 4/ обвали - повне або часткове падіння стін, перекриттів і т.п.

## Характеристика будівель при землетрусах.

Інтенсивність, см/с <sup>2</sup>	Прискорення, !	Сприймання та характеристики пошкоджень будівель !
1	2	3
I-2	до 0,5	Коливання Землі відмічаються приладами
3	0,5I-I,0	Коливання відчувають окремі люди.
4	I,I-2,5	Землетруси відчувають майже всі люди.
5	2,6-5,0	Гойдання висячих предметів, багато сплячих просипаються; пошкодження першого ступеня в будівлях групи А
6	5,I-10,0	Пошкодження першого ступеня у багатьох будинках, а в деяких будівлях груп А,Б та В - значні
7	10,I-25,0	У більшості будівель групи А пошкодження другого ступеня; груп Б,В, Г -першого, а в окремих -другого, змінюється дебіт джерел та рівень ґрунтових вод
8	25,I-50,0	У багатьох будинках групи А пошкодження третього та четвертого ступенів. У більшості будівель груп Б і В -другого, а в окремих-третього ступеня. Руйнування стиків трубопроводів, вода в водоймищах стає каламутною
9	50,I-100,0	Пошкодження четвертої групи у величезній більшості будівель групи А. У більшості будинків груп Б,В та Г - третьої, а в окремих-четвертої. Тріщини в ґрунтах до 10см
10	100,I-250,0	У більшості будівель усіх груп пошкодження четвертої групи. Тріщини в ґрунтах до 1м шириною
11	250,I-500,0	Руйнуються усі споруди. Змінюється рельєф місцевості
12	Більше 500	Зміна рельєфу місцевості у великих розмірах

Руйнівні дії землетрусу на будівлі та споруди викликають необхідність зважувати на них при проектуванні та будівництві. Інженер повинен вміти передбачити місце, силу та час землетрусу. Перші два фактори на сьогоднішній день достатньо вивчені. Проведено сейсмічне районування території країни, яке дозволило виділити зони, в яких відбуваються землетруси тієї чи іншої інтенсивності, та складено сейсмічну карту України. На цій карті виділені зони з інтенсивністю 6 і більше балів. Це Південний берег Криму /8/, Південна Буковина та Закарпаття /7 балів/. Сусідні з ними райони мають інтенсивність 6 і менше балів.

Відомо, що місцева сила землетрусу залежить від рельєфу місцевості, властивостей гірських порід, які її складають, та водного режиму. Так, на ділянках, складених крихкотілими водонасиченими ґрунтами, сейсмічне прискорення може бути у 1,5–2 рази більше, ніж на тих ділянках, де залягають більш щільні ґрунти.

Для кожної сейсмічної зони складаються карти сейсмічного мікрорайонування, інтенсивність землетрусу ставиться також у залежність від тих чи інших гірських порід будівельного майданчика. У тих районах, де немає таких карт, допускається визначення сейсмічності майданчика за нормативними документами/табл. 6.3/.

Таблиця 6.3.

Інтенсивність землетрусу в залежності від геологічної будови будівельного майданчика.

Категорія ґрунту за сейсмічними властивостями :	Ґрунти	Сейсмічність майданчика будівництва при сейсмічності району, бали		
		7	8	9
I :	2	3	4	5
I :	Скельні ґрунти усіх видів невивітрілі та слабовивітрілі, крупноламокві ґрунти щільні та маловологі, які містять до 30% піщано-глинисто-гоззаповнювача.	6	7	8
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:



	1	2	3
2	!Скельні ґрунти вивітрілі та сильнови- !вітрілі, крупноуламкові, крім відне- !сених до I категорії, піски гравеліст! !крупні та середньої крупності, крім !водонасичених, щільні та середньої !щільності; піски дрібні та пилуваті, !маловологі щільні та середньої ! щільності; глинисті ґрунти від твер- !дих до тугопластичних.	7	8 9
3	!Піски крихкотілі незалежно від круп- !ності та вологості, піски гравеліст! !крупні та середньої крупності, щільні! !та середньої щільності, водонасичені! !дрібні і пилуваті піски щільні та се- !редньої щільності, вологі та водонаси- !чені, пластичні глинисті ґрунти.	8	9 9

Будівництво в сейсмічних районах ведеться за нормативними документами, затвердженими урядовими установами. Ці норми гарантують стійкість споруд у районах сейсмічності 7,8 та 9 балів. На підставі цих документів приймаються симетричні конструктивні схеми, забезпечується рівномірне розподілення жорсткостей, конструкцій, мас та ін.

Найголовніша проблема сейсмічних районів - визначення часу землетрусів - залишається на сьогодні невирішеною, хоч деякі з їх провісники відомі з давніх часів. Стародавні греки не раз спостерігали помутніння води в колодязях та незвичну поведінку тварин перед землетрусом. Декілька історичних фактів.

Італія, Калабрія, 5 лютого 1783р. Перед землетрусом гегакали гуси та вили собаки. Забобонні люди вирішили, що їх незвичайна поведінка може накликати біду. Почали стріляти в собак. Водночас на поверхню моря сплила велика кількість риби.

Росія, Камчатка, 23 серпня 1792р. За 12 годин до землетрусу дуже сильне хвилювання виявили птаці, особливо ластівки. Перед першим поштовхом вони зникли зовсім.

Японія, Еддо, 11 листопада 1855р. За три місяці до біди усі села покинули горобці. За десять днів-кури не хотіли іти в курники, а за три дні-із загонів вирвались усі корови. Перед самим землетрусом на берег повилазили краби, а із нір виповзли змії, які знаходились в анабіозному стані. Таких фактів відомо більше трьохсот.

Вчені вважають, що реакція тварин на зміни в навколишньому середовищі носить захисний характер і набута в тривалій еволюції, коли на Землі виживали в незліченних катаклізмах лише ті, хто здатний був вчасно реагувати та рятуватись. Наприклад, звуки, які породжуються землетрусом, що наближається, людина почути не здатна, але їх чууть тварини.

Що стосується науково обгрунтованих методів прогнозу часу землетрусів, то вони поки не розроблені, а дослідження знаходяться на стадії пошуків. Так, геохіміками виявлено, що в періоди перед землетрусом і під час його змінюється хімічний та компонентний склад підземних вод у районах, які територіально пов'язані з епіцентральною зоною. Помічено, наприклад, що перед Ташкентським землетрусом 1966р, концентрація радону в термомінеральній воді зросла

більш ніж у три рази, причому максимальне значення вмісту радону одержано за 5днів до першого поштовху. Різкі коливання в складі підземних вод спостерігались безпосередньо під час поштовхів силою більш 3 балів. Концентрація гелію під час сильних поштовхів збільшується в 10-12 разів, фтору та аргону-в 2-3 рази. Виявлено також аномальні відхилення від норми перед землетрусом сили земного тяжіння та електропровідності гірських порід. Відомі й інші деформаційні методи, які базуються на вимірах горизонтальних та вертикальних напружень у гірських породах. Зміна геодинамічної обстановки перед землетрусом є безперечним фактом,

Усі ці та інші методи вимагають буріння глибоких свердловин поблизу літосферних розломів, які далеко не завжди можуть бути виявлені, та і технічно не зовсім досконалі. Тому достовірних методів прогнозу часу землетрусу поки що немає.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які види руху властиві земній корі? Їх коротка характеристика.
2. Що таке геосинклиналі та платформи?
3. Опишіть головні форми й елементи складок та розривних порушень масивів гірських порід.
4. Що покладено в основу теорії тектоніки літосферних плит? Назвіть основні складові частини цієї теорії.
5. Назвіть причини дрейфу материків.
6. Які причини землетрусів? Де переважно виникають землетруси?
7. Що таке гіпоцентр та епіцентр землетрусу і як вимірюється інтенсивність землетрусу?
8. Які зовнішні ознаки землетрусів?
9. Назвіть сейсмічні райони України та загальні положення будівництва в цих районах.

## 7. ЗОВНІШНІ ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

На відміну від внутрішніх /ендогенних/ процесів, процеси зовнішньої динаміки Землі /екзогенні/ відбуваються за рахунок енергії Сонця. Внаслідок ендогенних процесів формуються гірські хребти та западини. Екзогенні процеси спричиняють вирівнювання створених ендогенними процесами форм рельєфу. Під впливом води, коливань температури, повітря та організмів з часом руйнуються навіть найміцніші гірські породи. На поверхні Землі до певної глибини формується стійка кора вивітрювання. У кінцевому результаті вона повинна була б цілком покрити усю поверхню материків, якби не діяли і такі екзогенні фактори, як вітер, текуча вода та ін., які не тільки переносять продукти вивітрювання, оголюючи усе нові і нові товщі гірських порід, але і самі виконують велику руйнівну роботу.

У процесі перенесення продуктів руйнування відбувається сортування матеріалу за крупністю, щільністю та хімічним складом. У зниженнях рельєфу та в Світовому океані відбувається накопичення продуктів руйнування. Осадки можуть згодом перетворюватись під впливом тектонічних процесів, внаслідок чого утворюються ті чи інші гірські породи.

Таким чином, будь-який екзогенний процес має три основних етапи: руйнування - перенесення - відкладання.

### 7.1. Вивітрювання

Вивітрювання - процес руйнування та зміни складу гірських порід, який відбувається під впливом атмосферних агентів /діяння сонячних променів, коливання температури повітря, замерзання в порожнинах гірських порід води, хімічне діяння вуглекислоти, а також організмів, які населяють поверхню Землі/.

Виділяють три види вивітрювання.

Фізичне /механічне/ вивітрювання викликає руйнування та розпад скельних гірських порід без зміни їхнього мінералогічного складу.

Основну роль у цьому руйнуванні відіграють швидкі коливання температури /добові коливання температури в районах з різко-континентальним кліматом можуть досягати  $40^{\circ}\text{C}$ /. Мінерали та гірські породи при нагріванні розширюються, а при охолодженні стискаються. Під впливом стискань та розтягань, що періодично змінюються, зчеплення між мінеральними зернами слабшають, і тим більше, чим крупніші зерна. На стійкість мінералів та гірських порід впливає і колір мінералів: темні нагріваються швидше, ніж світлі. У породі, яка складається із зерен різного складу /наприклад, граніт/, зчеплення зерен слабшає швидше, ніж у породі, яка складається із зерен одного складу та кольору, тому що зерна різного кольору та складу мають різні коефіцієнти об'ємного та лінійного розширення.

Руйнуванню порід, **викликаному зміною** тепла та холоду, допомагає вода, яка, **замерзаючи**, збільшується в об'ємі і "розклинює" зерна породи.

Хімічне вивітрювання - реакція мінералів та порід з водою та хімічними речовинами, що містяться в ній. При цьому змінюється склад порід та відбувається розчинення водорозчинних гірських порід /кам'яна сіль, гіпс, доломіт та ін./.

Процеси хімічного вивітрювання відіграють основну роль при утворенні глинистих мінералів. Склад цих мінералів залежить не тільки від складу вихідної /материнської/ породи, а і від конкретних умов вивітрювання. Так, з основних /лужних/ магматичних порід в умовах виносу магнію утворюється каолініт, а якщо магній не вимивається і залишається на місці, то-монтморілоніт.

Як правило, процеси фізичного та хімічного вивітрювання протікають водночас, але з переважанням першого в районах з континентальним, сухим кліматом, а другого - в областях з великою кількістю атмосферних опадів.

Органічне /біологічне/ вивітрювання - руйнування гірських порід внаслідок екзогенної діяльності живих організмів. Досить часто руйнівну роботу в гірських породах розпочинають низькоорганізовані представники органічного світу - бактерії. Підраховано, що на 1 га верхнього шару ґрунту припадає 3-7 т бактерій. Вони підготовляють основу для появи мікрофлори /грибків/, а потім для лишайників та мохів. Велику роботу по руйнуванню гірських порід виконують тварини, що риють /черв'яки, гризуни та ін./ і коріння рослин

Виявлено, що в середньому на кожні 0,5га верхнього шару ґрунту припадає майже 150тис. черв'яків, які підіймають до поверхні майже 150т тонкоздрібненого ґрунту.

Продукти вивітрювання /у вигляді уламкового матеріалу/, які утворюються при цьому і залишаються на місці свого утворення, називаються елювієм /лат. "елювіо" - залишаю на місці/. Походження породи позначається у геологічному індексі та указується на геологічних картах і розрізах зліва від буквеного символу.

віку породи. Геологічний індекс елювія - "e". Наприклад, eQ - елювій четвертинного віку.

Елювій - своєрідний генетичний тип континентальних утворень, якому притаманний ряд характерних ознак: залягає на місці розпаду материнської породи; має нерівну кшпенеподібну нижню межу, тому що заповнює усі тріщини в материнській породі; позбавлений ознак шаруватості; неоднорідний по вертикалі і в плані; ступінь змінювання материнської породи углиб зменшується.

Прикладом елювію, який з'явився при вивітрюванні граніту та інших кислих і середніх магматичних гірських порід, є каоліновий елювій. Для нього характерна вертикальна зональність /знизу вверх/: незмінна материнська порода, материнська тріщинувата порода, уламки материнської породи слабо каолінізовані, які переходять вверх у глинисту масу, що складена каолінітом та гідролитами з зернами кварцу і нерозкладеними зернами польових шпатів та листочками слюд.

Елювій може служити достатньо міцною підвалиною, але внаслідок попадання побутових та виробничих вод у ньому можлива активізація хімічних процесів, що приводить до нерівномірних деформацій споруд.

## 7.2. Геологічна діяльність вітру

Геологічна діяльність вітру на континентах виявляється в руйнуванні гірських порід, переносі та відкладенні продуктів руйнування. Вона проявляється у всіх кліматичних зонах. Особливо велику роботу вітер виконує там, де для цього є сприятливі умови: сухий /пустельний чи напівпустельний/ клімат; убогий рослинний покрив; інтенсивне проявлення фізичного вивітрювання, яке дає багатий матеріал для видування: наявність постійних вістрів з інтенсивними швидкостями.

Усю діяльність вітру, а також відкладення та форми рельєфу, які утворює вітер, називають еоловими /Еол – бог вітрів у прадавній грецькій міфології/. Геологічний індекс "V".

Руйнівна діяльність вітру проявляється у видуванні частинок, які складають гірські породи, – дефляції /лат."дефлятіо" – видування/, та механічній обробці поверхонь порід – коразії /лат."коразіо" – обточую, свердлю/. Коразія і дефляція супроводжують одна одну.

Найбільш інтенсивна руйнівна робота вітру там, де він рухається з великою швидкістю. Поступальна швидкість визначає і його силу. Вітер швидкістю 10м/с переносить частинки діаметром до 1мм, при швидкості 20м/с – діаметром 4–5мм, перекидає уламки у поперецьнику 2–3см. Величезну силу, що переносить уламки, має ураган.

Взаємопов'язані дії вивітрювання, води, що розмиває, корозії та дефляції приводять до утворення химерних форм скель, які називають останцями. Видування приводить до утворення особливих форм рельєфу, наприклад, улоговин глибиною до 3–4м та діаметром до 1км у тундрі; котлів глибиною 1–2м і діаметром 3–5м у пустелях, еолових ванн та долин, які досягають значних розмірів. Піщинки, які переносяться вітром і б'ються об перепони, що зустрічаються на їхньому шляху, залишають на їхній поверхні різноманітні форми коразії – ямки, борозни, штрихи і т.п. Інтенсивність коразії залежить від твердості гірських порід, їхньої структури, текстури, тріщинуватості, шаруватості і т.п. Поступово уся поверхня стає чарункуватою. У подальшому чарунки поглиблюються, виростаючи до еолових ніш, віком і навіть печер.

У степових областях дефляція проявляється у вигляді чорних бур, видуваючи родючі ґрунти. Велике значення в боротьбі з пиловими бурями мають пилозахисні лісні смуги, розташовані перпендикулярно напрямку домінуючих вітрів.

Переносна діяльність вітру. Найбільш насичений частинками, що переносяться, шар в 1–2м над поверхнею Землі. Ураганні вітри заносять масу пилу на відстань 2000 – 2500км /наприклад, із Сахари до Атлантичного океану або Західної Європи/. Помірні вітри здатні підіймати й переносити на деяку відстань пиловаті частинки. Дрібний пісок також переноситься повітрям, але на меншу відстань. Піски крупні та середні можуть переміщуватись перекочуючись.

Акумулятивна діяльність вітру. Найбільш розповсюджені два види еолових відкладів: піски та леси.

Еолові піски на берегах морів та річок утворюють дони /свальної форми нагорбки/. Їх висота від 8-12м на берегах річок до 20-30м на берегах морів /Прибалтика/. Дони Середземного моря досягають у висоту 100-200м.

У пустелях еолові піски утворюють бархани - нагорбки серпоподібної форми в плані. Схили дон та барханів асиметричні: навітряний - пологий /10-12°/; підвітряний - більш крутий /до 33°/.

Дони та бархани можуть переміщуватися зі швидкістю 1-20м/рік, зносячи усе на своєму шляху. Рухливі піски наносять шкоду народному господарству, і тому з ними ведеться боротьба /інженерні методи, лісозахисні насадження/.

Еолові піски, як підвалини будинків та споруд, частіше за все можуть бути використані тільки після їх ущільнення. Пов'язано це з такими їх особливостями:

- 1/ пористість - 0,5 - 0,57, навіть на глибині 1-2м вона складає 0,4;
- 2/ однорідність складу / відсортованість / з переважанням дрібних та пилюватих частинок,

Леси, за одною із гіпотез проф. В.А. Обручова, мають еолове походження. У лесах багато пустот, особливо вертикальних. У сухому стані лес міцний і витримує великі навантаження. При зволоженні зв'язок між складаючими лес частинами порушується, він ущільнюється і дає просадки, частіше за все нерівномірні.

### 7.3. Геологічна діяльність текучих вод

Крапельки дощу, які випали на земну поверхню, рухаються по її схилу у вигляді тонкого /1-2см/ суцільного водяного шару. У місцях з нерівним рельєфом вони збираються в цівки, останні - в струмки, струмки - в ріки. Вода, що стікає по схилу, змиває, переносить і відкладає продукти руйнування.

Виділяють: 1/ делювіальні води /лат. "делюо" - змиваю/ - тимчасові безрусліві потоки /талі та дощові води/; 2/ алювіальні води /лат. "алювіо" - налив/ - води, які течуть по постійному руслу /річки, струмки/.



### 7.3.1. Геологічна робота поверхневих /делювіальних/ вод

Незважаючи на періодичний характер делювіальних процесів /тільки під час дощу та розтавання снігу/, вони протягом тривалого часу здійснюють велику роботу. Вода спричиняє змив і розмив ґрунтів та гірських порід - водяну ерозію /лат. "erosio" - розми-ваю/.

Тимчасові водопотоки спричиняють утворення вибоїн, які в подальшому формуються в яри. На початку яр росте в глибину, виконуючи глибинну ерозію, поки не досягне рівня річки /річка - межа його глибинної ерозії, базис ерозії/. З цього часу яр починає виробляти свій профіль рівноваги. Із збільшенням довжини яру, схили дна зменшуються, швидкість течії води сповільнюється, припиняється зростання яру. Борти яру під дією гравітаційних та делювіальних процесів поступово виположуються, заростають травою, чагарником. Такий яр зветься балкою.

Інтенсивно зростають яри в крихкотілих породах. У підсумку окремі ділянки, а інколи і досить великі простори межиріччя перетворюються у важкодоступну і непридатну для землекористування місцевість.

У найбільш чистому вигляді делювіальні процеси проявляються у помірних та субтропічних поясах на пологіх схилах з розрідженою рослинністю.

Захоплені водою частинки переміщуються униз по схилу, заповнюючи окремі заглиблення. Матеріал, що змивається, відкладається біля підолви борта у вигляді делювіального шлейфа. Більш крупні зерна розташовуються у верхній частині шлейфа, а менші - в нижній. Накопичені в процесі делювіального змиву осадки одержали назву делювію /геологічний індекс "d"/. Потужність делювіальних відкладів до 2-5м, інколи до 10-15м. Делювій нешаруватий, добре відсортований, спричиняє нерівномірні осадки, оскільки неоднорідний за складом. При певних гідрогеологічних умовах делювіальна товща може зсуватися по схилу /покривні зсуви/. При формуванні в умовах сухого жаркого клімату /наприклад, у Середній Азії/ делювій крихкотілий і пористий, має просадочні властивості.

У гірських районах делювіальні води утворюють бурхливі потоки, які несуть величезну кількість уламкового матеріалу. При виході на рівнину уламковий матеріал відкладається в передгірській зоні і у вигляді конуса виносу. Такі накопичення тимчасово діючих потоків одержали назву пролювію /лат. "пролюво" - промиваю/. Пролувіальні відкладення несортовані, інколи, як делювіальні, можуть бути просадочними.

Іноді тимчасові потоки набувають сільового характеру. Після затяжних дощів тонкодисперсний уламковий матеріал набухає, утворюючи грязеву масу, яка обрушується в долину з великою швидкістю, збагачуючись на шляху більш крупними уламками, руйнуючи усі перепони. Селі широко розповсюджені в молодих гірських системах багатьох країн. Осередки селів є і в Карпатах.

Катастрофічні селі мали місце весною 1969 і 1970р.р. у північних та західних районах України. Вони були спричинені двомісячними зливами, внаслідок чого рівень води в р. Дністер, Тиса, Прут, Серет та ін. піднявся на 3-5м. Потужний сільовий потік спостерігався в Карпатах 30.12.1978р. Сіль рухалася по річці Шапурці зі швидкістю 19м/с.

### 7.3.2. Геологічна робота рік

Геологічна робота рік складається з розмиву дна та берегів, переносу і відкладення уламків порід. Усі ці сторони діяльності можуть проявлятися водночас. У верхів'ях, де долина ріки має найбільші схили, переважає ерозія, в пониззях - відкладення, а в середній течії ріки поєднуються розмив, перенос та відкладення. Відкладені рікою осади називаються алювієм /лат. "алювіо" - намив/, їх геологічний індекс "а".

Співвідношення розмиву, переносу та відкладення в будь-якій ділянці ріки може змінюватися в залежності від швидкості і кількості води в річці. Чим більша швидкість та об'єм, тим більший розмив.

