

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

КАФЕДРА БУДІВНИЦТВА, УРБАНІСТИКИ ТА ПРОСТОРОВОГО ПЛАНУВАННЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«Інженерна геологія та вишукування»

(для здобувачів вищої освіти спеціальності G 19
Будівництво та цивільна інженерія)

(Електронне видання)

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри будівництва,
урбаністики та просторового
планування

Протокол № 9 від 25.03.2025 р.

Київ 2025

УДК 624.131.1

Конспект лекцій з дисципліни «Інженерна геологія та вишукування» (для здобувачів вищої освіти спеціальності G 19 Будівництво та цивільна інженерія) (Електронне видання) /Уклад.: Н.І. Білошицька, Г.О. Татарченко, М.В. Білошицький. – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2025. – 166 с.

Конспект лекцій спрямований на засвоєння здобувачами освіти теоретичного матеріалу з дисципліни «Інженерна геологія та вишукування».

У конспекті лекцій розглядаються основні геологічні об'єкти, процеси та явища, їх вплив на будівництво, а також заходи та способи захисту від негативних впливів з використання сучасної бази нормативних документів.

Наведені в конспекті матеріали спрямовані на: формування у здобувачів вищої освіти відомостей про мінерали та гірські породи як основи при зведенні будівель і споруд та будівельні матеріали, застосовувані в будівництві; засвоєння методів досліджень з оцінки геологічних умов біля майбутнього будівництва, прогнозування змін геологічного середовища, що відбудуться у процесі будівництва, після його завершення, а також при подальшій експлуатації будівельних об'єктів.

Укладачі: Н.І. Білошицька – к.т.н., доцент кафедри БУПП

Г.О. Татарченко – д.т.н., проф., завідувач кафедри БУПП

М.В. Білошицький – к.т.н., доцент кафедри БУПП

Рецензент: П.Є. Уваров – к.т.н., доцент

ЗМІСТ

Вступ	5
1. Предмет і задачі курсу. Земля у світовому просторі, її походження і будова	7
1.1. Предмет і задачі курсу «Інженерна геологія та вишукування». Характеристика інженерної геології	7
1.2. Походження і будова Землі.	9
1.3. Форма, розміри і будова Землі	15
1.4. Оболонки Землі	16
1.5. Тепловий режим земної кори	29
1.6. Речовий склад земної кори	32
Контрольні питання	33
2. Геологічна хронологія земної кори	34
2.1. Відносний та абсолютний вік гірських порід	34
2.2. Геологічна хронологія.	41
Контрольні питання	45
3. Породотвірні мінерали	46
3.1. Фізичні властивості мінералів	47
3.2. Класифікація мінералів	62
Контрольні питання	64
4. Гірські породи. Генетична класифікація гірських порід	65
4.1. Магматичні гірські породи	67
4.1.1. Інженерно-геологічна характеристика магматичних порід	67
4.1.2. Форми залягання магматичних порід	68
4.2. Осадкові гірські породи	69
4.2.1. Класифікація осадових порід за способом утворення	70
4.2.2. Структура і текстура осадових порід	72
4.2.3. Інженерно-геологічна характеристика осадових порід	74
4.3. Метаморфічні гірські породи	75
Контрольні питання	77
5. Геоморфологія	78
Контрольні питання	82
6. Гідрологія	83

6.1.	Хімічний склад і агресивність підземних вод	84
6.2.	Класифікації підземних вод	86
6.3.	Карти ґрунтових вод	94
6.4.	Рух ґрунтових вод. Основний закон руху	96
	Контрольні питання	102
7.	Геологічні та інженерно-геологічні процеси та явища	103
7.1.	Тектонічні рухи в земній корі	105
7.2.	Сейсмічні явища. Землетруси	114
7.3.	Екзогенні процеси	119
7.3.1.	Процеси вивітрювання	119
7.3.2.	Геологічна діяльність вітру	121
7.3.3.	Геологічна діяльність атмосферних опадів	122
7.3.4.	Геологічна діяльність річок	125
7.3.5.	Геологічна діяльність в болотах	128
7.3.6.	Рух мас гірських порід на схилах рельєфу	129
7.3.7.	Геологічна діяльність підземних вод	131
7.3.8.	Просадність лесових ґрунтів	133
	Контрольні питання	134
8.	Інженерно-геологічні вишукування для різних видів будівництва	135
8.1.	Зміст та задачі інженерно-геологічних вишукувань	135
8.2.	Комплексні інженерно-геологічні вишукування	140
8.3.	Геотехнічні вишукування	146
8.4.	Гідрогеологічні вишукування	148
8.5.	Інженерно-геологічні вишукування для реконструкції	156
8.6.	Інженерно-геологічні вишукування в процесі будівництва	158
8.7.	Інженерно-геологічні вишукування для підземного будівництва	159
8.8.	Інженерно-геологічні вишукування у складних умовах	160
8.9.	Технічні вимоги до результатів інженерно-геологічних вишукувань	161
	Контрольні питання	162
	Рекомендована література	164