Ерозійна діяльність рік. Виділяють ерозію донну, що спричиняє поглиблення ріки, та бокову, яка приводить до розширення річкової долини. Глибинна ерозія проявляється там, де схили річкового

дна значні, течія досить швидка, щоб перекочувати по дну крупно-і середньоуламковий матеріал та у зваженому стані – дрібноуламковий.

При стабільному тектонічному /тривалій відсутності опускань та піднять/ режимі території і стійкому кліматі поступово встановлюється динамічна рівновага річкової системи. Поздовжній профіль дна ріки стає більш пологим, близьким до граничного рівня річкової ерозії або до профілю рівноваги /рис.7.1/. Найбільші схили має верхній відрізок течії ріки, тут же відбувається за законом регресивної ерозії і найбільша руйнівна робота. Глибинна ерозія поступово згладжує нерівності дна по усьому поздовжньому профілю.

Униз за течією схил дна долини зменшується, наближаючись у пониженнях до горизонтального положення. У зв'язку з цим поступово зменшується і швидкість течії води, глибинна ерозія поступається місцем боковій.

Бокова ерозія особливо інтенсивна в повінь /високий рівень води в сезоні інтенсивного живлення/, коли швидкість течії в річці зростає. У річкових звивин швидкість течії води біля увігнутого берега більша, і там відбувається підмив. Коло випуклого берега швидкість течії повільна, і там відкладається алювій, формується прируслова мілина. У результаті звивини стають стрімкішими, поступово перетворюючись у закрути – меандри /за назвою малоазійської р.Меандр, яка відзначається надзвичайною кривулястістю/. Меандри з часом збільшуються як у сторони, так і за течією. У місці найбільш близького підходу звивин однієї до одної може виникнути прорив ріки. Колишнє русло залишається в стороні. Ці старі русла мають вигляд серцеподібно вигнутих озерець, які носять назву стариць /рис.7.2/.

Розширення долини відбувається не тільки за рахунок формування закрутів, а й за рахунок відхилення річкових потоків силою Коріоліса, обумовленою добовим обертанням Землі навколо осі. У північній півкулі ріки відхиляються вправо, в південній – вліво. Ріки, що течуть у північній півкулі з півночі на південь /Дніпро, Волга, Південний Буг, Дунай та ін./, підмивають правий берег на великій відстані і більш інтенсивно, внаслідок чого він більш крутий, ніж лівий.

Під впливом еродуючої діяльності головної ріки та її притоків відбувається закономірна зміна рельєфу земної поверхні. Спочатку долини річок мають V- подібну та каньйоподібну форму, межиріччя широкі, більша частина поверхні межиріччя лежить на більш

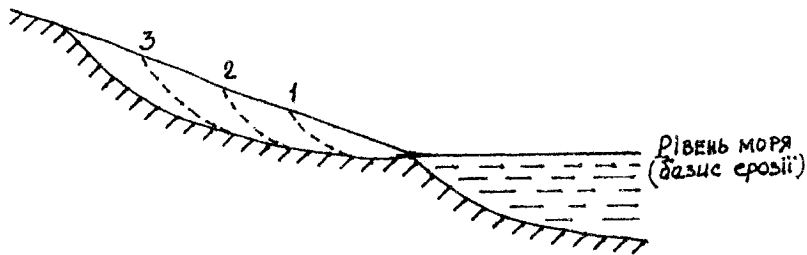


Рис. 7.1. Схема формування поздовжнього профілю річкової долини:  
1,2,3 - початкове положення долини.

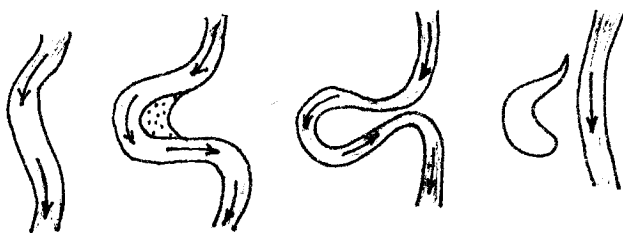


Рис. 7.2. Схема розвитку річкових меандр.

високому рівні, ніж річкові долини. Потім, за рахунок бокової ерозії, долина ріки поширюється і набуває U-подібної форми. Схили долини виположуються, висота водорозділів знижується. Наприкінці стадії зрілості межиріччя зрізаються, від них залишаються тільки окремі ділянки - останці. Уся поверхня ніби переміщується на більш низький рівень, на рівень плоскодонних ящикоподібних річкових долин з добре розвинутими плавнями /частина ріки, яка заливається водою ріки тільки в повінь та паводок, рис 7.3/.

Якщо протягом визначеної стадії розвитку річкової системи базис ерозії ріки зазнає поступового підняття, поздовжній профіль ріки виположується, зменшується жива сила потоку, ріка дряхліє, долина заповнюється власними відкладами, колишні плавні ріки опиняються похованими під більш пізніми відкладами.

Якщо базис ерозії починає знижуватись, то поздовжній профіль ріки стає більш крутим і порожистим. Ріка, яка знаходилась, наприклад, у стадії зрілості, може омолодитись і почати енергійно розмивати відкладений нею алювій. На місці плоскодонної долини виробляється нова V-подібної або каньйоноподібною форми, урізана в плавні, сформовані рікою в попередній цикл її розвитку.

У міру сповільнення тектонічних рухів поздовжній профіль ріки виположується, посилюється бокова ерозія, яка приводить у свою чергу до розширення долини і одночасного заповнення її новим алювієм. Утворюються нові плавні, укладені в попередні. Від колишніх плавнів, розташованих на більш високому рівні, залишаються смуги, які йдуть уздовж нових плавнів. Вони називаються надплавняною терасою. Отже, ця тераса в попередній цикл була плавнями.

При багаторазовому зниженні гирла або піднятті верхів'я на схилах ріки формується система надплавняних терас. Найвища надплавняна тераса і буде найстарішою. Нумеруються тераси за їхнім положенням над плавнями знизу вгору. Саму нижню терасу називають першою надплавняною, ту, що розташована над нею, другою і т.д. /рис.7.3/, а утворення їх відбувалось у зворотному напрямку: сама верхня виникла першою, сама нижня - останньою.

Переносна та акумулювативна діяльність рік полягає в переносі продуктів розмиву в розчиненому, зваженому та перекоцуваному стані.

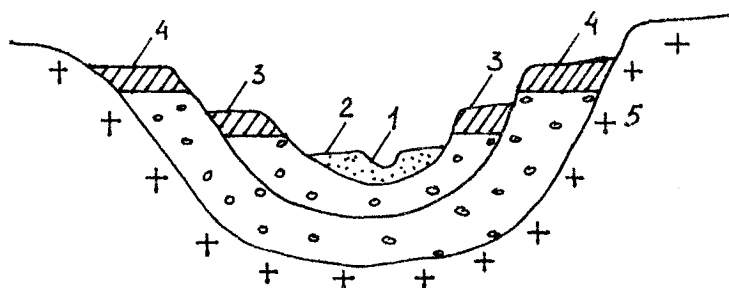


Рис. 7.3. Будова річкової долини:  
 1 - русло; 2 - плавні; 3 - перша надплавнева тераса;  
 4 - друга надплавнева тераса; 5 - корінні породи.

У відкладах річкових долин розрізняють чотири види алювію: русловий, плавняний, старичний та дельтовий. Алювій річок, які мають різну швидкість течії і розмивають різні гірські породи, відрізняється за складом і розмірами уламків. Русловий алювій гірських річок - це крупно-уламковий матеріал /валуни, галька, гравій/, рівнинних-середньо - та дрібноуламковий /пісок, супісок/. Крім того, русловий алювій здрібнюється у міру просування від верхів'я до гирла.

Плавневий алювій підстиляється русловим тому, що русловий алювій внаслідок поступового переміщення русла вниз за течією /слідом за відступом увігнутого берега закруту/ заповнює усю основу долини. При потужному розливі швидкість ріки велика і частинки, що переносяться, крупніші, при слабкому - дрібніші, внаслідок чого плавневий алювій шаруватий і має різномірний механічний склад. Це головним чином супіски та суглинки.

Стариці пов'язані з рікою тільки під час розливу, внаслідок чого вони заростають і там відбувається бурхливе утворення органічних речовин. Старичний алювій може бути представлений мулами, торфами, темними суглинками та супісками.

Ріки, що не встигли розвантажитись у нижній течії, виносять матеріал у море /озеро/. При впаданні ріки в море швидкість течії ще більше зменшується і матеріал, що несе ріка, відкладається, утворюючи дельту. Ріки в межах дельт розгалужуються, розділяються на безліч рукавів. Дельти зростають з року в рік, змінюючи обриси берегів. Відклади дельт у вертикальному та горизонтальному розрізах дуже мінливі: алювій змінюється відкладами дельтових озер та боліт. Дельти рівнинних річок складені глинами, які перешаровуються пісками, дельти гірських річок - дрібною галькою та піском.

Частіше за все алювіальні відклади не залягають окремо, а утворюють цілий комплекс, що є результатом життєдіяльності ріки. У будівельному відношенні алювіальні відкладення можуть бути надійними /крупноуламкові відкладення, піски/ і дуже ненадійними /мул, торф/ підвалинами фундаментів. Внаслідок неоднорідності залягання можуть давати нерівномірні осадки.

## 7.4. Геологічна діяльність морів, озер та боліт

### 7.4.1. Геологічна діяльність океанів та морів

У Світовому океані зосереджено близько 1,4 млрд. км<sup>3</sup> (97%) водних запасів планети. Частина цієї води в льодовикові епохи перетворювалась у лід - рівень води знижувався, в міжльодовикові епохи рівень води підвищувався до сучасного, а інколи і перевищував його на 30м і більше.

Величезна рухома маса води Світового океану виконує велику роботу руйнування /морська абразія, від «ат. «абразіо» - збиваю/, транспортування та творення. 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.

Світовий океан не раз змінював свої межі. Уся поверхня сучасної суші неодноразово заливалася його водами. На дні морів формувались потужні товщі осадків, які перетворились згодом в осадочні породи.

Руйнівна діяльність моря. Море намагається зрізати береги до свого рівня. Морські хвилі роблять на берег великий тиск. Так, тиск вітрових хвиль біля берегів внутрішніх морів досягає 150кПа /15т/м<sup>2</sup>/, а біля берегів зовнішніх морів - 380кПа /38т/м<sup>2</sup>/ . Уламковий матеріал, яким насичені хвилі, посилює їх руйнівну діяльність.

Якщо рівень моря довго залишається постійним, берег поступово відступає до такого положення, коли навіть штормові хвилі його не досягають. Берег із абразійного переходить у акумулятивний, біля нього починається намів уламкового матеріалу. Утворюється пляж. Уламковий матеріал хвилеприбійної тераси зглажується і здрібнюється до гравію та піску. Частина матеріалу переміщується в глибину моря.

Особливо інтенсивне руйнування берега і швидке зростання тераси спостерігається при поступовому опусканні материка і, отже, наступу /трансгресії/ моря. При відступі /регресії / моря хвилеприбійні тераси виявляються на поверхні і утворюють морську терасу.



Засоби захисту морських берегів від руйнування є такі:

- 1/ спорудження пасивного захисту /потужні хвилебійні стінки із залізобетону товщиною в декілька метрів/, які швидко руйнуються морем і потребують частого ремонту і відновлення;
- 2/ спорудження активного захисту /хвилеломи, буни/, біля яких утворюються пляжі, які є природним захистом берега.

Транспортувальна діяльність моря. Вона здійснюється морськими течіями, приливами та відливами, вітровими хвилями та ін. У результаті формується рельєф морського дна, прибережної зони.

Вітрові хвилі переміщують уламковий матеріал у прибережній зоні. При підході хвиль до берега під кутом можливий перенос уламкового матеріалу уздовж берега. При підході хвиль перпендикулярно до берега наноси переміщуються нормально до нього, виробляючи профіль рівноваги. Переміщення вітровими хвилями піщано-галькового матеріалу спостерігається до глибини 8-10 м.

Припливні та відпливні хвилі приводять до руху уся товща води незалежно від глибини, і тому вони здатні не тільки переміщувати наноси, а й еродувати дно.

Морські хвилювання, течії та ін. виконують велику роботу по диференціації уламкового матеріалу за масою та об'ємом.

Акумулятивна діяльність моря. Вітчизняні та зарубіжні вчені виявили певну закономірність у накопиченні осадків. У Світовому океані виділяють чотири основні зони.

1. Прибережна /літоральна/ - між рівнями самого високого припливу і самого низького відпливу. Ширина її невелика, лише інколи досягає 10-15 км. У деяких берегів вона зовсім відсутня.

2. Шельф /мілководні або перітові осадки/. Зона пологого схилу морського дна до глибини 200-250 м.

3. Глибоководна /батіальна/. Зона більш крутого схилу морського дна до глибини 2-2,5 км.

4. Абісальна /надглибока/ зона, яка приурочена до ложа океану.

Основна маса осадків накопичується у перших двох зонах.

Осадки літоральної зони виділяються надзвичайною різноманітністю як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямку. Переважно мають механічне походження, рідко хімічне і дуже рідко - органогенне. Зона знаходиться в смузі припливу та відпливу і тому слабо заселена як тваринами, так і рослинами. У літоралі

накопичуються галькові /біля скелюстих берегів/, піщані та гравійні відклади /біля плоских берегів/. Іноколи зустрічаються черепашники.

Осадки шельфової зони. Ширина мілководної смуги змінюється від 200-300 км до 1-2 км /біля підніжжя молодих гір, наприклад, Кордільєр/. Потужність осадків у шельфовій зоні найбільша. Вона тим більша, чим більше осадків приносять ріки, що упадають, і чим інтенсивніше розвивається берег.

Для відкладів шельфової зони характерна швидка змінюваність осадків по площі—осадки механічного походження замінюються хімічними та органогенними. Відклади виразно шаруваті. Склад: валуни, галька, гравій, піски /ступінь здрібнення збільшується при віддаленні від берега/. Якщо до механічних осадків примішуються органогенні та хімічні, то утворюються вапняково - глинисто - мергелісті породи.

Осадки батіальної зони. Вони представлені тонкодисперсним матеріалом /пилуваті і глинисті частинки/, який свідчить про слабе переміщення водних мас. Це переважно мули, збагачені обмеженими речовинами.

Осадки абісальної зони. Представлені органічними кремністими мулами та глибоководними глинами, які утворюються внаслідок підводного вивітрювання, вулканічного попелу, із метеорного та атмосферного пилу, колоїдних розчинів, що приносяться річками та доставляються в глибокі зони течіями.

Будівельні властивості морських відкладів. /геологічний індекс "m"/. Відклади прадавніх морів займають значну територію сучасної суші, в зв'язку з чим часто використовуються як підвалини будинків та споруд.

Крупноуламкові породи та піски морського походження є надійними підвалинами.

Крейда, вапняк, мергель, доломіт, гіпс за механічною міцністю цілком задовольняють будівельників, але із-за їхньої розчинності у воді схильні до карстоутворення /див. § 8.4.3/.

Глини та суглинки, що утворились під великим тиском, дуже переушільнені, внаслідок чого вони дають невеликі осадки під навантаженнями, але при попаданні в них води набухають. Особливо значне набухання відбувається при наявності в породі монтморілоніту. При заляганні на схилах морські глини схильні до сповзання.

Часто містять шкідливі домішки /наприклад  $\text{FeS}_2$  пірит/.

Сучасні морські мули мають велику пористість і невелику міцність.

#### 7.4.2. Геологічна діяльність озер та боліт.

Розміри дзеркала озер змінюються від десятих долей до десятків і сотень тисяч квадратних кілометрів /Байкал - 31,5 тис. км<sup>2</sup>, Каспійське - 395 тис. км<sup>2</sup>/. Загальна площа озер складає 1,8% суші.

Западини озер самого найрізноманітнішого походження / льодовикові, карстові, тектонічні та ін./.

Руйнівна робота озер аналогічна роботі моря, тільки масштаби її набагато менші. Акумулятивна діяльність озер залежить від їх водного режиму, мінералізації води, розмірів, особливостей рельєфу та клімату місцевості.

Механічні осадки озер можуть бути галькою, гравієм, піском, мулами. Формуються вони як за рахунок продуктів руйнування берегів, так і за рахунок уламкового матеріалу, що приноситься річками, струмками. Хімічні та органігенні осадки переважають у безстічних озерах.

Мілководні ділянки навіть проточних озер заростають вологолюбною рослинністю - очеретом, осокою, водоростями. Відмираючі, рослини падають на дно і стають поживою для бактерій /сапрофіти/, внаслідок чого на дні озер утворюється своєрідна суміш мінерального та органічного гнилизного мула-сапропілю. У солоних озерах переважають хімічні осадки. Геологічний індекс озерних відкладень "І".

Болотами називаються надмірно зволожені ділянки земної поверхні, зайнятої специфічною водною рослинністю, при відмиранні якої утворюється торф /або сапропілю/. Перетворення рослинних залишків у торф відбувається без доступу повітря за участю бактерій та нижчих грибів. При цьому збільшується вміст вуглецю /в торфі його до 59%/. Торф з часом під дією тиску, високих температур та інших факторів перетворюється в різне за складом вугілля /від бурого до антрациту/. Торфи та заторфовані ґрунти як природні підвалини фундаментів не використовуються через їхню велику стискуваність та пожежну небезпеку.

## 7.5. Геологічна діяльність льодовиків

Сучасні льодовики займають більше 16млн.км<sup>2</sup> (близько 11%) усієї земної суші. 99,5% площі, зайнятої льодовиками, припадає на полярні, 0,5% - на високогірні області.

Льодовики в історії Землі не раз займали ще більші площі. Так, зледеніння на початку, в середині і в кінці протерозойської ери охоплювало величезну територію Північної Америки, а у верхньокам'яновугільний час - Південної Африки та Південної Америки, Австралії. Зледеніння відбувались у пермі, тріасі, а останнє наприкінці неогену - початку четвертинного періоду. Це так зване велике четвертинне зледеніння.

Льодовикові та водно-льодовикові відклади докайнозойських ер зазнали суттєвих змін, а відклади та форми рельєфу неогеново-четвертинного періоду простежуються на величезних просторах Європи, Азії та Північної Америки.

Розповсюдження четвертинних льодовиків у Європі доходило /за даними Ассєва А.А./ до 50° північної широти. Наступали вони із двох основних центрів: перший, найбільш крупний, був розташований на території Скандинавії, Фінляндії та Кольського півострова; другий - на території Нової Землі, Полярного та Південного Уралу.

У Південній Америці льодовики, за даними Р.Флінта, розповсюджувались з півночі на південь до 40° північної широти із трьох центрів зледеніння: кордільєрського, ківатінського /на захід від Гудзонової протоки/ та лабрадорського.

В Азії /Сибір / зледеніння, за даними В.А.Обручова, досягало 60° північної широти.

Четвертинні зледеніння в максимальних межах займали близько 30% усієї площі суші і більше 4% поверхні океану, тобто утричі більше сучасного. Під вагою льодовиків земна кора прогиналась, а після їх відступу підіймалась зі швидкістю до 4см/рік. Льодовики то відступали, скорочуючись до розмірів сучасних, то наступали знову. Питання про кількість зледенінь залишається до цього часу суперечливим.

На території європейської частини Росії К.К. Марков виділив чотири зледеніння. Перше із них /найдавніше/- охське, друге- дніпровське /200тис.років тому/, третє - московське /150тис. років тому/, четверте - валдайське /10,5 - 20тис. років тому/. Найбільшу площу займало дніпровське зледеніння. Льодовик спускався двома «зиками по уже тоді існуючих долинах Дніпра та Дону до 48-ої паралелі. Цей льодовик займав значну територію України. Потужність його досягала 2,5км у зоні живлення і 1км поблизу південної границі.

Чим було спричинене похолодання клімату в кінці неогену та на початку четвертинного періоду принаймні на 4-5°С, до цього часу не в'яснено. З цього питання існують лише численні гіпотези. Прихильники одної групи гіпотез пов'язують зміну клімату з космічними явищами: зміною сонячної активності, зміною кута нахилу земної осі до екліптики, проходженням сонячної системи через різні за щільністю туманності Галактики. Прихильники іншої групи гіпотез пов'язують причини зміни клімату з явищами, що відбувалися на самій Землі: з інтенсивністю вулканічних вивержень, гороутворюючими процесами і т.п. Вірогідно, що пояснити наступ льодовиків буде можливо тільки на основі урахування взаємозв'язку та взаємодії як земних, так і космічних факторів, тому що льодовики, безумовно, становлять лише кільце в загальному ланцюгу геологічних та географічних явищ.

### 7.5.1. Льодовикові відкладення

Руйнівна робота льодовиків. Навіть невеликі за потужністю льодовики/100м/ дають на земну поверхню з інтенсивністю 980 кПа /98тс/м<sup>2</sup>/. Потужні льодовики кришать і здрибнюють гірські породи свого ложа.

Руйнівну роботу льодовика посилюють захоплені ним уламки. За допомогою уламків він розтирає, шліфує поверхні гірських порід, залишає на них льодовикові борозни, подряпини, рубці довжиною до декількох метрів і шириною до декількох сантиметрів. Якщо льодовик зустрічає на своєму шляху крихкотілі гірські породи, він їх виорує. Спускаючись річковими долинами, льодовик перетворює ерозивні гірські долини в льодовикові коритоподібної форми.

Транспорт і акумуляція. Уламковий матеріал, що переміщується і відкладається льодовиком називається мореною. Виділяють донні /нижні/, поверхневі та внутрішні морени, в гірських льодовиках—це серединні та бокові. Донні морени розташовуються по підшві льодовика. Вони представлені продуктами підльодовикового вивітрювання та уламками, відірваними льодовиком від ложа при його русі. Оскільки матеріал, що несе льодовик, перетирається, то в донній морені поряд з крупними уламками містяться пилюваті та глинисті частинки. Для неї характерна велика щільність.

Внутрішні морени утворені уламковим матеріалом, що рухається в тілі льодовика. Поблизу краю льодовика внутрішня морена витоплюється, закриває поверхню льодовика—утворюється поверхнева морена.

У місцях закінчення льодовика відбувається накопичення матеріалу—кінцева морена. Чим триваліший строк стаціонарного положення льодовика, тим вищий вал кінцевої морени /до декількох десятків метрів/. При відступі льодовика серединні, бокові, донні та внутрішні морени, зливаючись, утворюють основну морену, що має рівнинний або горбистий рельєф.

Морени називають ще льодовиковими, або гляціальними /лат. "гляціус"—лід/, відкладами /геологічний індекс "g"/. Це несортована суміш уламків різномірного за крупністю матеріалу: глини або суглинки зщебенем та валунами. Найбільш часто зустрічаються моренна глина та валунні суглинки. Колір їх залежить від кольору порід, захоплених льодовиком. Ці породи не шаруваті, залагають нерідко у вигляді валів, горбів та інших неправильних форм. Потужність морен материкового четвертинного зледеніння від 2 до 35м.

Будівельні властивості льодовикових відкладень. Різномізернистість льодовикових відкладень, за якої більш дрібні частинки заповнюють пори між більш крупними, обумовлює знижену їх пористість. Так, пористість валунного суглинка не перевищує  $0,25+0,30$ , інколи знижуючись до  $0,08-0,12$ . Порода зберігає ту щільність, яку вона набула під впливом значного тиску льоду. У зв'язку з цим морени мають велику міцність та малу деформативність, є надійними підвалинами будинків та споруд.

## 7.5.2. Водно-льодовикові та озерно-льодовикові відклади

Внаслідок розтавання величезних мас льоду, що складали льодовик, з'являлись потужні потоки води, які розмивали морени. При переносі уламкового матеріалу водою відбувалось звичайне для водних потоків сортування частинок за їх крупністю. Там, де швидкість течії потоків зменшувалась, уламковий матеріал випадав у вигляді осада. Таким шляхом відбувалось утворення флювіогляціальних відкладів /лат. "флювіс" - потік, "гляціаліс" - льодяний/. Геологічний індекс "fg".

Водно-льодовикові відклади попереду краю льодовика утворюють великі поля, що простягаються до валу кінцевих морен. У материкових льодовиків вони складені на великій площі піщано-глинистими та піщаними відкладами і називаються зандровими /нім. "зандро" - піщані/ полями. З водно-льодовиковими потоками пов'язують утворення горбистоподібних звивистих гряд - оз , витягнутих у напрямку руху льодовика і хаотично розкиданих біля краю льодовика нагорбків, складених горизонтально-паруватим матеріалом, обробленим водою. Ці нагорбки називають камами.

Широко розповсюджені флювіогляціальні відклади - покривні суглинки. Вони покривають усі утворені раніше льодовикові відклади. За складом, будовою та забарвленням вони нагадують лес, але відрізняються від нього великим вмістом глинистих частинок, меншою пористістю, наявністю в деяких випадках шаруватості, а також присутністю інколи в їх товщі прошарків піску та гравію.

Одним із видів водно-льодовикових відкладів є стрічкові глини, які утворились в замкнених прильодовикових озерах і тому їх також називають лімно-гляціальними /грецьк. "лігнос" - озеро/ відкладами. Геологічний індекс "lg". Для них характерне чергування тонкопіщаних та мулистих шарів. Така будова може бути пояснена тим, що із уламкового матеріалу, що приноситься в озеро влітку, пісок випав швидше, а глинисті частинки тривалий час заливались у зваженому стані. Їхнє повне осідання ставало можливим тільки взимку, після появи льодового покриву озера.

Крупнозернисті /піщані, гравійні і т.д./ флювіогляціальні відклади і покривні суглинки за будівельними властивостями практично не відрізняються від наведених вище аналогічних за складом алювіальних відкладів.

Стрічкові глини мають невелику міцність, значну деформативність і яскраво виражену анізотропію властивостей у горизонтальному та вертикальному напрямках.

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвіть основні природні фактори, які викликають екзогенні геологічні процеси.
2. Що таке вивітрювання, яка його природа і як воно перетворює гірські породи?
3. Що таке елювій, які його будівельні властивості?
4. Яку геологічну роботу виконує вітер, яке вона має значення для будівництва різних споруд і як борються з рухомими пісками?
5. Назвіть основні еолові відклади. Їхні будівельні властивості.
6. Руйнівна робота текучих вод. Як борються з ростом ярів, береговими підмивами?
7. Що таке делювій, який його склад, як він утворюється?
8. Що таке селі, де вони бувають? Будівельні властивості пролювію.
9. Типи річкових долин. Процеси їх утворення та будова.
10. Види річкового алювію, його будівельні властивості.
11. Що таке морська абразія? Засоби боротьби з підмивом берегів.
12. Види морських відкладів, їхні будівельні властивості.
13. Як поділяються і де розповсюджені льодовикові відклади різного походження?
14. Які форми рельєфу складають моренні та водно-льодовикові відклади? Їхні будівельні властивості.
15. Види озерно-льодовикових відкладів.
16. Відклади озер і боліт, їхні будівельні властивості.



## 8. ІНЖЕНЕРНО - ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

У попередніх розділах охарактеризовані природні геологічні процеси. Ці процеси протікають у всіх без винятку породах, причому деякі з них / і, землетруси, вулканічні явища та ін./ не можуть бути відвернуті людиною.

Можна назвати велику групу процесів, які протікають лише в породах певного складу та походження. Так, процеси ущільнення характерні лише для крихкотілих порід, просадки - лесових та мерзлих, набухання - глинистих.

Процеси, що виникають у породах певного складу та походження, тривалість проявлення яких можна порівняти з тривалістю служби споруд, називаються інженерно-геологічними.

Характерною особливістю інженерно-геологічних процесів є їхній найтісніший зв'язок з інженерною діяльністю людини, але деякі з них можуть протікати і без цього зв'язку.

Інженерно-геологічні процеси бувають причиною деформації будівель і споруд, а іноді і повного їх руйнування. Але, на відміну від такого геологічного явища, як землетрус, вони можуть бути відвернуті.

Інженерно-геологічні процеси розділяються на дві великі групи: ті, що відбуваються із зміною об'єму порід, та ті, що пов'язані з їхнім рухом /течією/.

До першої групи відносяться:

- 1/ ущільнення порід внаслідок збільшення тиску;
- 2/ просадочність в лесових ґрунтах;
- 3/ набухання та усадка глинистих ґрунтів ;
- 4/ суфозія та карст;
- 5/ морозне здимання ґрунтів .

До другої групи відносяться:

- 1/ видавлювання порід з-під підшви фундаментів;
- 2/ зсувні процеси;
- 3/ зрушення гірських порід.

Далі ці процеси розглядаються докладно, за винятком процесів видавлювання порід з-під фундаментів та ущільнення їх внаслідок збільшення тиску, спричиненого інженерними спорудами /осідання/ (останні відносяться до курсу "Підвалини та фундаменти").

## 8.1. Ущільнення порід внаслідок збільшення тиску

Збільшення тиску, що зазнають породи, які складають водоносні горизонти, може бути спричинене /крім зовнішнього навантаження від будинків та споруд/ зниженням рівня підземних вод /або зниженням їхнього напору /для напірних вод/. У випадку зниження рівня підземних вод зникає зважуюча дія води, що викликає збільшення природного тиску.

Підшва верхнього водоупору, що огорожує напірний водоносний горизонт, зазнає зважуючого тиску води, направленої вгору. Це приводить до того, що водоносні породи зазнають неповного впливу ваги верхніх порід. При падінні напору води внаслідок відкачування тиск, що зазнають водоносні породи, збільшується на  $100 \text{ кПа} / 10 \text{ тс/м}^2 /$  на кожні  $10 \text{ м}$  зниження рівня.

Природне ущільнення деяких порід, наприклад, водяного походження /морські, озерні та річкові відклади/, проходить, коли частинки знаходяться в зваженому стані. Такі ґрунти при відкачуванні води здатні доущільнюватися. Пониження земної поверхні можуть бути викликані і спадом напору нафти у результаті її видобутку.

Такого роду осідання, що відбуваються в межах більш-менш великих територій, називаються регіональними.

## 8.2. Просадочні явища в лесових ґрунтах

До просадочних порід відносяться леси та лесоподібні суглинки, супіски та глини, деякі види покривних суглинків і супісків, а також в окремих випадках дрібні та пілуваті піски з підвищеною структурною міцністю, насипні глинисті ґрунти, відходи промислових підприємств, попільні відклади та ін.

Просадочні породи та основні їх представники - лесові ґрунти - широко розповсюджені в Україні /займають більше 80% її території/.

У північній частині Волинського плато товщина шару лесових ґрунтів змінюється від 3 до  $10 \text{ м}$ . Відносна просадочність /див. нижче/ цих ґрунтів  $E_{st} = 0,03 - 0,064$  при тиску  $\sigma = 300 \text{ кПа}$ .

Лесові ґрунти Дністровської рівнини в своїй більшості непросадочні / $\epsilon_{st} = 0,01 - 0,018$  при  $\sigma = 300 \text{кПа}$ /. При віддаленні від р. Дністра збільшується товща лесових макропористих ґрунтів і в районі Подільського плато ці ґрунти характеризуються  $\epsilon_{st} = 0,03 - 0,04$  при  $\sigma = 300 \text{кПа}$ . Близькі за властивостями лесові ґрунти зустрічаються на території лівого берега р. Прута. На Львівщині просадочні ґрунти залягають на глибину до 7 м і мають  $\epsilon_{st} = 0,04 - 0,06$  при  $\sigma = 300 \text{кПа}$ .

Лесові ґрунти мають безперервне розповсюдження, починаючи з межі Дніпровської низовини в межах річки р. Дніпра і Дністра. Їх товщина 5-35 м,  $\epsilon_{st} = 0,01 - 0,15$  /  $\sigma = 300 \text{кПа}$ /. У межах Причорноморської западини лесові ґрунти також залягають у вигляді безперервного шару потужністю до 22 м при відносній просадочності більше 0,2 /  $\sigma = 300 \text{кПа}$ />.

Лесові ґрунти часто зустрічаються і в Приазов'ї. Так, наприклад, у районі Таганрога їхня потужність досягає 17 м, а  $\epsilon_{st} = 0,028 - 0,062$  при  $\sigma = 300 \text{кПа}$ . На території Вінницької області лесові ґрунти зустрічаються повсюди потужністю від 2,5 до 19,5 м.

Лесові ґрунти за гранулометричним складом містять більше 50% пилуватих /розміром 0,05 - 0,005 мм/ частинок, легко - та середньогрозинні солі і карбонат кальцію. Характерні ознаки цих ґрунтів: паливий /світло-коричневий/ колір, велика пористість /часто помітна неозброєним оком/, мучнистість на дотик. Особливістю лесів є їхня здатність просідати /опускання поверхні/ при замочуванні внаслідок доущільнення. Лесові ґрунти легко розмокають і розмиваються, а при повному водонасиченні можуть переходити в пливунний стан.

У сухому стані леси відзначаються великою міцністю і можуть служити надійними підвалинами, але при замочуванні можуть викликати осідання, часто нерівномірні, на схилах-зсуви.

Умови, що необхідні для проявлення осідання:

1/ наявність навантаження, здатного при зволоженні перевищити сили зчеплення ґрунту;

2/ достатнє зволоження, при якому в значній мірі знижується міцність ґрунту.

Що ж до мінералогічного складу, то леси містять до 50%  $\text{SiO}_2$  роздробленого, з розмірами частинок 0,1 - 0,01 мм/, до 25% глинистих мінералів, 25 - 30%  $\text{CaCO}_3$ . У них можуть бути домішки окисів і гідроксидів заліза і алюмінію.

Вивченням лесових ґрунтів займалися видатні російські та українські вчені Л.С.Берг, І.П.Герасимов, В.Д.Обручов, А.П.Павлов, П.О.Тутковський, С.М.Клепиков та ін., які створили ряд оригінальних теорій про походження цих ґрунтів: еолову, водно-льодовикову, пролювіальну, делювіальну, алювіальну та ін. Найбільшу перевагу серед цих теорій набули еолова, водно-льодовикова та пролювіальна, /тобто утворення недоушільненого стану лесових порід еолового, делювіального або пролювіального походження в умовах сухого клімату/.

Зовнішньою ознакою просадочності ґрунтів у природі є утворення на земній поверхні „блюдець” діаметром 50 - 100 м і глибиною 0,5 - 1,0 м. Під дією води вони можуть розширюватися до 400 - 500 м у діаметрі і поглиблюватися до 5-6 м. Такі утворення одержали назву подів.

Основні причини просадочності такі:

- велика пористість /до  $0,5 \div 0,6$ /;
- невелика водостійкість агрегатів, які складають лесовий ґрунт, що приводить до їх розм'якшення при замочуванні;
- розчинення водою карбонатів та інших солей, що цементують зерна ґрунту;
- осмотичний тиск у товщах лесових ґрунтів.

Основним проявленням просадочності є ущільнення ґрунту за рахунок переміщення і більш компактної укладки окремих частинок та їхніх агрегатів, завдяки чому знижується пористість до стану, що відповідає наявному тиску.

Лесові ґрунти володіють рядом особливостей за своїми фізико-механічними властивостями. Зокрема, вони майже завжди бувають маловологими  $w = 0,06 - 0,11$ %, мають низьку питому вагу  $\gamma = 12,8 - 18,0 \text{ кН/м}^3$ , високу пористість  $n = 0,45 - 0,54$ %. Коли пористість ґрунту більша  $0,4$ , а питома вага сухого ґрунту менша  $15 \text{ кН/м}^3$ , то це побічний доказ його можливого осідання. Механічні характеристики лесових ґрунтів суттєво погіршуються при замочуванні, і тому їх визначають у двох варіантах: при природній вологості і в стані повного водонасичення. Візуально належність того чи іншого ґрунту до категорії просадочних можна оцінити таким чином. У склянку з прозорою водою опускають грудку ґрунту і спостерігають за нею. Швидко /протягом однієї хвилини/ просадочний ґрунт розмокає і осідає на дно у вигляді шару.

Для оцінки ступеня просадочності ґрунтів застосовуються спеціальні кількісні показники: відносна просадочність  $\epsilon_{st}$ , початковий просадочний тиск  $P_{st}$  та початкова просадочна вологість  $w_{st}$ .

Відносна просадочність показує частку, яку складає величина просадки від початкової потужності шару ґрунту.

Визначається  $\epsilon_{st}$  у компресійних приладах двома методами:

- методом однієї кривої;
- методом двох кривих.

При випробуваннях методом однієї кривої зразок ґрунту завантажується до деякого тиску  $P$ , потім проводиться його замочування до повного водонасичення і подальше його завантаження. /рис. 8.1, а/.

Відносну просадочність визначають за формулою

$$\epsilon_{st} = \frac{h_{np} - h_{st,p}}{h_{n,p}}, \quad /8.1/$$

де  $h_{np}$  і  $h_{st,p}$  - висота зразка відповідно до природної вологості та в стані повного водонасичення при заданому тиску  $P$ ;  $h_{n,p}$  - висота зразка природної вологості при тиску від власної ваги ґрунту.

Метод однієї кривої дозволяє визначити  $\epsilon_{st}$  тільки при заданому тиску  $P$ .

При випробуванні методом двох кривих проводяться дослідні двох зразках ґрунту: одного при природній вологості, другого у водонасиченому стані. Кожен зразок стискають в однаковому діапазоні тиску. За даними цього методу випробувань можна визначити  $\epsilon_{st}$  при будь-якому заданому тиску /рис. 8.1б/. Це суттєва перевага методу двох кривих, оскільки відносна просадочність значно збільшується при збільшенні тиску.

За величиною відносної просадочності ґрунти поділяють на просадочні та непросадочні. При  $\epsilon_{st} > 0,01$  ґрунти відносять до просадочних.

Під початковим просадочним тиском  $P_{st}$  розуміють мінімальний тиск, при якому проявляються просадочні властивості ґрунту в умовах його повної водонасиченості.

За початковий просадочний тиск береться :

- при лабораторних випробуваннях ґрунтів у компресійних приладах - тиск, при якому  $\epsilon_{st} = 0,01$ ;
- при польових випробуваннях штампом попередньо замоченого ґрунту - тиск на межі пропорційності графіка "навантаження - осадка";
- при замочуванні ґрунту в дослідних котлованах - вертикальне напруження від власної ваги ґрунту на глибині, починаючи з якої відбувається просадка ґрунту від власної ваги.

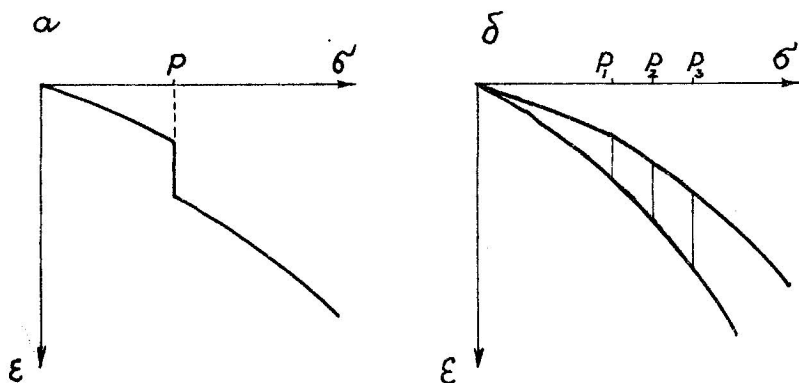


Рис. 8.1. Залежність відносної деформації від тиску при випробуваннях:  
 а - методом однієї кривої; б - методом двох кривих.

Початковий просадочний тиск може змінюватись у широких межах /  $P_{se} = 20-300 \text{ кПа}$  /.

Під початковою просадочною вологістю /  $\omega_{se}$  / розуміють вологість, при якій просадочні ґрунти, що знаходяться під навантаженням, починають проявляти просадочні властивості.  $\omega_{se}$ , як і  $\epsilon_{se}$ , є функція діючого тиску, але початкова просадочна вологість при збільшенні тиску зменшується.

Просадочні явища в лесових та інших просадочних ґрунтах протікають по-різному в залежності від конкретних гідрогеологічних умов.

Основні джерела замочування і підвищення вологості просадочних ґрунтів такі: витік із комунікацій і технологічних пристроїв; атмосферні опади; фільтрація води із зрошувальних каналів; зміна умов аерації при забудові територій; підвищення рівня ґрунтових вод та ін.

Різні розміри, форма, положення та інтенсивність джерела замочування викликають і різний характер замочування просадочних ґрунтів. У залежності від перелічених факторів виділяють такі види замочування:

- місцеве замочування зверху, яке приводить до просадки ґрунту на обмеженій площі в верхній частині товщі або рідше, на усю глибину просадочної товщі;
- інтенсивне замочування зверху протягом тривалого часу, внаслідок чого відбувається замочування ґрунту на всю просадочну товщу і повне проявлення просадок як від власної ваги ґрунту, так і від навантажень фундаментів;
- підняття рівня ґрунтових вод, які викликають просадку нижніх шарів ґрунту в основному від їх власної ваги;
- повільне підвищення вологості, яке викликається порушенням природних умов випаровування ґрунтової вологи внаслідок забудови та асфальтування території.

Проникаючи в просадочний ґрунт зверху, вода розповсюджується і переміщується в товщі як зверху вниз, так і в сторони від джерел замочування, утворюючи зволожену зону. На характер формування та розміри зволоженої зони, крім величини та форми джерела замочування, впливають літологічна будова товщі просадочних ґрунтів, їхні фільтраційні властивості та ін.

При місцевому замочуванні із точечних, а також лінійних джерел /траншей, каналів/ у ґрунті утворюється зволожена зона, що має в поперечному перерізі форму, близьку до зрізаного еліпса /рис.8.2,а/. Інтенсивне замочування зверху значної площі приводить, як правило, до утворення зволоженої зони, близької до трапеції /рис.8.2,б/. Безпосередньо під площею, що замочується, розповсюдження води відбувається вертикально вниз - зона гравітаційного руху води. За межами цієї площі вода розповсюджується униз і в сторони - зони капілярного та плівкового переміщення води. Кут  $\beta$ , під яким вода розповсюджується в сторони, залежить від виду ґрунту / $\beta = 20-40^\circ$  для лесоподібних супісків та лесів;  $\beta = 45-45^\circ$  для лесоподібних суглинків/, його водопроникності. Випадки замочування зверху найбільш небезпечні, тому що приводять до нерівномірних за площею деформацій.

Підвищення вологості просадочного ґрунту при забудові території приводить до повільного зниження міцності ґрунту за рахунок розм'якшення природного цементу, що зв'язує частинки лесового ґрунту, і до підвищення його стисливості /уповільнена просадка/.

Просадки ґрунту при піднятті рівня ґрунтових вод мають такі особливості:

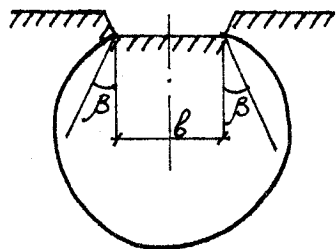
- швидкість просадки при інфільтрації знизу менша швидкості при інфільтрації зверху і складає декілька сантиметрів за рік /при промочуванні зверху - 25 - 30 см /місяць/;
- просадки відбуваються більш-менш рівномірно за площею, за винятком куполоподібного піднімання рівня ґрунтових вод;
- при швидкому підніманні рівня ґрунтових вод до підшови фундаменту просадка практично припиняється і складає максимум 1-4см/рік; в цьому випадку небезпечне виникнення руху води /наприклад, відкачування із поблизу розташованого котлована/; уповільнення просадки при швидкому підніманні рівня ґрунтових вод пояснюється утрудненням фільтрації в напруженої зони.

### 8.3. Набухання та усадка глинистих ґрунтів

До набухаючих відносяться ґрунти, які здатні збільшуватися в об'ємі при підвищенні вологості та зменшуватися при висиханні.



а



б

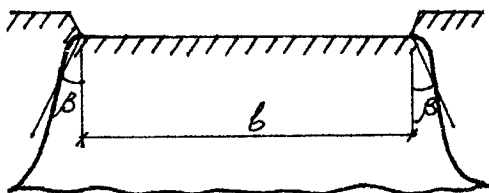


Рис. 8.2. Форми зволоженої зони при:  
а - точечному джерелі замочування; б - замочуванні значної площі.

Процес збільшення в об'ємі називається набуханням, а зменшення - усадкою.

Здатністю набухати майже завжди володіють глини, оскільки набухання при замочуванні відбувається внаслідок збільшення товщини плівок зв'язної води, її розклинюючої дії. Ступінь збільшення об'єму ґрунтів при набуханні залежить від їхнього складу /особливо сильно набухають монтморілонітові глини/, доступності поверхні частинок для молекул води та ступеня ущільнення ґрунту /наприклад, переущільнені морські глини схильні набухати/. Крім глин, здатністю набухати володіють деякі види шлаків, а також звичайні пілувато-глинисті ґрунти при замочуванні їх хімічними відходами виробництва.