ВСТУП

Конспект лекцій з дисципліни «Інженерна геологія та вишукування» складений у відповідність до робочої програми дисципліни та призначений для здобувачів освіти спеціальності G 19 Будівництво та цивільна інженерія. Конспект лекцій містить теоретичний матеріал за основними питаннями дисципліни.

У минулому столітті особливий розвиток набула інженерна геологія — наука, що вивчає властивості гірських порід (грунтів), природні геологічні та техногенно-геологічні (інженерно-геологічні) процеси у верхніх горизонтах земної кори у зв'язку з будівельною діяльністю людини.

Розвиток інженерної геології як самостійної галузі геології проходило кілька етапів: перший етап, що належить до кінця XIX і першої третини XX ст., характеризується накопиченням досвіду використання геологічних даних для будівництва різних об'єктів, але особливу роль при цьому відіграло масове будівництво залізниць у промислово розвинених країнах світу. На другому етапі (друга третина XX ст.) інженерна геологія утвердилася як самостійна наука і стала необхідною і багато в чому невід'ємною частиною будівельного виробництва. З'явилися норми та технічні умови на будівництво в різних, у тому числі й дуже складних умовах і при розвитку небезпечних природних процесів (вічна мерзлота, сейсмічні райони, лісові просадні ґрунти, зсувонебезпечні райони тощо). Набули поширення спеціалізовані інженерно-геологічні розвідувальні організації, оснащені необхідним обладнанням, приладами та висококваліфікованими кадрами. Остання третина XX ст. є найважливішим етапом у розвитку інженерної геології, яка перетворилася на самостійний досить широкий розділ комплексу наук про Землю, здатний вирішувати найскладніші завдання, забезпечуючи будівництво об'єктів у різних, у тому числі найважчих і несприятливих геологічних умовах. У сучасних умовах інженерна геологія вивчає геологічне середовище для будівництва та для забезпечення його раціонального використання та охорони від несприятливих для людини процесів та явищ. Розвиток будівельної діяльності та пов'язана з ним еволюція інженерної геології призводить до зближення її з комплексом екологічних

наук. Сучасна інженерна геологія базується на знаннях в галузі як природничих наук, таких як фізика, хімія, вища математика, біологія, екологія, географія, астрономія, так і прикладних – гідравліка, геодезія, кліматологія, інформатика та ін.

Інженерна геологія в класичному поданні включає три головні самостійні, тісно пов'язані між собою наукові напрями, що вивчають три головні елементи геологічного середовища:

- ґрунтознавство – гірські породи та ґрунти;
- інженерна геодинаміка – природні та антропогенні геологічні процеси та явища;
- регіональна інженерна геологія – будова та властивості геологічного середовища певної території.

Головною метою інженерної геології є вивчення природної геологічної обстановки місцевості до початку будівництва, а також прогноз тих змін, які відбудуться в геологічному середовищі, і в першу чергу в породах, у процесі будівництва та експлуатації споруд. У сучасних умовах жодна будівля або споруда не може бути спроектована, побудована і надійно експлуатуватися (а згодом може бути ліквідована або реконструйована) без достовірних та повних інженерно-геологічних матеріалів.