На Україні набухаючі глини зустрічаються в Криму, в районах Керчі та Феодосії.

Набухання відбувається внаслідок усмоктування води зовні та за рахунок перерозподілу молекул води усередині ґрунту. У першому випадку набухання досить велике. Набухання без вбирання води зовні проявляється, зокрема, при улаштуванні котлованів у результаті зняття природного тиску. Внаслідок набухання глин дно котлованів підіймається від кількох міліметрів до декількох десятків сантиметрів.

Якщо дно котлованів з набухаючими ґрунтами залишити відкритим /у літній сухий час року навіть протягом доби/, то відбудеться усадка глин з поверхні. Це пов'язано з їхнім ущільненням і появою тріщин. Використання такого ґрунту як підвалини фундаментів у подальшому при попаданні води приведе до їх набухання /переущільнення та покращення доступності для молекул води/. У зв'язку з цим безпосередньо перед будівництвом глини верхнього шару, що набухають або зазнають усадки, повинні бути вилучені.

Якщо переущільнений глинистий ґрунт вбирає воду, знаходячись в умовах, що виключають збільшення його об'єму, то навколишнє середовище починає зазнавати тиску набухання. Його величина поступово збільшується з часом, досягаючи максимального значення через декілька десятків діб від початку замочування.

Величина тиску набухання для більшості глин, як правило, не перевищує 150-200 кПа, а в деяких випадках може досягти 1,2-1,5 МПа.

Ступінь набухання глинистих ґрунтів при вибранні ними води залежить від величини тиску, зазаного ними зовні. Чим менший цей тиск у порівнянні з тиском набухання, тим більшим при інших рівних умовах буде набухання глинистого ґрунту, і тому найбільших деформацій зазнають легкі будинки та споруди.

Кількісно набухаючі ґрунти характеризуються такими показниками: тиском набухання  $/P_{sw}/$ , вологістю набухання  $/w_{sw}/$ , відносним набуханням  $/E_{sw}/$  при зволоженні та відносною усадкою при висиханні  $/E_{sh}/$ .

За тиск набухання  $P_{sw}$  беруть тиск на зразок ґрунту, що замочується і обтискується без можливості бокового розширення, при якому деформації набухання дорівнюють нулю.

За вологість набухання ґрунту  $w_{sw}$  приймають вологість, одержану після завершення набухання зразка ґрунту, обтисненого без можливості бокового розширення заданим тиском.

Таким чином, вологість набухання є величина перемінна, яка залежить від діючого тиску. Те ж саме відноситься до двох останніх характеристик.

Відносне набухання визначається за результатами компресійних випробувань і підраховується за формулою

$$E_{sw} = \frac{h_{nat} - h_n}{h_n}, \quad /8.2/$$

де  $h_n$  - висота зразка природної вологості і щільності, обтиснутого тиском  $P$  без можливості бокового розширення;  $h_{nat}$  - висота того же зразка після замочування до повного водонасичення при такому же тиску.

Якщо  $E_{sw}$  визначається тільки при одному тиску, то його рекомендується брати рівним:

$$\sigma_{z,tot} = \sigma_{z,p} + \sigma_{z,g} + \sigma_{z,ad}, \quad /8.3/$$

де  $\sigma_{z,p}$  - вертикальний тиск на заданій глибині від фундаменту;  $\sigma_{z,g}$  - тиск на тій же глибині від власної ваги ґрунту;  $\sigma_{z,ad}$  - додатковий вертикальний тиск від ваги незволоженої частини масиву ґрунту за межами площі замочування.

Відносна усадка при висиханні визначається за формулою

$$E_{sh} = \frac{h_n - h_d}{h_n}, \quad /8.4/$$

де  $h_n$  - висота зразка ґрунту можливої найбільшої вологості при обтисненні його сумарним вертикальним напруженням без можливості бокового розширення;  $h_d$  - висота зразка ґрунту в тих же умовах при зменшенні вологості внаслідок висихання.

Ступінь проявлення набухання та усадки, як і в просадочних грунтах, залежить від конкретних гідрогеологічних умов. Набухання та усадка можливі за рахунок таких факторів:

- піднімання рівня ґрунтових вод; інфільтрації;
- накопичення вологи під спорудами в обмеженій за глибиною зоні внаслідок порушення природних умов випаровування при забудові і асфальтуванні території;
- зміни водно-теплогового режиму у верхній частині зони аерації під впливом сезонних кліматичних явищ;
- висихання ґрунтів від зовнішніх теплових джерел /печі та ін/.

Ці зміни можуть викликати деформації і малозаглиблених споруд, зведених на набухаючих глинах.

#### 8.4. Суфозія та карст.

Суфозія /лат. суфозіо - виноду/ - процеси винесення частинок ґрунту рухомою водою /механічна суфозія/, розчинення порід та винесення розчинів /хімічна суфозія, або карст/.

##### 8.4.1. Механічна суфозія

У процесі фільтрації води в порах ґрунтів їхні частинки зазнають діяння гідродинамічного тиску. Напрямок дії цього тиску збігається з напрямком руху води. Рух води не завжди приводить до винесення частинок, яке залежить від багатьох факторів, головні із яких такі: розміри пор та частинок, мінералогічний склад, швидкість фільтрації води, гідродинамічний напір.

Рух води в порах глинистих ґрунтів відбувається з повільною швидкістю, і тому прояв механічної суфозії для таких ґрунтів нехарактерний. У пісках винесення частинок можливе при неоднорідному гранулометричному складі.

У залежності від конкретних умов форми прояву механічної суфозії різноманітні. Прийнято розрізняти її прояв у винесенні окремих частинок із пор піску, в розпушуванні мас піску і у випранні цих мас.

Винесення частинок піску водов, що поступає в свердловину, може стати причиною заповнення її піском при відкачуванні води та опускання земної поверхні навколо свердловини. Для запобігання винесення піску із водоносних горизонтів свердловини обладнують фільтрами, які пропускають воду і затримують пісок.

Суфозія в будівельних котлованах виникає при відкритому водо-відведенні. В результаті винесення мінеральних частинок з ґрунту підвалини будинків, які розташовані поруч, послаблюються. Це може стати причиною розвитку значного осідання фундаментів. Крім того, відбувається обвалювання стінок котлованів. У таких випадках відкопування котлованів та закладення фундаментів проводять, організуючи водозниження, наприклад, з допомогою голкофільтрових установок.

Винесення частинок піску на місці виходу джерел на схилах може викликати руйнування схилів.

Гідродинамічний тиск води, що фільтрується знизу вверх, призводить до зменшення міцності піску аж до перетворення його в хитливу масу, що поглинає предмети, які знаходяться на його поверхні. Внаслідок суфозії відбуваються зсуви та провали земної поверхні, утворюються "блюдця" та ін.

При визначенні засобів боротьби з суфозією необхідно перш за все припинити рух води через масив гірської породи. Для цього застосовується тампонаж порід твердіючими розчинами, уштукатурюються дренажі, протифільтраційні завіси і т.п.

#### 8.4.2. Пливуни

Гідродинамічні процеси, що відбуваються в крихкотілих гірських породах, приводять інколи до виникнення пливунності. Утворення пливунів .

Пливуни - переважно піщані ґрунти, що проявляють рухомість при певних гідродинамічних умовах.

Пливуни поділяються на справжні та несправжні. Справжні пливуни, на відміну від несправжніх, містять гідрофільні колоїди, які відіграють роль мастила між мінеральними частинками. Основною причиною утворення структури пливунів є діяльність особливих мікроорганізмів, які, поглинаючи органічні та мінеральні речовини, виділяють колоїдну масу (слиз).

Головні специфічні властивості пливунів такі:

- приходять у пливунний стан при дуже низьких значеннях гідродинамічного тиску;
- погано віддають воду /вода каламутна, з мулистими частинками/;
- при висиханні маса справжніх пливунів твердіє /за рахунок колоїдних зв'язків/;
- перетворюються в рідоту при невеликій вологості /приблизно 0,30/;
- володіють властивостями тіксотропії /перетворюються в рідоту при динамічних діях/.

Якщо при будівництві пливуні не оголюються, то вони можуть бути надійними підвалинами споруд /витримують значні навантаження при незначних деформаціях/. Якщо ж пливун розкритий котлованом, то він може повністю витікти в котлован, що приводить до суттєвого збільшення земляних робіт, а також до пошкоджень існуючих споруд внаслідок осідання поверхні.

Якщо інженерно-геологічними вишукуваннями виявлені пливуні, то застосовуються такі заходи:

- проходка пливунів палями або іншими фундаментами глибокого закладення;
- попереднє осушення пливунів: при коефіцієнті фільтрації  $k_f > 1\text{м/добу}$  /псевдопливуні/ для цього застосовують відкачування води із свердловин, при  $k_f = 0,2\text{—}1\text{м/добу}$  - голкофільтри, а при  $k_f < 0,2\text{м/добу}$  електроосушення;
- зведення перепон на шляху виходу пливунів в котлован за допомогою шпунтового огородження або заморожування ґрунту.

### 8.4.3. Карст

Геологічні явища, пов'язані з частковим розчиненням та розмивом водою гірських порід і утворенням у них крупних ходів та порожнин, називають карстовими або карстом .

Карст займає більше 50млн.км<sup>2</sup> поверхні Землі. Уперше карстові процеси детально були вивчені на узбережжі Адріатичного моря на плато Карст поблизу м.Трієста, звідки й одержали свою назву.

Інтенсивному карстуванню підпадають карбонати /вапняки, крейда, доломіти/, сульфати /гіпси, ангідрити/, галоїди /кам'яна сіль/.

Для карста недостатньо наявності розчинних порід. Необхідна умова розвитку карста-переміщення води та інтенсивна тріщинуватість. При наявності в вапняках великої кількості глинистих частинок карстоутворення затухає, тому що глина, що накопичується при розчиненні карбонатних порід, тампонує тріщини і робить породи водонепроникними.

Розчинення гірських порід може відбуватись як на поверхні, так і на глибині. Виникають характерні форми поверхні карстового рельєфа - борозни, гребені, вирви і т.п. Виникнення порожнин приводить до провалів вищележачих порід.

Вся система підземних форм карста розвивається до базиса ерозії місцевої гідрографічної мережі. Опускання базиса ерозії викликає зниження рівня карстових вод і розвиток нової мережі порожнин відповідно до нового базиса ерозії.

Вилучування водою карбонатних порід проходить з часом відносно слабо і повільно. Тому при оцінці таких порід доводиться урахувати уже існуючий в них карст. У гіпсі та кам'яній солі розчинення проходить швидко і карст може різко прогресувати /на протязі терміну служби споруди/.

Заходи щодо запобігання розвитку карста.

Для недопущення попадання в карстуючі гірські породи талих та дощових вод:

- планування території /забезпечення стоку води/;
- спорудження зливової каналізації;
- покриття оголених поверхонь жирною глиною, цементним розчином, асфальтування та ін;
- улаштування дренажних мереж.

2. Зміцнення карстуючих порід нагнітанням у тріщини рідкого скла, глинистих та цементних розчинів, гарячого бітуму.

### 8.5. Морозне здимання

При промерзанні глинистих ґрунтів, доступних для проникнення в них вологи, в умовах неможливості збільшення їхнього об'єму, розвивається тиск, аналогічний тиску набухання. Його величина може досягати 100-200кПа. При 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 разом з спорудами, побудованими на ній. Це піднімання відбувається дуже нерівномірно і приводить до утворення бугристого рельєфу і появи тріщин у стінах будинків.

У найбільшій мірі морозному здиманню піддаються пілуваті суглинки та супісі. У таких ґрунтах, як галька, гравій, крупний пісок, здимання не виникає. Величина здимання, за інших рівних умов, збільшується при зменшенні глибини залягання ґрунтових вод.

Явище здимання не слід пов'язувати тільки із збільшенням об'єму води при її замерзанні, хоч воно теж має місце і дає б збільшення товщини промерзлого шару на величину до 3%. У дійсності морозне здимання може досягати десятків відсотків товщини шару і пов'язане з переміщенням вологи із нижніх шарів ґрунту до фронту промерзання.

Впливу зимового здимання на стійкість споруд запобігають закладанням 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 дренажні, які не змінюють об'єму при замерзанні.

## 8.6. Зсуви

Під зсувом розуміють більш - менш повільне зміщення земляних мас униз по схилу під впливом сили тяжіння.

Зсуви мають місце у тих випадках, коли, виникаючи з тих чи інших причин, у масі ґрунту поблизу укосу, зсувні /дотичні/напруження стають вищими за напруження, яким може протистояти ґрунт.

Зсуви завжди загрожують усім видам інженерних споруд /шляхи, мости, споруди на схилах, селища біля підніжжя схилів, стінки котлованів при будівництві/.

При оцінці стійкості /М.М.Маслов/ усі схили підрозділяють на три основні групи: схили зносу, схили обрушення, схили накопичення.

Внаслідок дії різних зовнішніх факторів /вода, лід і т.д./ відбувається вирівнювання схилів, що веде до утворення схилів зносу. Ці схили мають певні запаси стійкості. Якщо схили піддаються зсувам або їм загрожують ці явища, то вони відносяться до групи схилів обрушення.



При накопиченні біття підніжжя схилів продуктів руйнування гірських порід утворюються схили накопичення. Як і схили обрушення, вони знаходяться в стані граничної рівноваги. Великою небезпекою є діючі осипи - рухомі накопичення крупноуламкових продуктів вивітряннн.

Причини порушення стійкості схилів можна поділити на дві великі групи:

- збільшення активних зсувних сил;
- зменшення сил опору схилів. Інколи обидва ці фактори діють водночас.

Збільшення активних зсувних сил може бути викликане зведенням на схилах інженерних споруд, відсіпкою кавальєрів, збільшенням маси самої товді /наприклад, при обводненні/, зростанням крутизни укосу.

Зниження сил опору може бути виклипане зменшенням міцності ґрунту або зменшенням об'єму утримуючих мас.

Фактори, здатні викликати ці зміни, досить чисельні та різноманітні. Серед них суттєве значення мають процеси вивітряннн, які сприяють утворенню тріщин і зниженню опору ґрунтів зсуву. Поверхневі води морів, річок та озер підмивають підшову схилу і утворюють западину, над якою схил нависає /зменшення об'єму утримуючих мас/. Важливу роль у зниженні стійкості схилів відіграють підземні води, які можуть розчиняти і виносити частинки ґрунту під підшовою схилу і таким чином викликати зсуви суфозійного походження. Стійкість схилів може знизитись також внаслідок гідростатичного тиску води /яка збільшує діючі зсувні сили/, додаткового зволоження маловологих порід атмосферними та господарськими водами, господарської діяльності людини /поливи, господарчий водоскид, будівництво на схилах, підсічка схилу при будівництві шляхів, розорювання території/, впливу сейсмічних явищ та ін.

Для розробки протизсувних заходів важливо знати основні форми порушення стійкості укосів та схилів. Форма зсуву є наслідком сукупності ряду факторів природної обстановки: неотектоніки, клімату, геологічних особливостей структури товді схилу, інженерно-геологічних властивостей ґрунтів, гідрогеологічних особливостей водостоку, режиму ґрунтових вод і т.д. Виявлення причин зсуву дозволяє найбільш ефективно боротися з ним.

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

- обвали та вивали /рис.8.3,а/ виникають у жорстких породах при крутих уступах і розвинутій тріщинуватості;
- обрушення із зрізом і обертанням виникають на схилах, які складені глинистими ґрунтами з достатньо однорідною будовою. Лінії зрізу укосу мають криволінійний обрис /рис.8.3,б/; - скол при просадці /рис.8.3,в/, **обумовлений** видавлюванням із товщі укосу або з його основи слабких розм'якшених порід просадочних або розморожених ґрунтів, витіканням із схилу гідродинамічно нестійких пісків - пливунів, хімічною суфозією;
- зсув сковзання /рис.8.3,г/ має яскраво виражену поверхню сковзання із значним кутом падіння у бік схилу; сковзання відбувається по малопотужних глинистих пришарках, контакту двох шарів, ліній тектонічних розломів; вирішальну роль тут завжди відіграє вивітрювання та змочування водою поверхні сковзання;
- покривні зсуви - сповзання /рис. 8.3,д/, при яких роль поверхні сковзання виконує поверхня корінних порід;
- обпливання /рис.8.3,е/ виникають при переміщенні по схилу сильно зволених земляних мас, які за характером близькі до селю. Часто відбуваються у місцях виходів ґрунтових вод-джерел.

Заходи щодо боротьби зі зсувами можуть бути направлені як на збереження, так і на поліпшення природних властивостей і напруженого стану ґрунтів.

Збереженню механічних властивостей ґрунтів сприяє регулювання поверхневого стоку /улаштування зливневої каналізації, нагірних канал, протифільтраційне одягання укосів/, запобігання витоку із водопровідних та каналізаційних мереж.

Для збереження **напруженого** стану укосів недопустима підрізка їх при влаштуванні шляхів; велике значення мають берего- та дноукріплювальні роботи в межах ділянки, що прилягає до схилу дна ріки або моря. Недопустимо зводити важкі споруди в межах верхньої частини схилів та поблизу їхньої верхньої бровки.

Поліпшити механічні властивості ґрунтів на схилі можна за допомогою осушення /дренаж, електроосмос, випалювання/. Щоб змінити **напружений** стан порід, що складають схили, в сприятливу сторону корисно зменшити крутизну укосів. У тих випадках, коли видалити породи з верхньої частини неможливо /при наявності тих чи інших споруд/, роблять завантаження нижньої частини схилу породами, які доставляються з кар'єру. Для утримання ґрунтів від зсуву застосовують підпірні стінки, удержуючі пальові конструкції, анкерні устрої.

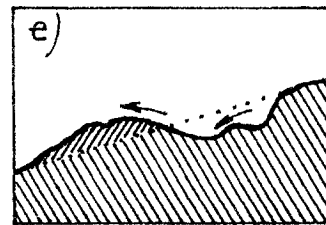
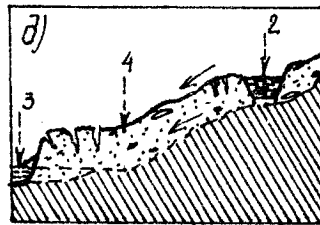
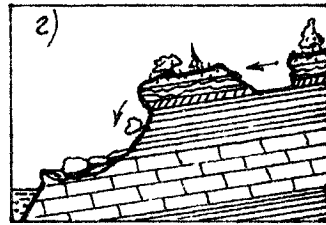
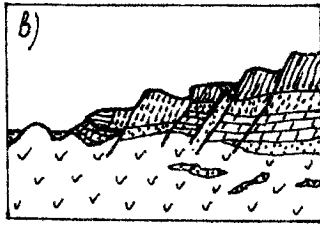
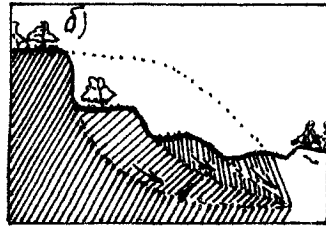
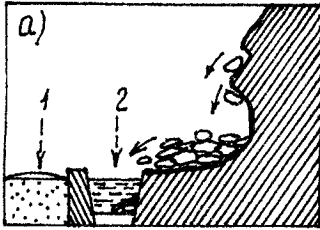


Рис. 8.3. Основні форми порушення стійкості і деформації схилів  
 а - обвали, вивали; б - обрушення із зрізом та обертанням;  
 в - скол при просадці; г - скозання; д - покривні зсуви /сповзання/;  
 е - обпливання; 1 - шлях; 2 - канал; 3 - річка;  
 4 - зсувний делювій

## 8.7. Зрушення гірських порід

Виймання корисних копалин із надр Землі викликає появу порожнин у товщах гірських порід. Поява вироблених просторів спричиняє опускання вицележачих гірських порід, його називають зрушенням.

На поверхні з'являється мульда зрушення - коритоподібна низина, розміри якої в плані перевищують розміри виробленого простору. Отже, вплив зрушення передається уверх під деяким кутом.

Зрушення гірських порід у більшості випадків не є процесом обвалювання якогось їх об'єму, воно проявляється у вигляді вигину пластів.

Величина осадки земної поверхні в межах мульди зрушення не однакова. Її максимальна величина /в центральній частині мульди/ досягає на Донбасі при пологому заліганні пластів 50-60% потужності виробленого пласта, а при крутому /кут падіння більше 45°/ 30-50% тієї ж потужності.

Тривалість процесу зрушення земної поверхні, яке проявляється як у вертикальних, так і в горизонтальних деформаціях, залежить головним чином від глибини розробок і може бути від декількох місяців до декількох років.

При проектуванні будинків та споруд у районах гірничих розробок треба урахувувати можливість виникнення значних деформацій цих споруд. Осідання споруд, що знаходяться в центральній частині мульди зрушення, відбувається більш-менш рівномірно. Споруди, що знаходяться в межах зовнішньої частини мульди, зазнають нерівномірних деформацій. При розробці крутопадаючих пластів з'являються досить значні тріщини на земній поверхні, які можуть призвести до повного руйнування споруд.

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке інженерно-геологічні процеси? Їхні основні особливості.
2. Які фактори викликають ущільнення ґрунтів внаслідок збільшення тиску? Як проходить ущільнення?

3. Що розуміють під просадочними ґрунтами? Які ґрунти до них відносяться?
4. Де на Україні розповсюджені просадочні ґрунти?
5. Назвіть основні характеристики просадочності ґрунтів. Їхня фізична суть, способи визначення.
6. Причини просадочності лесових ґрунтів. Фактори, які спричиняють виникнення просадки.
7. Види замочування просадочних ґрунтів і можливі форми зовленої зони.
8. Що таке явище набухання? У яких ґрунтах воно виникає?
9. Характеристики набухання та усадки глинистих ґрунтів.
10. Що таке суфозія? Її види.
11. Яку роботу виконве механічна суфозія? Заходи боротьби з нею.
12. Будівництво на закарстованих територіях. Як воно залежить від ступеня розчинності гірських порід?
13. Що таке пливуні? У чому полягає небезпека зустрічі з пливунями при будівництві?

14. В яких ґрунтах виникає морозне пучення? Як залежить глибина закладення фундаментів від цього явища?

15. Які основні умови, причини та фактори виникнення і розвитку зсувів різних типів?

16. Опишіть основні заходи та засоби, які застосовуються для стабілізації схилів при дії різних факторів сповзання.

17. Основні типи зсувів і форми рельєфу зсувних схилів.

18. Що таке зрушення гірських порід?

## 9. ОСНОВИ ҐРУНТОЗНАВСТВА

### 9.1. Природа ґрунтів та їх склад

Під ґрунтами /нім. "Grund" - основа/ розуміють будь-яку гірську породу, що змінюється з часом і використовується як підвалини, середовище або матеріал для зведення будинків та інженерних споруд. Як правило, це верхня частина земної кори, яка складена осадовими гірськими породами того чи іншого походження.

Відповідно до нормативних документів у залежності від характеру структурних зв'язків, походження, умов утворення, складу та будівельних властивостей ґрунти поділяються на два класи.

Скельні - ґрунти з жорсткими /кристалізаційними або цементацийними/ зв'язками між зернами /міцність зв'язків одного порядку з міцністю самих зерен/.

До скельних відносяться магматичні /граніти, діорити, сієніти та ін./, метаморфічні /гнейси, кварцити, кристалічні сланці та ін./, осадові зцементовані /конгломерати, брекчії, піщаники та ін./ і штучні /закріплені/ ґрунти.

Нескельні - ґрунти крихкотілі, без жорстких структурних зв'язків.

Оскільки нескельні ґрунти найбільш розповсюджені, в подальшому будемо розглядати саме їхні властивості і під терміном ґрунт розуміти ґрунт крихкотілий.

ґрунти - багатокомпонентна система, в склад якої входять: тверді мінеральні частинки, вода в різних станах, газоподібні вклучення /повітря/. Проміжки між мінеральними частинками, частково

або повністю заповнені водою або газами, називаються порами.

Крихкотілі ґрунти можна поділити на дві групи: сипучі /крупноуламкові та піщані/ і зв'язні /глинисті/. Піщані ґрунти складаються переважно із піщаних частинок, а глинисті містять ту чи іншу кількість глинистих частинок. Глинисті частинки здатні утримувати коло своєї поверхні воду. Саме ця властивість зумовлює ряд особливостей глинистих ґрунтів у порівнянні з піщаними. Піщані ґрунти можуть містити тільки кристалізаційну, капілярну та гравітаційну воду. Глинисті ж ґрунти містять усі види води, включаючи і зв'язну.

Найбільш важливі відмінності піщаних ґрунтів від глинистих

Піщані ґрунти

Глинисті ґрунти

- |   |  |
|---|--|
| 1. Кількість вологи в порах не більше 0,4 за вагою. | 1. Вологість до декількох одиниць.                         |
| 2. Непластичні.                                     | 2. Володіють пластичними властивостями.                    |
| 3. Не схильні до набухання.                         | 3. При зволоженні набухають, а при висиханні дають усадку. |
| 4. Володіють фільтранійною здатністю.               | 4. Маловодопроникні або водоупори.                         |
| 5. Стискаються швидко і незначно.                   | 5. Сильно стискаються, деформації протікають повільно.     |

Зв'язки між глинистими частинками також зумовлені наявністю фізично зв'язної води. На сьогодні в механіці ґрунтів розповсюджена фізико-хімічна теорія зв'язків ґрунтів. Відповідно до цієї теорії зв'язки між частинками в ґрунтах поділяються на такі:

1. Капілярні /сили натягу менісків/. Притаманні піщаним, пилуватим і частково глинистим ґрунтам.

2. Структурні зв'язки:

- водно-колоїдні, які забезпечуються плівками води і колоїдними оболонками; величина цих зв'язків залежить від товщини плівок та оболонок; чим товстіша водно-колоїдна оболонка, тим зв'язки будуть меншими /у водонасичених ґрунтах/ оскільки із зменшенням товщини оболонки збільшується молекулярне притягання діполів зв'язної води; зв'язки є в'язкопластичними, м'якими, зворотними; притаманні глинистим ґрунтам;

- кристалізаційні, які викликані цементацією ґрунту солями; вони міцні, ламкі і незворотні, можуть бути притаманними для усіх видів ґрунтів.

## 9.2. Фізичні характеристики ґрунтів

Фізичні та механічні характеристики ґрунтів дають кількісне уявлення про властивості, які необхідні для розрахунків стану і прогнозу поведінки ґрунтів під навантаженням в тих чи інших умовах. Фізичні характеристики дають уявлення про стан ґрунтів у природі, а механічні – про їхню поведінку під навантаженням.

Фізичні характеристики властивостей ґрунтів поділяють на дві групи:

- основні, які визначаються дослідним шляхом на основі лабораторних або польових дослідів;
- розрахункові, які визначаються розрахунком на основі перших.

Дослідним шляхом визначаються: питома вага частинок ґрунту, питома вага ґрунту, вологість, границі пластичності, коефіцієнт фільтрації. Усі інші характеристики визначаються розрахунком. Основні відомості про фізичні характеристики ґрунтів наведені в табл.

9.1, де для основних характеристик прийняті такі умовні позначення:  $G$  – вага ґрунту,  $G_s$  – вага твердих частинок,  $G_w$  – вага води,  $V$  – об'єм ґрунту,  $V_s$  – об'єм твердих частинок;  $I$  – напірний градієнт,  $Q$  – витрата води,  $A$  – площа поперечного перерізу ґрунту.

Питома вага ґрунтів визначається для зразків неповної структури із збереженням природної вологості. У лабораторних умовах питому вагу визначають двома методами: методом різального кільця і методом парафінування. Вагу зразка ґрунту у будь-якому випадку визначають зважуванням. А при визначенні його об'єму виникають складності, пов'язані з природною структурою і станом. При використанні методу ріжучого кільця кільце заданого внутрішнього об'єму з ріжучим краєм удавляється в ґрунт. Область застосування цього методу обмежується ґрунтами, для яких можна відібрати пробу неповної структури: це вологі піски та пластичні глинисті ґрунти.

У методі парафінування об'єм зразка визначається зануренням запарафінованого ґрунту у воду. Парафінування запобігає розмоканню і проникненню води у пори. ґрунт повинен бути здатним зберегти при відборі зразка певну форму. Це в основному глинисті ґрунти, за виключенням тих, що знаходяться в стані, близькому до текучого.



Основні відомості про фізичні характеристики ґрунтів

№	Назва	Визначення	Умовні позначення	Формула	Одиниця виміру	Границі зміни
1	2	3	4	5	6	7
1	Питома вага	Вага одиниці об'єму ґрунту в природному стані / з урахуванням пор і заповнення їх водою /	$\gamma$	$\gamma = \frac{G}{V}$	кН/м <sup>3</sup>	15-21
2	Питома вага частинок ґрунту	Вага одиниці об'єму ґрунту в абсолютному стані / або питома вага мінеральної частини /	$\gamma_s$	$\gamma_s = \frac{G_s}{V_s}$	кН/м <sup>3</sup>	25-28
3	Вологість	Вміст води в ґрунті в долях одиниці від ваги мінеральної частини	$\omega$	$\omega = \frac{G_w}{G_s}$	доли одиниці	0-5,0
4	Вологість на границі пластичності	Вологість, при якій ґрунт переходить із твердого стану в пластичний	$\omega_p$		доли одиниці	0,09-0,90
5	Вологість на границі текучості	Вологість, при якій ґрунт переходить із текучого стану в текучий	$\omega_L$		доли одиниці	0,15-5,0
6	Коефіцієнт фільтрації	Швидкість фільтрації води в ґрунті при напірному градієнті, який дорівнює одиниці	$k_f$	$k_f = \frac{Q}{I \cdot A}$	м/добу	0-1000
7	Число пластичності	Діапазон вологості, за якого ґрунт знаходиться в пластичному стані	$I_p$	$I_p = \omega_L - \omega_p$	доли одиниці	0-4,0

8	Показник текучості	Характеристика природного стану ґрунту за пластичності	$I_L$	$I_L = \frac{w - w_p}{I_p}$	доли одиниці	-
9	Питома вага сухоґрунту	Вага одиниці об'єму ґрунту у висушеному стані	$\gamma_d$	$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}$	кН/м <sup>3</sup>	12-18
10	Пористість	Доля, яку складає об'єм пор від загальної об'єму	$n$	$n = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$	доли одиниці	0-0,80
11	Коефіцієнт пористості	Доля, яку складає об'єм пор від об'єму мінеральної частини ґрунту	$e$	$e = \frac{\gamma_s}{\gamma} (1+w) - 1$	доли одиниці	0-1,5
12	Ступінь вологості	Відношення природної вологості до вологості повної вологості / ступінь заповнення пор водою	$S_r$	$S_r = \frac{w}{e} \frac{\gamma_s}{\gamma}$	доли одиниці	0-1
13	Питома вага ґрунту, зважена на водю	Вага одиниці об'єму ґрунту у зваженому стані	$\gamma_{sB}$	$\gamma_{sB} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1+e}$	кН/м <sup>3</sup>	7-12

У випадках неможливості відбору зразка непорушеної структури /грунти у текучому стані, крихкотілі маловологі піски і т.п./ для визначення питомої ваги використовують польові методи: статичне або динамічне зондування, радіоізотопні методи.

Питому вагу частинок ґрунту визначають за допомогою пікнометра. Вагу частинок визначають зважуванням висушеного зразка, а об'єм-різницею між сумою ваги пікнометра, заповненого водою до риски на шийці, та проби ґрунту, з одного боку, і ваги того пікнометра, заповненого водою до тієї ж риски, але з розміщенням зразка ґрунту в середині пікнометра, з другого боку. Витиснення повітря із зразка, необхідне для запобігання зменшення питомої ваги, досягається попереднім тривалим кип'ятінням ґрунту в пікнометрі.

Вологість визначається як відношення ваги води в ґрунті до ваги висушеного ґрунту. Тому, як правило, вологість визначають ваговим методом. При цьому зразки ґрунту висушують у сушильних шафах при постійній температурі близько 105°C і протягом тривалого часу /до постійної ваги, що визначається повторним зважуванням/. При меншій температурі не може бути досягнуте повне вилучення води із зразка, при більшій – виникає небезпека появи помилок, пов'язаних з можливістю згорання деякої частини породи, зокрема, органічних речовин.

Крім вагового методу, в лабораторних умовах для визначення вологості може застосовуватись пікнометричний та бензометод /для ґрунтів, що розчиняються у воді/. У польових умовах застосовують спирто-бензометод, радіоактивні або електрометричні методи.

Пластичність властива тільки глинистим ґрунтам. Завдяки здатності глинистих частинок утримувати воду біля своєї поверхні. Виділяють такі стани за пластичністю /консистенцією/: твердий, пластичний і текучий. Їх можна досягти штучно, змінюючи вологість ґрунтової пасти.

Вагові вологості, відповідні до переходу ґрунту з одного стану в інший, називаються границями пластичності.

Вологість на границі пластичності називають ще нижньою межею пластичності, а вологість на границі текучості – верхньою межею пластичності.

Вологість на границі пластичності/розкочування/визначають у лабораторії як вологість, при якій джгути товщиною 3мм, приготовлені стандартним способом з ґрунту розкочуванням, починають розпадатись на відрізки довжиною 3 - 10мм.

Вологість на границі текучості визначають як вологість, при якій стандартний балансірний конус /масою 76 г з кутом при вершині 30°/ за 5 секунд під дією власної ваги занурюється в масу ґрунту на 10мм.

Характеристики пластичності дозволяють судити про ступінь глинистості /процентний вміст глинистих частинок/ та природний стан ґрунту за пластичністю.

У табл. 9.2 наведена класифікація глинистих ґрунтів, а на рис.9.1 - залежність границь пластичності від процентного вмісту глинистих частинок.

Таблиця 9.2

Класифікація глинистих ґрунтів

Назва ґрунту	! Вміст глинистих частинок /дріб-ніші 0,005мм/, % за вагою
Глина важка /жирна/	! більше 60
Глина	! 60-30
Суглинок важкий	! 30-20
Суглинок середній	! 20-15
Суглинок легкий	! 15-10
Супісок важкий	! 10-6
Супісок легкий	! 6 -3
Пісок	! менше 3

Як видно з рисунка, із зростанням частки глинистих частинок зростає діапазон, в якому ґрунт знаходиться в пластичному стані. У зв'язку з цим число пластичності застосовується для класифікації ґрунтів за ступенем глинистості:

супіски	$0,01 \leq I_p \leq 0,07$
суглинки	$0,07 < I_p \leq 0,17$
глини	$I_p > 0,17$

Згідно з визначенням границь пластичності ґрунт знаходиться в твердому стані, якщо  $w < w_p$ , у текучому стані, якщо  $w > w_L$ , і в пластичному стані, якщо  $w < w_p < w_L$ . Для кількісної оцінки

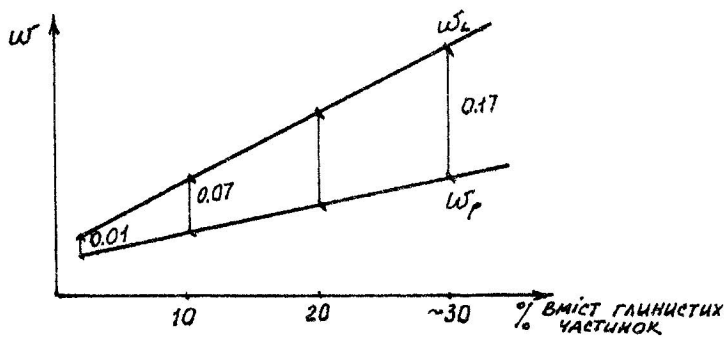


Рис. 9.І. Залежність границь пластичності від процентного вмісту глинистих частинок.

природного стану ґрунту за пластичністю застосовується така характеристика, як показник текучості  $I_L$  /див. табл.9.1 /. Згідно з формулою підрахунку для твердих ґрунтів  $I_L < 0$ , для текучих  $I_L > 1$  і для ґрунтів у пластичному стані  $0 \leq I_L \leq 1$ .

### 9.3. Будівельна класифікація ґрунтів

Гірські породи відзначаються винятковою різноманітністю: кількість тільки найбільш важливих різновидів їх перевищує декілька тисяч. Разом з тим у багатьох випадках різні гірські породи з інженерно-геологічної точки зору мають більш-менш схожі або спільні властивості /наприклад, нема суттєвої різниці між гранітом і діоритом у невивітреному стані/.

Гірські породи за їхніми основними інженерно-геологічними ознаками можна групувати у певні категорії.

Тим самим при вирішенні інженерно-геологічних задач значно скорочується кількість розрахункових схем механіки ґрунтів шляхом їх систематизації.

Відповідно до нормативів, у залежності від характеру структурних зв'язків, походження /генезису/, умов утворення, складу та будівельних властивостей ґрунти класифікуються таким чином. Перш за все їх ділять на скельні та нескельні /див. § 9.1 /.

Дальший поділ скельних ґрунтів /на підгрупи і типи/ робиться за генезисом, постгенетичним процесом та за петрографічним складом /табл.9.3 /.

Таблиця 9.3

Клас ґрунтів з жорсткими структурними зв'язками /скельні ґрунти/

Група	Підгрупа	Тип
Магматичні	Інрузивні /глибинні/	Граніти, діорити, сієніти, габбро, перидотити та ін.
	Ефузивні /вивержені /	Ліпарити, трахіти, андезити, туфі, базальти та ін.

Група	Підгрупа	Тип
Метаморфічні	Регіонально-метаморфізовані	Гнейси, кристалічні сланці, глинисті сланці, "зелені сланці" та ін.
	Контактно-метаморфізовані	Роговики, кварцити, мармури та ін.
	Динамометаморфізовані	Милоніти, катаклазити, тектонічні брекчії та ін.
Осадочні зцементовані	Уламкові:	
	Крупноуламкові	Конгломерати, брекчії, гравіліти
	Дрібноуламкові	Піщаники, туфіти
	Пилуваті та глинисті	Алевроліти, аргіліти
	Біохімічні:	
	Кремністі	Трепели, діатоміти, радіоларити, опоки та ін.
	Карбонатні	Доломіти, вапняки, мергелі, крейда
	Хімічні:	
	Сульфатні	Ангідрит, гіпс
	Га-оїдні	Галіт, сільвін, сільвініт, карналіт
Штучні	Штучно закріплені в природному заляганні	Магматичні, метаморфічні та осадочні зцементовані /тріщинуваті/, крупноуламкові незцементовані. Піщані незцементовані. Пилуваті та глинисті незцементовані

Виділяють різновиди скельних ґрунтів за границею мішності на стиск у водонасиченому стані  $R_c$ , за ступенем засоленості напівскельних ґрунтів, за ступенем розм'якшення у воді за ступенем розчинності у воді та за рядом інших ознак.

До скельних ґрунтів відносяться гірські породи, які мають  $R_c \geq 5 \text{ МПа}$  /при  $R_c < 5 \text{ МПа}$  - напівскельні/.

Найбільш висока міцність властива магматичним /80-400 МПа/ та метаморфічним породам /100-300 МПа/. Осадочні зцементовані мають  $R_c = 6-120 \text{ МПа}$ .

За міцністю на одноосний стиск скельні ґрунти поділяються:

дуже міцні		$R_c > 120 \text{ МПа};$
міцні	$120 \geq$	$R_c > 50 \text{ МПа};$
середньої міцності	$50 \geq$	$R_c > 15 \text{ МПа};$
маломіцні	$15 \geq$	$R_c > 5 \text{ МПа}.$

Коефіцієнт розм'якшення  $k_{saf}$  - відношення границь міцності на одноосний стиск у водонасиченому і повітряно-сухому стані. За цим коефіцієнтом скельні ґрунти підрозділяються:

нерозм'якшувані	$k_{saf} \geq 0,75;$
розм'якшувані	$k_{saf} < 0,75.$

Характеризують скельну породу як ґрунт також ступінь вивітреновті та тріщинуватості.

Ступінь вивітреності  $k_{wr}$  - відношення питомої ваги зразка ґрунту вивітреного до питомої ваги зразка невивітреного тієї ж породи.

Невивітрені	$k_{wr} = 1 ;$
слабовивітрені	$1 > k_{wr} \geq 0,9 ;$
вивітрені /частково куски/	$0,9 > k_{wr} \geq 0,8 ;$
сильно вивітрені /рухляки/ - тільки куски	$k_{wr} < 0,8 .$

Найбільш розповсюджені в будівельній практиці нескельні ґрунти. Принципова схема їх класифікації показана на діаграмі.





Розподіл нескельних ґрунтів на підгрупи і типи показано в табл. 9.4.

Деформаційні та міцнісні характеристики в значній мірі визначаються зерновим складом – кількісним вмістом фракцій в певній наважці ґрунту. Тому зерновий склад – важливий класифікаційний показник.

Для визначення складу ґрунтів проводять гранулометричний аналіз. Для крупноуламкових та піщаних ґрунтів його проводять ситовим методом, який полягає в просіюванні.

Таблиця 9.4

Клас ґрунтів без жорстких структурних зв'язків  
/нескельні ґрунти/

Група	Підгрупа	Тип
НЕЗЕМЕНТОВАНІ	Уламкові-крупноуламкові /елю- Валунні та брилові - віалльні, пролювіалльні, делю-частинок крупніше 200мм бі-віалльні, алювіалльні, водно-льше 50% за вагою. Галькові льодовикові, льодовикові, та щєбінкові - частинок круп-морські, піропластичні і змі-ніше 10мм більше 50% за ва-ганого походження/	Гравійні та жорствяні-частинок крупніше 1мм біль-ше 50% за вагою
	Уламкові-піщані /такого ж походження з доповненням озєрними та еоловими/	Пісок гравілістий /жорст-вяний/ - частинок крупніше 12мм більше 25% за вагою. Пісок крупний - частинок крупніше 0,5мм більше 50% за вагою. Пісок середньої крупності - частинок крупні-ше 0,25мм більше 50% за вагою. Пісок дрібний - частинок крупніше 0,1мм 75% і більше. Пісок пилуватий - частинок крупніше 0,1мм менше 75% за вагою.
ОСАДОЧІ		

Група	Підгрупа	Тип
ОСАДОЧІ НЕЗЕМЕНТОАНИ	! Уламкові-пилуваті та гли-	! Супіски
	! нисті /такого ж походжен-	! Суглинки
	! ня /	! Глини
	! Уламкові-пилуваті та гли-	! Леси
	! нисті/такого ж походжен-	! Мули /мінеральні/
	! ня/	!
	! Біогенні /озерні, болотні,	! Сапропелі
	! озерно-болотні, алювіально-	! Заторфовані піщані ґрунти.
	! болотні та ін./	! Заторфовані пилуваті та глини-
	!	! ті ґрунти
ШТУЧНІ	! Біогенні /такого ж поход-	! Торф
	! ження/	!
	! Поверхневі ґрунти, рослинний	! Поверхневі ґрунти, щабінкові,
	! шар-тундрові, лісостепові	! жорствяні, піщані. Поверхневі
	! підзолисті, болотні, черно-	! ґрунти пилуваті та глинисті
	! земні, каштанові та ін.	!
	! Ущільнені в природному за-	! Піщані
	! ляганні	! Пилуваті та глинисті, біогенні
	!	! та поверхневі ґрунти
	! Насипні	! Крупноуламкові, піщані, пилува-
!	! ті, пилуваті та глинисті, затор-	
!	! фовані ґрунти, торф. Відходи	
!	! виробництва /шлаки, попіл, фор-	
!	! мовочна земля та ін./ Будівель-	
!	! ні та тверді побутові відходи.	
!	!	
! Намивні	! Піщані, пилуваті та глинисті	
!	! ґрунти. Відходи виробництва /	
!	! "хвости" збагачувальних фабрик,	
!	! шлаки, попіл та ін./	

піску через сита з різними розмірами отворів. Для тяжкозернистих ґрунтів такий метод неприпустимий із-за граничної тонкості ситової тканини /біля 0,1мм/ і труднощів поділу в сухому стані агрегатів на окремі зерна, тому повний аналіз тонкодисперсного ґрунту проводять у два етапи. На першому визначають процентний вміст зерен у породі з розмірами частинок крупніше 0,1мм просіюванням на стандартному наборі сит, на другому - процентний вміст частинок з розмірами зерен менше 0,1мм засобом вимірювання швидкості осідання частинок ґрунту у воді.

Найбільш простим методом гранулометричного аналізу глинистих ґрунтів є ареометричний. Він базується на вимірюванні ареометром щільності суспензованого розчину, яка змінюється з часом у зв'язку з випаданням з води зважених частинок ґрунту.

Гранулометричний аналіз можна проводити за методами Сабаніна та Робінзона. Вони засновані на відборі із водного розчину проб через певний проміжок часу та визначенні сухого залишку шляхом випаровування і зважування.

Для глинистих ґрунтів часто гранулометричний аналіз не проводиться, а про вміст у них глинистих частинок судять за числом пластичності /див. §9.2/.

Крім зернового складу, для класифікації крупноуламкових ґрунтів використовують ступінь вологості, а для класифікації піщаних ґрунтів - ступінь вологості та коефіцієнт пористості.

Виділяють такі різновиди крупноуламкових та піщаних ґрунтів за ступенем вологості:

маловологі	$0 < S_r \leq 0,5$ ;
вологі	$0,5 < S_r \leq 0,8$ ;
насичені водою	$0,8 < S_r \leq 1$ .

У таблиці 9.5 наведені види піщаних ґрунтів за щільністю складення /в залежності від коефіцієнта пористості/. Таблиця 9.5.

Види піщаних ґрунтів

Типи піщаних ґрунтів	Види піщаних ґрунтів		
	щільні	середньої щільності	крихкотілі
Крупні та середньої крупності	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,7$	$e > 0,7$
Дрібні	$e < 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
Пилуваті	$e < 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,8$	$e > 0,8$

Для класифікації глинистих ґрунтів, крім зернового складу, використовується показник текучості, котрий показує стан ґрунту за пластичністю. Виділяють такі різновиди глинистих ґрунтів за показником текучості:

	супіски
тверді	$I_L < 0;$
пластичні	$0 \leq I_L \leq I;$
текучі	$I_L > I;$
	суглинки та глини
тверді	$I_L < 0;$
напівтверді	$0 \leq I_L \leq 0,25;$
тугопластичні	$0,25 \leq I_L \leq 0,50;$
м'якопластичні	$0,50 \leq I_L \leq 0,75;$
текучопластичні	$0,75 \leq I_L \leq I;$
текучі	$I_L > I.$

#### 9.4. Будівельні властивості основних підгруп ґрунтів

Крупноуламкові ґрунти. Міцність їх залежить від складових порід та щільності укладки. Найбільшу міцність мають магматичні породи /уламки/, найменшу - осадові. Крупноуламкові ґрунти практично не піддаються ущільненню, їм властива велика водопроникність. У цілому ці ґрунти - надійні підвалини для будинків та споруд.

Піщані ґрунти не мають структурних зв'язків, їм властива висока водопроникність, під тиском ущільнюються слабо. Крихотілі піски інтенсивно ущільнюються під впливом фільтруючої води і за допомогою вібраторів. Під навантаженням ущільнення їх практично не залежить від вологості. Піщуваті піски при взаємодії з водою можуть переходити в пливунний стан.

Найбільша міцність властива піскам з переважанням твердих, стійких до води мінералів /кварц, польові шпати та ін./ У більшості випадків піщані ґрунти є надійними підвалинами будинків та споруд.

Піщуваті та глинисті ґрунти - найбільш розповсюджені підвалини будинків та споруд.

Вміст у цих ґрунтах глинистих мінералів обумовлює, зважаючи на їхню величезну поверхню, особливий вид зв'язків між ґрунтовими частинками /водно-колоїдні/.

Властивості глинистих ґрунтів надзвичайно різноманітні і залежать від багатьох факторів. Зокрема, значний вплив чинить вологість, із збільшенням якої, як правило, механічні характеристики різко погіршуються і часто доводиться застосовувати спеціальні заходи для забезпечення стійкості будинків та споруд. Важливе значення для будівельних властивостей має і мінеральний склад, перш за все наявність глинистих мінералів монтморілітового ряду, активно взаємодіючих з водою своєю поверхнею та внутрішньою частиною кристалічних решіток. Велике значення має походження та вік, стан за пластичністю.

Глинистим ґрунтам властива велика і тривала стисливість під навантаженням. Деякі глинисті ґрунти схильні до набухання та усадки /див. §8.3/.

До водно-фізичних властивостей глинистих ґрунтів відносять також розмокання та липкість.

Розмокання характерне для глинистих порід, занурених у воду. Інтенсивність розмокання залежить від структурних особливостей глинистих ґрунтів і вмісту в них глинистих частинок. У процесі розмокання різко зменшуються міцність та стійкість.

Липкістю ґрунтів називають їхню здатність прилипати до різних матеріалів, що стикаються з ними. Липкість зумовлена в'язкістю плівок крихкозв'язної води. При будівельній оцінці глинистих ґрунтів липкість є негативним фактором.

Глинисті ґрунти - слабводопроникні або водоупори. У зв'язку з невеликими коефіцієнтами фільтрації час їхніх деформацій під навантаженням суттєво зростає в умовах повного водонасичення.

Деформації можуть розвиватися роками і десятиріччями.

У розглянутій класифікації виділені в самостійну підгрупу пілуваті та глинисті ґрунти, що включають в себе леси та мули /див. табл. 9.4/.

Лесові ґрунти є надто специфічними утвореннями. Вміст у них частинок розміром 0,05-0,005мм /пилуватих/ перевищує 50%. Вони макропористі, загальна пористість, як правило, перевищує 0,4, нешаруваті, не вміщують піщаних прошарків та включень грубоуламкового матеріалу /крім вапнякових конкрецій/. Ці породи карбонатні, недоуцільнені, неводостійкі. Залігають лесові ґрунти на різних елементах рельєфу, покриваючи їх потужним плащеподібним чохлом. За своїми інженерно-геологічними особливостями вони різко відрізняються від звичайних глинистих ґрунтів /див. §8.2/.

Мінеральні мули також мають специфічні особливості котрі різко погіршують їхні інженерно-геологічні властивості та знижують їхню несучу спроможність.

До мулів відносять перезволожені глинисті утвори на початковій стадії формування глинистих ґрунтів /початкова стадія літифікації/ за участю мікробіологічних процесів. Мули-це продукти боліт і болотистих відкладів. Вони відрізняються високою стисливістю, повільним протіканням ущільнення під навантаженням, реологічними властивостями /повзучістю/, надто низькою міцністю, здатністю перетворюватися в рідоту при динамічних діях /удари, рух транспорту, сейсмічні дії/.

Будівельникам нерідко доводиться зводити насипи на заболочених та просто болотистих ділянках /особливо в плавнях річок/.

Безпосередньо на мули обпірати будинки та споруди не можна, вони за своїми властивостями не можуть служити природними підвалинами. Застосовують палі, пісані подушки та ін.

Серед осадочних незцементованих ґрунтів виділяють підгрупи біогенних та поверхневих ґрунтів /рослинний шар/.

Біогенні ґрунти включають в себе сапропелі, заторфовані пісані, глинисті ґрунти і торф.

Сапропелі - це прісноводні мули, які утворились на дні озерних водоймищ за рахунок продуктів розпаду рослинних та тваринних організмів і вміщують більше 10% органічної речовини у вигляді гумусу та рослинних залишків. Коефіцієнт пористості сапропелів зростає із збільшенням вмісту органічної речовини і змінюється від 3 до 30 одиниць, показник текучості більше одиниці. Вміст фракцій більше 0,25мм не перевищує 5%.

До заторфованих відносяться пісані та глинисті ґрунти, які вміщують у своєму складі від 10 до 50% органічних речовин.

Торф - органогенна гірська порода, що утворюється внаслідок відмирання і неповного розпаду болотних рослин в умовах підвищеної вологості при недостатці кисню. Це волокнистий сильно стислий ґрунт буро-чорного кольору, здатний утримувати в собі велику кількість води.

У торфах повільно продовжується мінералізація органіки. Для характеристики ступеня заторфованості використовується такий показник, як відносний вміст органічної речовини  $I_{org}$ , який визначається як відношення її маси в зразку ґрунту, висушеного при температурі 100-105° С, до маси зразка.

У залежності від вмісту органічної речовини виділяють:	
слабозаторфовані ґрунти	$0,10 < I_{\text{орг}} < 0,25$ ;
середнезаторфовані ґрунти	$0,25 < I_{\text{орг}} < 0,40$ ;
сильнозаторфовані ґрунти	$0,40 < I_{\text{орг}} < 0,50$ ;
торфи	$I_{\text{орг}} > 0,50$ .

Слід відрізнати відкриті торфи /суцільні торф'яні поклади/ та захоронені торфи, які перекриті шарами мінеральних ґрунтів.

Заторфовані ґрунти та торфи відрізняються великою і тривалою стисливістю /внаслідок продовження процесів мінералізації та повзучості скелета/, суттєвою мінливістю та анізотропією **міцностних, деформаційних та фільтраційних характеристик.**

Торфи, як і мули, не можуть служити природними підвалинами будинків та споруд. При будівництві на торфях необхідно здійснювати спеціальні заходи для забезпечення пожежної безпеки і з метою ліквідації несприятливих для фундаментів умов /вибирання торфу, палі, піщані палі-дрени і т. ін./.

Рослинні шари /поверхневі ґрунти/ - це особливі природні утвори, які відрізняються від інших осадових гірських порід за умовами утворення. У них завжди присутня органічна речовина, виділяються певні генетичні горизонти з різною структурою.

Рослинні шари за зерновим складом є суглинками або супісками. За визначенням В.В.Обручова, рослинні шари слід розглядати як зовнішні /або денні/ горизонти гірських порід, які змінилися під суцільним впливом води, повітря та різного роду організмів. Потужність рослинного шару, як правило, складає 40-50см.

Рослинні шари внаслідок розмокання, невеликої міцності не використовуються як підвалини, за винятком похоронених рослинних шарів, які залягають у товщі інших порід. Оскільки похоронені рослинні шари значний час знаходяться під тиском, вони за своїми властивостями близькі до уміщуючих їх порід.

Група штучних ґрунтів у класі нескільких підрозділяється в залежності від характеру діяння людини: ущільнені в природному заляганні, насипні та намівні ґрунти.

За способом перетворення ґрунтів у природному заляганні нормативи підрозділяють усі методи на ущільнення піщаних ґрунтів трамбуванням, укоченням, осушенням, вібрацією, кольматацією і т.п. та ущільнення глинистих ґрунтів і рослинних шарів за допомогою електроосмосу, поверхнево-активних речовин, розморожування і т. п.

Насипні ґрунти можуть спеціально створюватися у будівельних цілях /ґрунтові подушки, насипи, дамби та ін./ або утворюються внаслідок виробничої та культурно-побутової діяльності людини. Значне розповсюдження мають культурні шари, накопичення яких відбувається у відвалах при благоустрої територій, проведенні земляних робіт та ін.

Можливість використання насипних ґрунтів як підвалин споруд повинна розглядатись у кожному випадку конкретно в залежності від потужності шару, щільності, складу і т.д. Що стосується звалищ, то зводити на них споруди частіше за все неможливо.

Гідравлічний спосіб улаштування намівних ґрунтів забезпечує високу щільність, близьку до природної. Такі ґрунти, як правило, надійні підвалини будинків та споруд.

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Склад природних нескельних ґрунтів, основні відмінності глинистих ґрунтів від піщаних.

2. Види зв'язності ґрунтів.

3. Вкажіть способи визначення вологості ґрунтів, границь пластичності, границь текучості та значення цих характеристик для оцінки складу і стану ґрунтів.

4. Дайте визначення понять *питома вага*, *питома вага сухого ґрунту*, *питома вага частинок ґрунту*. Яке з них має найбільше значення для одного і того ж ґрунту і чому?

5. Назвіть лабораторні та польові методи визначення щільності ґрунту. Область їх застосування.

6. Що таке ступінь вологості? Для чого він застосовується при класифікації ґрунтів?

7. Назвіть ознаки пористості ґрунтів. Як класифікують піщані ґрунти за щільністю **складення**?

8. Назвіть фізичні ознаки ґрунтів, які визначаються тільки дослідженнями.

9. Як класифікуються ґрунти за гранулометричним складом? Способи оцінки гранулометричного складу для крупноуламкових, піщаних та глинистих ґрунтів.

10. Які бувають різновиди глинистих ґрунтів у залежності від показника текучості? Як це впливає на будівельні властивості глинистих ґрунтів?

11. Як класифікуються піщані ґрунти заступенем вологості?

12. Які параметри чинять вплив на будівельні властивості пісків?



## ІО. ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ВИШУКУВАННЯ

### ІО.І. Мета та задачі вишукувань

Інженерно-геологічні вишукування—складова частина комплексу робіт, які виконуються для забезпечення будівельного проектування вихідними даними про природні умови району /ділянки/ будівництва. Вони проводяться з метою :

- оцінки інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов будівництва і експлуатації будинків та споруд;
- прогнозу можливих інженерно-геологічних процесів та явищ, які можуть виникнути під час будівництва або експлуатації будинків та споруд /карст, зсуви, селі та ін./;
- вибору необхідних заходів для захисту споруд від несприятливих процесів /з урахуванням раціонального використання геологічного середовища і охорони природи/;
- вибору ділянки будівництва будинків та споруд і ґрунтів підвалів;
- розрахунку і прогнозу осадок будинків та споруд, зміни рельєфу поверхні та режиму ґрунтових вод.

Загальні положення проведення вишукувань регламентуються нормативними документами. Проводяться вони, як правило, територіальними вишукувальними організаціями /ДІІНТВИШ -державний інститут інженерно-технічних вишукувань/, а також спеціалізованими вишукувальними та проектно-вишукувальними організаціями. Допускається виконання вишукувань проектними організаціями, яким надано таке право.

Планування та виконання вишукувань здійснюється на основі технічного завдання, яке складається проектною організацією - замовником. У технічному завданні наводяться відомості про об'єкт проектування:

- клас відповідальності;
- висота та кількість поверхів;
- розміри в плані та конструктивні особливості;
- значення граничних деформацій;
- наявність та глибина підвалів;
- попередні варіанти фундаментів;
- особливості технологічних процесів /для промислових споруд/;
- щільність забудови.

До технічного завдання додаються ситуаційні плани із зазначен-

ням розташування ділянок /майданчиків/ будівництва, відомості про комунікації.

Технічне завдання є основою для складання вишукувальною організацією програми вишукувань, в якій обґрунтовуються етапи, склад, обсяги, методи, послідовність виконання робіт і на цій підставі складається проектно-кошторисна документація.

## 10.2. Види гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень

Інженерно-геологічні вишукування можуть включати в себе аерофотозйомку, маршрутні спостереження, проходку гірничих виробок, геофізичні дослідження, польові дослідження властивостей ґрунтів, лабораторні дослідження складу та властивостей ґрунтів і хімічного складу підземних вод, дослідно-фільтраційні роботи /див. розділ 5/, стаціонарні спостереження /при необхідності виявити динаміку геологічних процесів/.

Перед проектуванням крупних промислових підприємств та населених пунктів, що розташовуються в межах заново освоєваних територій, виникає необхідність у даних про загальні інженерно-геологічні умови великих площ. При цьому суттєву увагу приділяють вивченню геоморфологічних умов /рельєфу місцевості/. Так, при описуванні річкових долин відмічають наявність терас, їхні типи /ерозійні, акумулятивні/, ширину, висоту та ін. При описуванні степових територій відмічають наявність степових "блюдець". Для територій розвитку карстових процесів характерна наявність такого геоморфологічного елемента, як карстові западини. Горбистість рельєфу, наявність своєрідних терас у межах схилів і тріщин на земній поверхні в багатьох випадках є ознакою зсувних процесів. Усі ці особливості мікрорельєфу можуть бути виявлені за результатами аерофотозйомки /планові знімки місцевості з літаків та вертольотів/.

Для виявлення особливостей геологічної будови та гідрогеологічних умов будівельного майданчика проходять гірничі виробки. До них відносять шурфи, дудки, траншеї, шахти, штольні, свердловини.

**Шурф** – вертикальна гірничая виробка квадратного або прямокутного перерізу розмірами від 1х1,25 до 1,5х1,5 м, глибиною до 5–8 м. Розробку шурфів проводять вручну. У нестійких породах стінки шурфів доводиться закріплювати /підручним лісоматеріалом/.

Шурфи круглого в плані перерізу носять назву **дудок**. Їхня перевага – більша, ніж при прямокутному перерізі, стійкість стінок. Мінімальний діаметр дудок 0,75–1 м. Для проходки дудок застосовують спеціальні стінки.

До ряду безперечних переваг шурфів та цудок відносяться доступність порід у стінках та вибою для огляду, можливість відбору шляхом вирізання зразків /монолітів/ з максимальним збереженням їхньої природної будови та вологості, можливість проведення в них польових випробувань ґрунтів. До ряду недоліків відносяться значна трудомісткість проходки /особливо шурфів/, необхідність закріплення стінок, виконання водовідливних робіт при проходці нижче рівня ґрунтових вод.

Розвідувальні виробки великої глибини /декілька десятків метрів/ і відповідно значного поперечного перерізу носять назву шахт. Вони використовуються у найбільш відповідальних випадках, як правило, з застосуванням кріплень та механізованого водовідливу і підйому.

Траншеї—це канали, які улаштовуються на схилах при вивченні дислокованих /крутопадаючих/ товщ. Горизонтальні гірничі виробки, що улаштовуються в межах схилів, називаються штольнями. Для забезпечення стоку підземних вод та полегшення транспортування ґною штольні надають деякий нахил від вибою до гирла.

Проходка гірничих виробок супроводжується веденням спеціальних журналів, в яких описуються гірські породи та умови проходки. Зразки порід відбираються у виробках через 0,5–1 м, а також: при зміні складу порід.

Виробки циліндричної форми, що проходяться спеціальними буровими інструментами, називаються свердловинами. Діаметр свердловин, які використовуються в практиці інженерно-геологічних досліджень, знаходиться в межах 34–325 мм. Буріння свердловин може здійснюватися різними способами. При невеликих глибинах та обсягах робіт у слабких породах /пісок, глина/ може проводитись ручним способом; глибокі свердловини, особливо в міцних породах, проходять механічним способом. Для прискорення буріння використовується вібрація і застосовується різноманітне віробурове обладнання.

Верх свердловини називається гирлом, нижня частина – вибоєм.

Для руйнування та відділення гірських порід від масиву використовуються такі робочі наконечники: желонка, буровий стакан, долото, ложковий бур, змійовик.

Желонку застосовують при бурінні свердловин у сипучих породах /пісках/ і дуже нещільних розрідчених глинистих. Ударяючись об вибій свердловини, клапан желонки підіймається і ґрунт упродовжується в желонку. При підйомі клапан знову закривається.

Буріння свердловин у суглинках, глинах та вологих пісках виконується за допомогою бурового стакана—відрізка труби з фрезєю.

Порода, яка увійшла усередину стакану, утримується в ньому силами тертя.

Для проходки скельних порід застосовують долото. Порода здрибаються під його ударами і в такому стані витягуються із свердловини. Буріння желонкою, буровим стаканом та долотом відносяться до ударного виду буріння. Поряд з ударним бурінням у практиці широко використовують буріння обертальне.

У слабких глинах та суглинках, у супісках, сухих пісках, крейді застосовується ложковий бур. При обертанні цього наконечника його лезо, яке знаходиться унизу, зрізує породу. Зрізана порода заповнює порожнину циліндра.

При обертальному бурінні в щільних глинах, суглинках, мергелі, крейді застосовується змійовик. Це спіраль, яка закінчується донизу ріжучим лезом у вигляді риб'ячого хвоста. При підйомі порода утримується між його лопастями.

Робочі наконечники з'єднуються з буровими штангами. Для кріплення стінок свердловин у породах, що обсапаються та обвалюються, застосовують сталеві обсадні труби.

При обертальних способах буріння немає можливості витягувати зразки порід непорушеної структури. Тому для відбору зразків використовують спеціальні ґрунтоноси /порожнисті циліндри з утримуючим ґрунт обладнанням/.

При проходці скельних порід використовується коронкове буріння за допомогою бурової коронки. Коронки мають у нижній частині зубці із твердих сплавів, алмазів або дробові наконечники. При обертанні коронки в породі вибурається кільцевий вибій, а усередині її залишається циліндр, який називається керном. Для очищення свердловини при коронковому бурінні її продувають повітрям, промивають водою або глинистим розчином.

При бурінні свердловин ведуть буровий журнал і складають розріз /колонку/ свердловини.

З розвідувальних виробок, в міру їх проходки, відбирають зразки ґрунтів двох видів – порушеної структури і непорушеної при природній вологості /моноліти/. Зразки порушеної структури для визначення вологості відбирають із збереженням природної вологості /у мішечки з еластичної плівки або щільної тканини/. Об'єм відібраних зразків повинен бути не менше 2000 см<sup>3</sup> у скельних і великоуламкових ґрунтах, 1000 см<sup>3</sup> – у піщаних і 500 см<sup>3</sup> – у глинистих ґрунтах. Готують дві етикетки, в яких зазначені місця, номер розвідувальної виробки і глибина відбору. Одну етикетку, загорнуту в кальку, вкладають усередину, другу – наклеюють на мішечок.

Із шурфів моноліти відбирають у формі кубів і циліндрів, а із свердловин – циліндричні. Розміри монолітів у формі кубів звичайно порівнюють 20х20х20 см /для скельних ґрунтів 10х10х10 см/. Діаметр монолітів циліндричної форми – не менше 8 см при висоті не більше 16 см. Моноліти ізолюють двома шарами марлі, змоченої сумішшю парафіну з гудроном. Моноліти теж наділяють двома етикетками з позначенням їх верху і низу.

У теперішній час велике розповсюдження одержали геофізичні методи досліджень, які дозволяють прискорити і підвищити точність інженерно-геологічних вишукувань. Ці методи застосовуються для дослідження в природних умовах процесів та явищ у гірських породах, а також для визначення фізико-механічних властивостей гірських порід з урахуванням їхньої просторової мінливості.

Серед геофізичних методів широке розповсюдження одержали сейсмічні, електричні, магнітні, термічні та ядерної фізики.

Сейсмічні методи ґрунтуються на виявленні швидкості розповсюдження хвиль /пружних коливань/, які спеціально збуджуються в гірських породах за допомогою вибухів та ударів. У результаті оцінюється вплив ґрунтових умов на розповсюдження сейсмічних коливань. Ці методи дозволяють оцінити стан і властивості гірських порід в умовах природного залягання, визначити глибину залягання скельних порід, карстові порожнини, рівень підземних вод, потужність талого шару у вічномерзлих породах та ін.

Електричні методи ґрунтуються на дослідженнях природних та штучно утворених електромагнітних полів. Оскільки кожна порода має певний електричний опір, то, вимірюючи його, можна скласти геоелектричний розріз. Використовуючи цей принцип, можна визначити потужність водоносних пластів та порожниці у карстових районах і т.п.

Магнітні методи побудовані на використанні особливостей магнітного поля Землі та магнітних властивостей гірських порід. Частіш за все магнітна розвідка гірських порід застосовується в інженерно-геологічному картуванні.

Термічні методи застосовуються для досліджень фізико-геологічних процесів у районах багаторічної мерзлоти.

Методи ядерної фізики основані на вимірюванні інтенсивності природних та штучних випромінювань /наприклад, гама-каортак/. Методи дозволяють оцінити щільність та вологість гірських порід.

Польові методи визначення властивостей гірських порід призначені для оцінки як фізичних /щільність, вологість/, так і механічних характеристик /стисливості та міцності/.

Стисливість у польових умовах оцінюється в основному на основі випробувань ґрунтів статичним навантаженням на штамп у шурфах та

свердловинах. Суть методу полягає в тому, що за допомогою спеціальних пристроїв створюється навантаження на жорсткий штамп площею  $5000 \text{ см}^2$  у шурфах або  $600 \text{ см}^2$  у свердловинах. У процесі передачі навантажень вимірюють деформацію ґрунту під штампом, у результаті чого визначають головну деформаційну характеристику ґрунту-модуль загальної деформації.

Існують декілька методів визначення в польових умовах характеристик міцності ґрунтів. Найбільш достовірними із них є випробування на зсув у заданій площині з використанням об'єм /у шурфах/. У свердловинах характеристики міцності визначають методами поступального та кільцевого зрізу, а також крильчаткою /обертальний зріз/.

Для визначення щільності ґрунтів у польових умовах частіш за все застосовують зондування. Суть його полягає у занурюванні конічного наконечника /зонда/ діаметром 36 або 74 мм з кутом при вершині  $60^\circ$ . Розрізняють статичне та динамічне зондування.

При динамічному зондуванні зонд занурюють в ґрунт ударами молота. При статичному-вдавлюють за допомогою різних механізмів. Кожен із способів має свої переваги і недоліки. Перевагою динамічного зондування є те, що воно дозволяє дослідити ґрунти з більшим опором занурюванню конуса. Для його проведення необхідне нескладне устаткування. До недоліків слід віднести можливе розрідження деяких ґрунтів під впливом ударних навантажень. Тому динамічне зондування не можна застосовувати в пилюватих пісках, насичених водою, в глинистих ґрунтах текучо- і м'якопластичної консистенції. Статичне зондування вільне від цих недоліків, однак воно потребує використання складного обладнання з застосуванням анкерних або інших пристроїв для сприйняття зусиль, прикладених до зонда.

У ході динамічного зондування визначають показник динамічного зондування або число ударів для занурення на визначену глибину /як правило, 10 см/. Для оцінки характеристик ґрунту переходять до умовного питомого динамічного опору  $q_d$  /за емпіричними формулами/. Результати динамічного зондування оформляють з допомогою графіків /рис. 10.1/. За графіком можна виділити шари ґрунтів.

З допомогою установок статичного зондування, які застосовують пошукові організації, випробування ґрунтів можна проводити за двома основними схемами. За першою схемою зондування виконують при діаметрі наконечника, що дорівнює діаметру штанг; при цьому фіксують опір ґрунту конусу / $q_c$ / і тertia по бічній поверхні штанг / $f_c$ /. Tertia може фіксуватись по всій поверхні штанг або на визначеній ділянці /муфті тertia/ вище конічного наконечника. Результати також оформляють з допомогою графіків /рис. 10.2/.

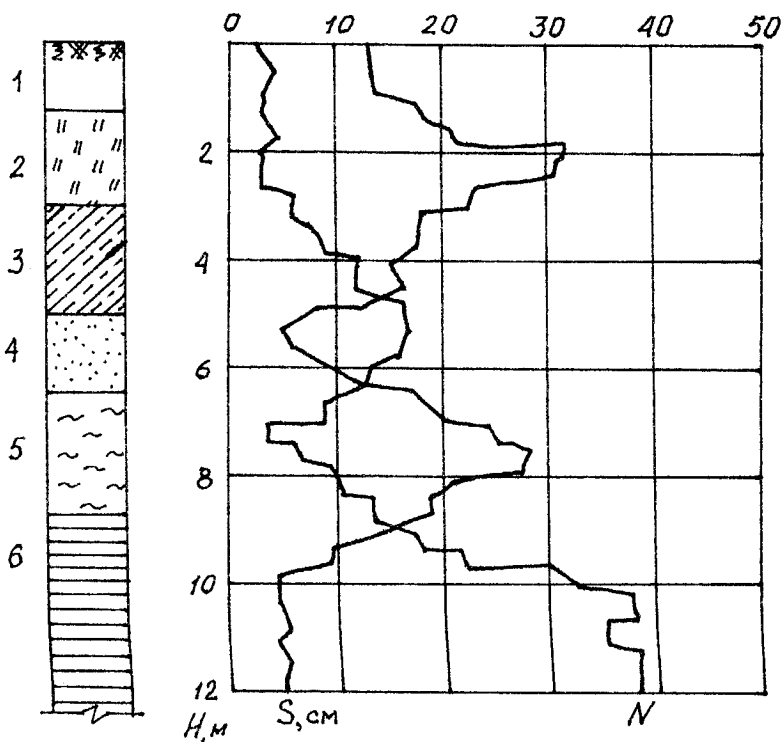


Рис. 10.1. Графік динамічного зондування:

$S$  - замування конуса зонда;  $N$  - кількість ударів.  
 1 - рослинний шар; 2 - лес; 3 - суглинок; 4 - пісок;  
 5 - мулистий ґрунт; 6 - глина.

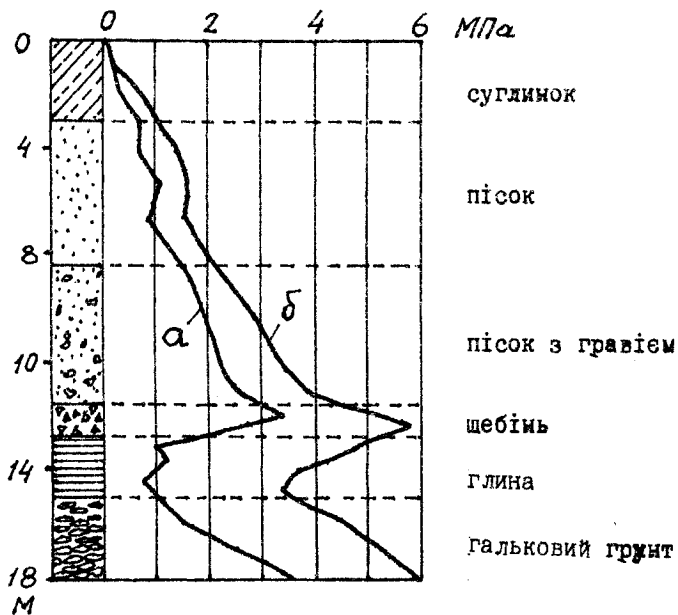


Рис. 10.2. Графік статичного зондування:  
 а - лобовий опір ґрунтів; б - загальний опір ґрунтів.



За другою схемою зондування виконують при діаметрі наконечника, який перевищує діаметр штанг в 1,6 і більше разів; при такому співвідношенні, крім виключення або значного зниження тертя по бічній поверхні штанг, створюються умови для випирання ґрунту в утворювану при зондуванні порожнину між **стінками свердловини і штангою**.

При роботі за першою схемою значна частина корисного зусилля зондування витрачається на подолання сил тертя по бічній поверхні штанг. Це явище не дозволяє в щільних ґрунтах досягти проектних відміток, а в слабких ґрунтах через малі розміри наконечника значно знижується точність даних, що одержують. Зондування розширеним наконечником дозволяє з більшою ефективністю використати статичне зусилля за рахунок зняття тертя з поверхні штанг. Застосування наконечників великих розмірів дозволяє підвищити точність визначення показників слабких ґрунтів. Щільність ґрунту визначають за кореляційними залежностями від опору ґрунту зануренню зонда під вістрям наконечника / $q_c$  при статичному зондуванні і  $q_d$  при динамічному/. Результати зондування використовують також для визначення модуля загальної деформації та характеристик міцності піщаних ґрунтів /також за емпіричними залежностями/. Крім того, ці дані дозволяють визначити несучу спроможність палів.

Лабораторні дослідження проводяться для визначення характеристик фізико-механічних властивостей, а також для вивчення складу підземних та поверхневих вод, їхньої агресивності у відношенні до матеріалів будівельних конструкцій. Перевагою лабораторних досліджень є їхня велика точність, невелика трудомісткість та вартість, можливість багаторазового повторення дослідів, проведення дослідів при різних значеннях вологості ґрунту. До недоліків слід віднести невеликий розмір зразків, викривлення природного напруженого стану, неможливість відбору зразків із таких ґрунтів, як сухі та пилуваті **водонасичені** піски, глинисті ґрунти, що близькі до текучого стану, ґрунти, що містять крупноуламкові включення та ін.

### 10.3. Етапи, склад та обсяг вишукування

Інженерно-геологічні вишукування повинні виконуватися етапами, які пов'язуються з вирішенням конкретних задач проектування.

Вибір етапів та їх кількість призначаються в залежності від стадії проектування /технічний проект, робочий проект/, конкретних умов /ступінь вивченості, складність природних умов та ін./. При цьому окремі етапи можуть бути випущені або сумішені з іншими. Визначають такі етапи вишукувань: збір та узагальнення даних про природні умови, інженерно-геологічна **рекогносцировка**, **інженерно-геологічна**

зйомка, інженерно-геологічна розвідка.

Збір та узагальнення даних про природні умови виконуються для складання програми вишукувань /з метою недопущення дублювання робіт/, а також для виявлення варіантів розташування об'єкта будівництва /на стадії техніко-економічного обґрунтування проекту -ТЕО/.

Інженерно-геологічна рекогносцировка виконується для порівняльної оцінки інженерно-геологічних умов за наміченими **варіантами**, а також для одержання даних, необхідних для попередньої оцінки розвитку фізико-геологічних процесів та змін геологічного середовища під впливом будівництва і експлуатації будинків та споруд. Рекогносцировка проводиться на початкових стадіях проектування /проектне завдання, технічний проект/.

При рекогносцировці виконуються маршрутне спостереження, при необхідності проходка окремих гірничих виробок, зондування, геофізичні роботи, випробування ґрунтів та підземних вод /вибіркове визначення класифікаційних показників властивостей ґрунтів, типизація їх за літологічними видами, оцінка характеристик міцності та деформації /за допомогою таблиць/. **Обсяг** рекогносцировки залежить від ступеня **вивченості** району. При достатній вивченості вона може взагалі не проводитись.

Інженерно-геологічна зйомка виконується з метою комплексного вивчення та оцінки інженерно-геологічних умов району /ділянки/ будівництва на значній площі.

У процесі зйомки вивчається геологічна будова місцевості /стратиграфія, літологія, тектоніка та ін./, геоморфологія, гідрогеологія, фізико-геологічні явища /зсуви, суфозія, карст, просадка лесових ґрунтів та ін./, фізико-механічні властивості ґрунтів, стан **наявних** споруд, інженерно-геологічні явища. Зйомка виконується на стадії технічного завдання. У склад зйомки входять: аерофотозйомка, маршрутні спостереження, проходка гірничих виробок, геофізичні дослідження, польові дослідження властивостей ґрунтів, лабораторні дослідження складу та властивостей ґрунтів, хімічного складу підземних вод, дослідно-фільтраційні роботи, стаціонарні спостереження /при необхідності/.

Гірничі виробки при інженерно-геологічній зйомці проходять з метою:

- виявлення геологічного розрізу та умов залягання ґрунтів;
- відбору зразків ґрунтів та проб води для лабораторного вивчення /з ґрунтів основних літологічних видів/;
- польових досліджень властивостей ґрунтів;
- дослідження водного та температурного режиму ґрунтів;
- виявлення та оконтурення зон проявлення фізико-геологічних процесів.

Проектувальник повинен ураховувати, що інженерно-геологічні вишукування на ділянках розвитку несприятливих фізико-геологічних процесів та явищ, як правило, повинні супроводжуватись стаціонарними спостереженнями з метою вивчення динаміки їхнього розвитку. Крім цього, повинні виконуватись спеціальні дослідження ґрунтів для оцінки можливих змін їхніх властивостей внаслідок протікання цих процесів. Так, у районах розвитку карста вивчається петрографічний та хімічний склад ґрунтів, їхня розчинність у воді та швидкість розчинення, вміст вуглекислоти /впливає на швидкість розчинення карбонатів/, склад та стан заповнювача карстових порожнин.

Обсяг інженерно-геологічних робіт залежить від складності інженерно-геологічних умов, площі дослідної території, а також від виду будівництва та характеру об'єктів, що проектується.

Відстань між гірничими виробками при зйомці - 100 - 500 м.

Інженерно-геологічна розвідка виконується з метою одержання інженерно-геологічних характеристик ґрунтів у сфері взаємодії будинків та споруд з геологічним середовищем /під окремі будинки або групу будинків/. Вона виконується для складання робочого проекту. У її склад входять : проходка гірничих виробок, польові дослідження властивостей ґрунтів, геофізичні дослідження, лабораторні дослідження складу, властивостей ґрунтів та хімічного складу підземних вод; дослідно-фільтраційні роботи, стаціонарні спостереження, спеціальні види інженерно-геологічних досліджень.

Гірничі виробки проходяться з метою уточнення геологічного розрізу під конкретним будинком, розчленування масиву ґрунту на інженерно-геологічні елементи, вивчення гідрогеологічних умов та фізико-геологічних процесів.

Обсяг інженерно-геологічних робіт при розвідці установлюється в залежності від уточненої за результатами зйомки категорії складності інженерно-геологічних умов, розмірів споруд у плані, їхнього призначення, класу та конструктивних особливостей, виду фундаментів. Відстань між гірничими виробками при розвідці - 20-70 м.

#### 10.4. Вплив різних факторів на обсяг та зміст інженерно-геологічних вишукувань

На обсяг та вміст інженерно-геологічних вишукувань, як уже відзначалось у попередньому параграфі, впливає ступінь вивченості району, стадія проектування, у відповідності з якою призначаються етапи вишукувань, складність геологічної будови, конструкція споруд та ін. Зупинимось більш детально на деяких з указаних факторів.

Великий вплив на обсяг вишукувань чинять глибина та густина гірничих виробок. Глибина проходки повинна призначатися, виходячи з розрахункової глибини зони стисливості підвалин споруд, які наводяться у завданні на вишукування із заглибленням нижче межі зони стисливості на 1 - 2 м /тобто нижче сфери взаємодії будинків та споруд з геологічним середовищем/.

Коли на будівельному майданчику залягають специфічні за складом та станом ґрунти /мули, просадочні, заторфовані, насипні, крихкотілі, піщані, засолені, набухаючі/, то необхідно гірничі виробки проводити на повну глибину залягання цих ґрунтів.

На ділянках, де протікають несприятливі фізико-геологічні процеси та явища, гірничі виробки необхідно проводити не менше ніж на 5 м нижче зони активного розвитку цих процесів - поверхні сковання зсувних тіл, можливої глибини карстоутворення, поверхні поділу рухомого та нерухомого тіла обсіпу.

Якщо в межах розрахункової глибини зони стисливості залягають скельні ґрунти, то виробки слід проводити до глибини на 2м нижче покривлі слабовивітраних ґрунтів або підшви фундаменту при його закладенні в скельному масиві.

При відсутності в проектувальника до моменту видачі технічного завдання на вишукування даних про глибину зони стисливості глибина проходки призначається в залежності від типів фундаментів та діючого навантаження /табл. 10.1/.

Таблиця 10.1

Рекомендована глибина проходки гірничих виробок

Тип фундаменту	Навантаження на фундамент, кН/м, кН	Глибина нижче підшви фундаменту, м
Стрічковий	До 100	4 - 6
	200	6 - 8
	500	9 - 12
	700	12 - 15
	1000	15 - 18
	2000	18 - 20
Окремий	До 500	4 - 6
	1000	6 - 8
	2500	7 - 9
	5000	9 - 13
	10000	11 - 15
	15000	12 - 19
	50000	18 - 26

Для фундаментних плит глибина проходки свердловин береться рівною половині ширини плити, але не менше 20 м.

Для пальових фундаментів глибина проходки виробок визначається не менше 5 м нижче проектної глибини занурення паль.

Необхідність висвітлення геологічної обстановки з достатньою повнотою при проектуванні інженерних споруд підтверджується **будівельною** практикою. Численні аварії, що виникли внаслідок порушення цієї вимоги, виразно свідчать про це. Але звідси не випливає необхідність закладання на будівельних майданчиках в усіх випадках занадто великої кількості виробок, до того ж великої глибини. Необхідно дотримуватись принципу, що проходка розвідувальних свердловин повинна забезпечувати розкриття місцевої геологічної обстановки. Це стосується і **обсягу** польових та лабораторних досліджень властивостей ґрунтів. Так, фізичні характеристики ґрунтів визначають, як правило, лабораторними методами. Польові методи /зондування, радіоактивний каротаж та ін./ застосовують, якщо відбір зразків утруднений або практично неможливий.

Характеристики міцності також визначають переважно лабораторними методами. Польові методи застосовують у тих випадках, коли трудно відібрати зразки з непорушеною структурою або ґрунт містить велику кількість крупноудамкових включень.

Деформаційні характеристики ґрунтів слід визначати переважно польовими методами. Лабораторні методи застосовуються з метою скорочення **обсягу** польових досліджень /із-за їхньої дорожнечі/, якщо в графіки /таблиці/ переходу від лабораторних даних до польових.

На практиці, внаслідок дорожнечі та трудомісткості, польові методи визначення механічних характеристик різко обмежуються. У цьому разі повинна бути виконана максимальна кількість визначень лабораторними методами з тим, щоб польовим дослідженням відводилась роль контрольних визначень. / Численні визначення в лабораторії дозволяють зробити статистичну оцінку даних/.

Основні фактори, які визначають склад досліджень ґрунтів, що входять у загальний комплекс, такі:

- особливості ґрунтових умов;
- тип вибраного фундаменту;
- клас відповідальності споруд;
- конструктивні особливості споруд.

Складність геологічної будови та гідрогеологічних умов визначається **ступенем** неоднорідності порід, наявністю та характером тектонічних порушень, розповсюдженням слабких порід або таких, що змінюються під впливом споруд та води, розвитком і характером геологічних процесів, наявністю підземних вод.

В умовах складної геологічної будови **обсяг** інженерно-геологічних робіт може бути дуже значним, тоді як у районах розповсюдження погужених товщ однорідних порід, тобто в умовах простої геологічної

будови, цей обсяг може бути зведений до мінімуму.

Про ступінь складності геологічної будови можна дізнатися з літературних та архівних джерел, за результатами рекогносцировки.

При вишукуванні для будівництва споруд I класу дослідження повинні проводитись з використанням повного комплексу методів відповідно до вибраних типів фундаментів та ґрунтових умов, включаючи самі точні і дорогі види польових досліджень.

Для споруд II класу склад досліджень у значній мірі визначається конструктивними особливостями споруд. Для будинків та споруд III класу обмежуються переважно проведенням лабораторних досліджень ґрунтів та зондуванням.

Під конструктивними особливостями споруд розуміють їхню висоту, розміри в плані, наявність або відсутність зосереджених навантажень на підвалини, чутливість до нерівномірних деформацій.

Будинки та споруди в залежності від їхніх конструктивних особливостей та технологічного режиму експлуатації чинять різний за інтенсивністю та мінливістю з глибиною вплив на породи підвалин. Відповідно до цього і ступінь детальності вивчення геологічної будови, що визначається густотою розташування розвідувальних виробок та їхньою глибиною, не може не залежати від особливостей споруд, що проектується.

За інших рівних умов будівництву споруд, малочутливих до нерівномірних деформацій, передую менший обсяг інженерно-геологічних досліджень, ніж будівництву споруд, чутливих до такого роду деформацій.

Перед будівництвом споруд, що чинять динамічний тиск на ґрунти підвалин, інженерно-геологічні дослідження проводяться в більшому обсязі, ніж перед будівництвом будинків та споруд з статичним навантаженням.

При будівництві підземних споруд великого значення набувають дані про підземні води та матеріали, що характеризують стійкість укосів.

## 10.5. Звіт про інженерно-геологічні вишукування.

### Геологічні карти та розрізи

Результати вишукувань оформляються у вигляді звітів, які повинні містити висновки, прогнози та рекомендації для розробки проектно-коштористної документації.

Найбільшим за складом та обсягом є звіт за результатами інженерно-геологічної зйомки. У звіті повинні бути такі розділи:

- опис клімату, рельєфу, фізико-геологічних процесів та явищ;
- відомості про наявність та причини деформацій існуючих будинків та споруд;
- геолого-стратиграфічні розрізи з основними водоносними горизонтами;
- нормативні та розрахункові значення характеристик ґрунтів, що знаходяться в межах інженерно-геологічних елементів, а також оцінка їхньої просторової мінливості;
- прогноз зміни стану та властивостей ґрунтів;
- інженерно-геологічне районування території;
- порівняльна оцінка виділених ділянок;
- висновки та рекомендації, необхідні для прийняття проектних рішень.

За результатами інженерно-геологічної рекогносцировки та розвідки замість звітів можуть складатись висновки, які містять рекомендації відповідно до завдань конкретного етапу вишукувань.

Графічним матеріалом, що відображає результати інженерно-геологічних досліджень, є карти та розрізи.

Геологічна карта-проекція на горизонтальну площину виходів різних за віком гірських порід.

На літологічних картах таким же чином показуються площі розповсюдження порід різного складу. Часто зустрічаються геолого-літологічні карти, які відображають і вік, і склад.

При побудові геолого-літологічних карт використовуються топографічні карти відповідних масштабів.

На картах зустрічаються умовні знаки трьох видів: кольорові, штрихові, буквені та цифрові. Кольором зображують вік метаморфічних та осадових гірських порід, а для магматичних порід колір показує і вік, і склад. Штриховими умовними знаками показують склад гірських порід. Буквені та цифрові знаки /геологічні індекси/ указують на вік та походження порід /див. розд. 4.7/.

Найпростіший випадок побудови геологічної карти відповідає непорушеному /горизонтальному/ залягання осадових порід в умовах горизонтального рельєфу. У цих умовах на карті можна показати тільки один, самий верхній пласт або одну саму верхню товщу порід. Карта буде одноманітно забарвлена або заштрихована.

У випадку горизонтального залягання пластів і розчленованого рельєфу /рис. 10.3/ границі розповсюдження пластів на карті будуть паралельними або збігатися з горизонталями місцевості. Ширина смуг, зображених на геологічній карті розповсюдження тих чи інших горизонтально залягаючих порід, залежить не тільки від потужності, порід а й від крутизни земної поверхні.

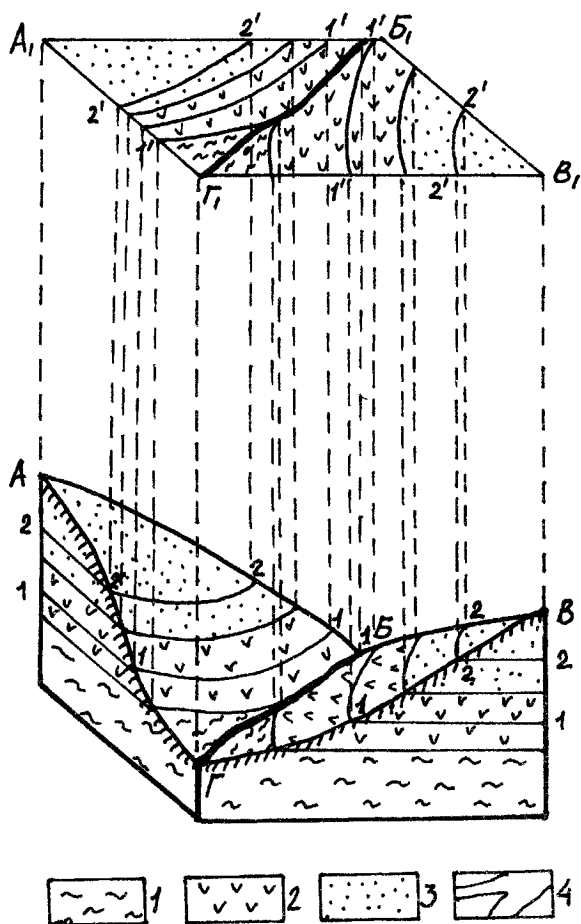


Рис. 10.3. Побудова геологічної карти в умовах горизонтально залягаючих пластів, розкритих на сильно пересіченій місцевості  
 1 - нижній пласт; 2 - середній пласт; 3 - верхній пласт;  
 4 - границі пластів.  
 I - I - I і 2 - 2 - 2 - горизонтальні перерізи місцевості;  
 Г' - Г' і 2' - 2' - горизонталі.



Чим більш пологий рельєф, тим більш широку площу при інших рівних умовах буде займати вихід тієї чи іншої породи.

Виявити послідовність /за віком/ залягання порід, розповсюдження яких показано на геологічній карті, **не важко** за допомогою геологічного розрізу.

Геологічний розріз - графічне зображення вертикальної будови місцевості вздовж певного напрямку. Для його побудови на топографічному профіль, що перетинає ділянку в тому чи іншому напрямку, точками показують границі розповсюдження порід по вертикалі. Для закінчення побудови треба провести від цих точок горизонтальні лінії /рис. 10.4/.

При похилому заляганні пластів в умовах горизонтальної земної поверхні площини напластування порід будуть зображені на карті **паралельними прямими лініями**.

При похилому заляганні пластів в умовах розчленованого рельєфу границі розповсюдження пластів можуть пересікатися з горизонталями.

Геологічні карти в зв'язку з їхнім призначенням мають різні масштаби. Виділяють такі типи карт.

Оглядові геологічні карти, які ілюструють геологічну будову окремих областей, країв, республік. Масштаб карт від 1:500000 до 1:200000.

Детальні геологічні карти, котрі зображують геологічну будову окремих районів, які ціняться з точки зору пошуків та розвідки родовищ корисних копалин. Масштаб карт від 1:100000 до 1:50000.

Крупномасштабні геологічні карти зображують геологічну будову крупних ділянок будівництва. Виконуються на власній топографічній основі /нівелювання, топографічна зйомка/ в масштабах крупніше 1:10000. У залежності від інформації, яку несуть карти, їх можна підрозділити на такі види:

1. Геолого-літологічні. Ці карти можуть зображати виходи різних порід на земну поверхню. Тоді переважачими породами на них будуть породи четвертинного віку /карти четвертинних відкладів/. Іншим варіантом є карта корінних порід, з яких мов би зняті четвертинні наноси.

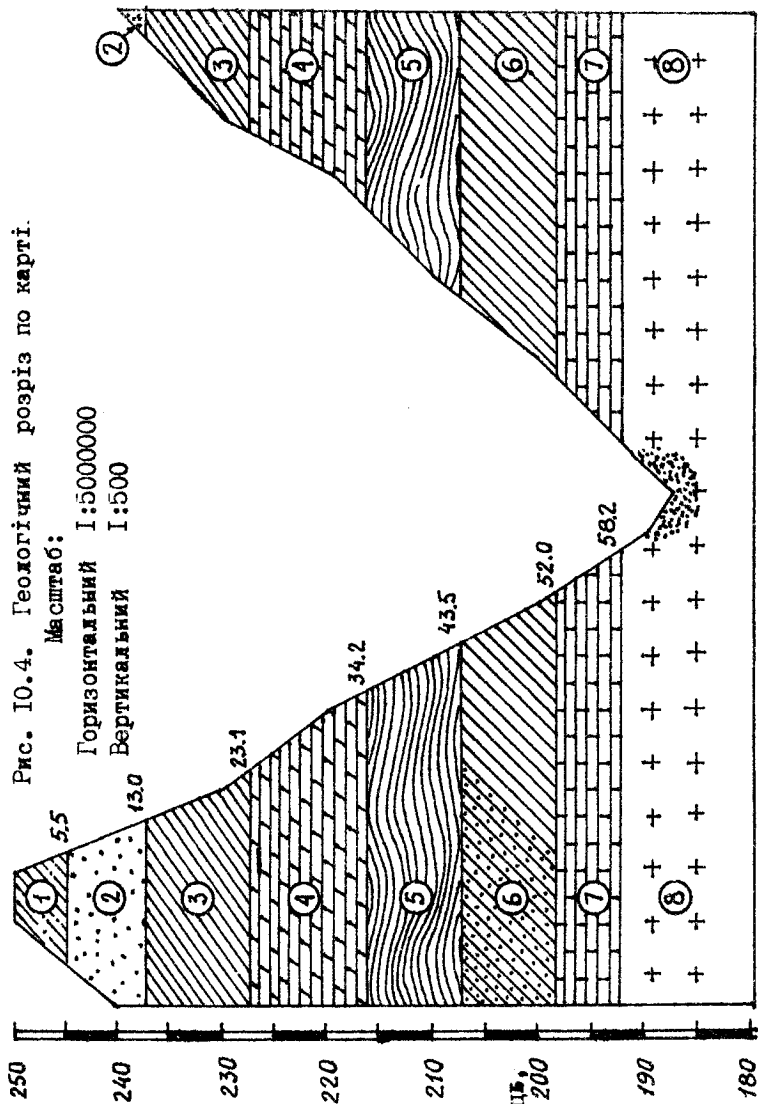
2. Гідрогеологічні карти-карти підземних вод/див. розд. 5/.

3. Тектонічні карти /показують тектонічні **розломи**/.

4. Інженерно-геологічні, які за своєю суттю є картами районування. На них виділяють однорідні в інженерно-геологічному відношенні території, що дозволяє за сукупністю природних факторів оцінювати інженерно-геологічні умови будівництва.

Рис. 10.4. Геологічний розріз по карті.

Масштаб:  
 Горизонтальний 1:5000000  
 Вертикальний 1:500



Умовні позначення та  
 стратиграфічний індекс

1 Супісок, Q<sub>III</sub>

2 Пісок, Q<sub>I</sub>

3 Глина, N

4 Мергель, J

5 Глинист. сланець, C<sub>3</sub>

6 Пішаник, C<sub>2</sub>

7 Вапняк, C<sub>1</sub>

8 Граніт, PR

240	250	250	230	220	210	200	190	185	200	210	220	230	240															
									Q <sub>III</sub>	Q <sub>II</sub>	Q <sub>I</sub>	N	J	C <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	PR	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	J	N	Q <sub>III</sub>					
Відмітки горизонталей																												
Важкі гірських порід																												
Стратиграфічний індекс																												

Інженерно-геологічне районування завжди буває спеціальним, оскільки направляється на вирішення певного ряду питань - проектування деяких видів будівництва, господарче використання територій і т.д. При складанні інженерно-геологічних карт необхідно виявити головне, найбільш суттєве в залежності від конкретних умов. Для одних умов головним може бути інженерно-геологічні особливості слабких порід, для інших - залягання скельних ґрунтів або підземних вод.

У звітах про інженерно-геологічні вишукування на картах показують розташування гірничих виробок.

Результати проходки гірничих виробок використовують для складення розрізів, що ілюструють геологічну будову та гідрогеологічні умови території.

Геологічні розрізи повинні дати уявлення про характер залягання, потужність різних порід та положення поверхні підземних вод по тому чи іншому перетину будівельного майданчика, зокрема, по осях споруд. Розрізи будують, як правило, в масштабі від 1:200 до 1:500. Для зменшення довжини креслень зменшують горизонтальний масштаб у порівнянні з вертикальним. Так, при вертикальному масштабі 1:100 горизонтальний масштаб приймають 1:1000. При такому десятикратному викривленні складається неправильне уявлення про рельєф земної поверхні та положення границь розповсюдження порід і тому слід по можливості уникати великої різниці масштабів.

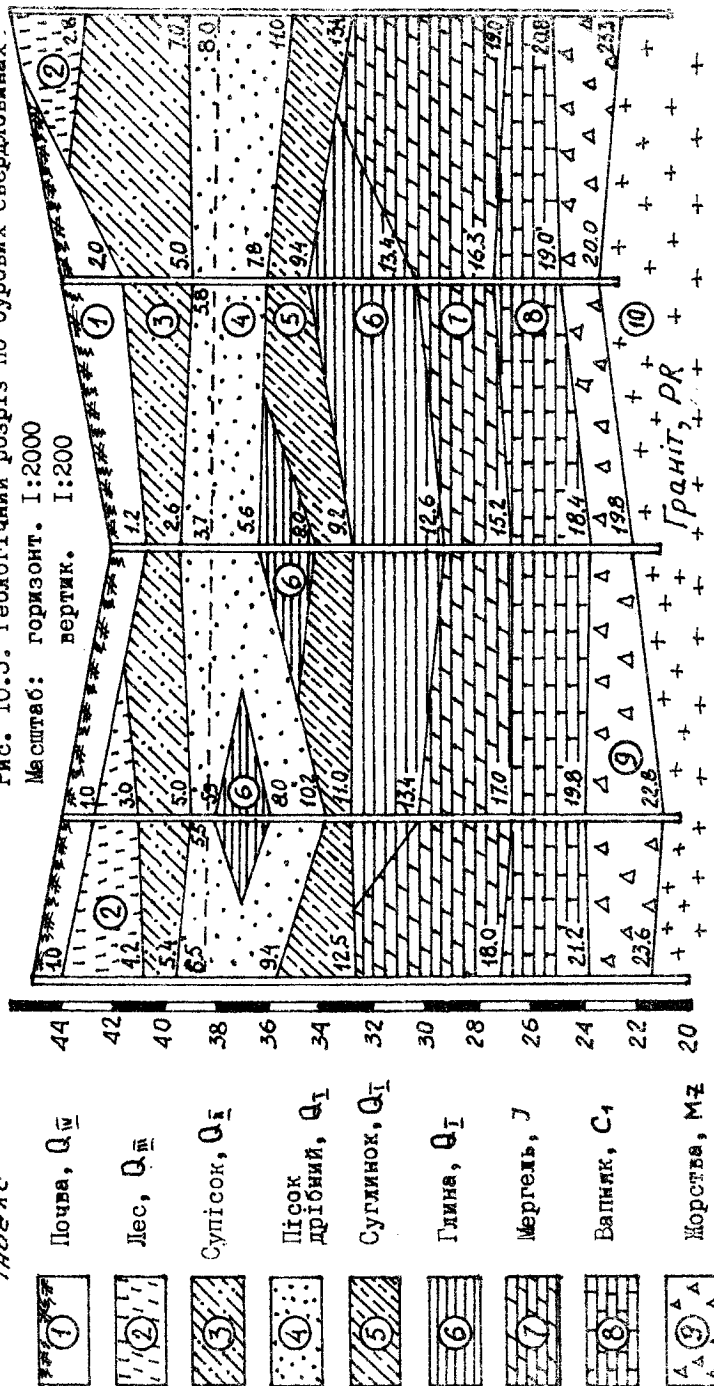
Побудову геологічного розрізу починають з накреслення топографічного профілю за відповідним напрямком. На цей профіль наносять вертикальні лінії, що зображують шурфи та свердловини. Маленькими горизонтальними штрихами показують границі розповсюдження тих чи інших порід по вертикалі. Потім штрихи, що зображують границі однакових порід у сусідніх свердловинах /шурфах/, з'єднують /див. рис. 10.5/. Цими лініями здійснюється інтерполяція цаних, одержаних в окремих точках /свердловинах/. Якщо порода виявлена в одному шурфі /свердловині/, а в сусідньому відсутня, то на розрізі зображують її поступове виклинювання до середини відстані між шурфами /свердловинами/. Біля вертикальних ліній, що зображують шурфи /свердловини/, проставляються відмітки гирла та границь розповсюдження по вертикалі різних порід /рис. 10.5/.

## 10.6. Інженерно-геологічна експертиза

У процесі зведення та експлуатації споруд часом виникають деформації /тріщини в стінах, перекося та ін./, що утруднює нормальну експлуатацію, а інколи ставить під загрозу стійкість споруд.

Рис. 10.5. Геологічний розріз по бурових свердловинах

Масштаб: горизонт. І:2000  
вертик. І:200



№№ свердловин	1	2	3	4
Відстань між свердловинами, м	60	110	100	110
Абсолютна відмітка ґрунту, м	45.1	44.0	41.9	43.8
Абсолютна відмітка вибою, м	20.2	20.8	21.1	22.6
WL, м	38.6	38.5	38.2	38.0

У багатьох випадках виникнення таких деформацій пов'язане з нерівномірною осадкою фундаментів.

Нерівномірна осадка споруд може бути наслідком як неоднорідності геологічної будови підвалин, не виявленої під час вишукувань і не урахованої при будівництві, так і місцевих змін стану порід. Ці зміни можуть бути результатом інженерно-геологічних процесів, розглянутих вище.

Природно, що проведення заходів щодо забезпечення нормальних умов експлуатації деформованих будинків та споруд неможливе без виявлення причин деформації. Це завдання вирішується інженерно-геологічною експертизою.

Інженерно-геологічну експертизу проводять також у зв'язку з реконструкцією будівель і споруд. При реконструкції експертиза виявляє можливості збільшення навантажень при надбудові або збільшенні ваги обладнання, кранів та ін.

Інженерно-геологічна експертиза починається з огляду деформованої споруди, потім виявляються особливості природних умов та умов експлуатації, з якими пов'язана поява деформацій споруди. Якщо будівля знаходиться на схилі або в безпосередній близькості до нього, то уважно оглядають прилеглу до нього територію. Наявність свіжих тріщин у верхній частині схилю та поява валів у нижній частині схилю розглядаються як показник впливу зсувних процесів.

Якщо у даній місцевості добувають корисні копалини, треба перевірити, чи не обумовлені деформації зрушенням гірських порід у виробках. Опускання поверхні може бути пов'язане і з зменшенням напору води та нафти, що добуваються із земних надр.

У районах, прилеглих до недавно зведених водосховищ, треба звернути увагу на те, у якій мірі відбувся підйом рівня ґрунтових вод та оцінити його можливий вплив на стійкість ґрунтів підвалин споруд. Підйом рівня ґрунтових вод виникає і з інших причин, наприклад, екранування поверхні, витоку з мереж міст. У будь-якому разі підйом рівня ґрунтових вод повинен бути виявленим.

Після огляду споруди, а при необхідності і прилеглої території, аналізуються матеріали, що характеризують геологічну будову та гідрогеологічні умови будівельного майданчика за даними вишукувань, що передували будівництву. Далі розглядаються проектні матеріали та креслення. Іноді цих матеріалів виявляється достатньо для того, щоб дізнатися про причину деформацій. Часто вона буває наслідком відступу від робочих креслень і невиконання заходів, які повинні були забезпечити рівномірну осадку при неоднорідній геологічній будові підвалин.

У багатьох випадках виникає необхідність у виявленні харак-

теру та причин зміні стану ґрунтів під фундаментами. Для цього поряд з фундаментами проходять шурфи. Їхнє розташування повинне забезпечити одержання порівняльних матеріалів відносно стану ґрунтів під різними сторонами будівлі як більш, так і менш деформованих. Основна увага звертається на дані про стан ґрунтів і глибину залягання ґрунтових вод. Обов'язково визначаються вологість, пористість, а також виявляється їхня зміна з глибиною.

Дані, одержані в результаті проходки шурфів, глибина яких залежить від цілого ряду обставин, треба порівняти з даними, одержаними в свій час перед будівництвом. Це зіставлення у багатьох випадках є основним методом проведення інженерно-геологічної експертизи. Воно дозволяє виявити причини зміни стану порід-зволоження, відтавання, промерзання, усадки глинистих ґрунтів, розчинення та ін.

Дуже велике значення для успіху інженерно-геологічної експертизи мають дані про зміну інтенсивності деформацій з часом /тобто слід виявити, прогресує вона чи ні, і якщо так, то в якій мірі/. Найпростіший шлях одержання таких даних-спостереження за станом маяків. Маяк-це смужка скла або іншого матеріалу, кінці якого закріплюються на обох сторонах тріщини. Якщо відбувається розширення тріщини, то маяк розривається. Для кількісної оцінки процесу розширення тріщин проводяться періодичні вимірювання.

Опінити зміни з часом інтенсивності осадки будівель можна і за допомогою інструментальних спостережень за положенням марок, що улаштовуються в їхніх стінах і фундаментах. Результати цих спостережень зображуються у вигляді кривих залежності осадки від часу. Якщо осадка не затухає, то це значить, що вплив причин, котрі викликають зміну стану ґрунтів, зберігається.

Після виявлення причин порушень у надфундаментних конструкціях дають рекомендації щодо їх усунення. Ці рекомендації зводяться до закріплення ґрунтів підвалин або до підсилення фундаментів різними способами, аж до підведення нових фундаментів.

Вивчення підвалин і фундаментів при реконструкції має багато спільного з вивченням їх у зв'язку з аварійним станом. Але необхідно враховувати ту обставину, що іноді доводиться приймати рішення щодо будівель і споруд, на які технічна документація з різних причин не збереглася. Це стосується, головним чином, будівель і споруд старої забудови. Для прийняття рішення про реконструкцію, пов'язану зі збільшенням навантажень, доводиться розкривати всі основні фундаменти, визначати їх ширину і глибину закладення, оцінювати стан матеріалу фундаментів, проводити необхідні розрахунки і визначати фізико-механічні характеристики ґрунтів.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які матеріали необхідні для складання програми інженерно-геологічних вишукувань ?
2. Назвіть види гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень.
3. Які ви знаєте етапи інженерно-геологічних вишукувань? Призначення кожного з них та склад.
4. Види гірничих виробок, їхнє призначення.
5. Правила відбору зразків ґрунтів для оцінки їх фізико-механічних властивостей .
6. Від чого залежить густина та глибина проходки гірничих виробок?
7. Назвіть основні фактори, які визначають обсяг і зміст інженерно-геологічних вишукувань.
8. Які ви знаєте польові методи оцінки деформаційних та міцностних характеристик ґрунтів? У яких випадках вони застосовуються?
9. Які документи складають у процесі вишукувань?
10. Який зміст інженерно-геологічного звіту?
11. Види геологічних карт, їхні масштаби та призначення.
12. Види геологічних розрізів, їхні масштаби, методика побудування.
13. Що таке інженерно-геологічна експертиза? У яких випадках вона проводиться, який її зміст ?

Список рекомендованой литературы

1. Абелев Ю.М., Абелев М.Ю. Основы проектирования и строительства на просадочных грунтах. -М.: Стройиздат, 1968. -432 с.
2. Ананьев В.П., Передельский Л.В. Инженерная геология и гидрогеология. -М.: Высшая школа, 1980.
3. ГОСТ 25100-82. Грунты. Классификация.
4. Денисов Н.Я. Инженерная геология. -М.: Госстройиздат, 1960.- 404с.
5. Дружинин М.К. Основы инженерной геологии. -М.: Недра, 1978.-246с.
6. Зоценко Н.Л. та ін. Інженерна геологія, механіка ґрунтів, основи і фундаменти. -К.:Вища школа, 1992.-408 с.
7. Иванова М.Ф. Общая геология с основами исторической геологии. - М.: Высшая школа, 1980. -440 с.
8. Крутов В.И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах. -К.: Будівельник, 1982. -224с.
9. Маслов Н.П. Основы инженерной геологии и механики грунтов. -М.: Высшая школа, 1982.-512с.
10. Мустафаев А.А. Расчет оснований и фундаментов на просадочных грунтах. -М.: Высшая школа, 1979. -368с.
11. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений. -М.: Стройиздат, 1986. -415с.
12. СНиП I.02.07-87. Инженерные изыскания для строительства.
13. Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы. Под ред. Е.М.Сергеева -М.: Недра, 1985. -332с.
14. Швецов Г.И. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты. -М.: Высшая школа, 1987. -296с.



Міністерство освіти України  
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Іван Іванович Ваганов, Ірина Вікторівна Маєвська,  
Микола Миколайович Попович

ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ

Геологічні процеси, ґрунтознавство

Частина II

Навчальний посібник

Редактор В.С.Судома

Тир. 70 прим.

---

ВДТУ, 28602І, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95

---