У складі дисципліни «Інженерна геологія та вишукування» розглядаються основні принципи та закони інженерної геології як науки про раціональне використання геологічного середовища під час будівництва. Викладено необхідні відомості із загальної геології, мінералогії, петрографії, геоморфології. Наведено основні положення гідрогеології. Докладно розглянуто найголовніші фізико-геологічні та інженерно-геологічні процеси, механізм їх прояву та основні способи запобігання та локалізації.

Викладено основні принципи інженерно-геологічних вишукувань для різних видів будівництва, їх організацію, методи та способи здійснення, наведено основні прилади та обладнання, методологію аналізу та діючі нормативні документи, за якими виробляють геологічні вишукування.

ТЕМА 1

ПРЕДМЕТ І ЗАДАЧІ КУРСУ. ЗЕМЛЯ У СВІТОВОМУ ПРОСТОРІ, ЇЇ ПОХОДЖЕННЯ І БУДОВА

План:

- 1.1. Предмет і задачі курсу «Інженерна геологія та вишукування». Характеристика інженерної геології.
- 1.2. Походження і будова Землі.
- 1.3. Форма, розміри і будова Землі
- 1.4. Оболонки Землі
- 1.5. Тепловий режим земної кори
- 1.6. Речовий склад земної кори

1.1. Предмет і задачі курсу «Інженерна геологія та вишукування». Характеристика інженерної геології.

Сучасна інженерна геологія – це розгалужена галузь знань, яка об'єднує вчення про властивості гірських порід і їх товщ (масивів) як основ споруд, середовища виробництва інженерних робіт і розміщення споруд, а також вчення про геодинамічні умови їх зведення та експлуатації.

Інженерна геологія – це наука про геологічне середовище – про його властивості, будову і динаміку; його раціональне використання та охорону в зв'язку з інженерно-господарською, перш за все, інженерно-будівельною діяльністю людини.

Предметом інженерної геології є геологічне середовище, а саме:

– будова, склад та динаміка верхніх горизонтів земної кори і підземних вод у зв'язку з інженерною діяльністю людини, а також геологічні і гідрогеологічні умови окремих територій;

– методи та принципи збирання та систематизування інформації про стан середовища, об'єктів будівництва під час їх зведення та експлуатації згідно нормативних документів.

Об'єктом її вивчення служать гірські породи, що складають верхню частину земної кори.

За визначенням Є.М. Сергєєва, геологічне середовище – це будь-які гірські породи і ґрунти, що складають верхню частину розрізу літосфери і розглядаються як багатоконпонентні системи (тверда частина, води, гази, мікроорганізми), що знаходяться під впливом інженерно-господарської діяльності людини. Це призводить до зміни природних геологічних процесів і виникнення нових антропогенних процесів, що змінюють інженерно-геологічні умови певної території.

В даний час жодна споруда не проектується без попередніх детальних інженерно-геологічних вишукувань. Інженерні вишукування виконуються фахівцями-геологами. Основним результатом досліджень є інформація. Завдання інженерів-будівельників – грамотно використовувати цю інформацію для розробки проектів будівництва будівель та споруд.

Згідно з вимогами програми курсу, випускник повинен вміти розрізняти найпоширеніші гірські породи (ґрунти) і оцінювати їх будівельні властивості, знати основні геологічні процеси і уявляти собі їх небезпеку для будівель і споруд, виконувати аналіз матеріалів вишукувань з метою вибору раціональних і надійних проектних рішень підземних споруд і фундаментів.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Інженерна геологія та вишукування» при підготовці фахівців є вміння самостійно переробляти інформацію, постійно оновлювати свої знання, приймати самостійне рішення при визначенні геологічних умов виробництва інженерних робіт, експлуатації споруд і реконструкції будівель. Під геологічними умовами мають на увазі комплекс питань, розв'язуваних у процесі інженерно-геологічних вишукувань:

– оцінка геоморфологічних умов ділянки;

- оцінка геологічної структури території;
- встановлення складу ґрунтів основ;
- визначення водно-фізичних і фізико-механічних властивостей ґрунтів;
- оцінка гідрогеологічних умов;
- оцінка геодинамічного стану території;
- вивчення задач геологічних вишукувань;
- вивчення послідовності і етапів виконання інженерно-геологічних вишукувань;
- вивчення основних методів розрахунку при виконанні геоморфологічних, геологічних, гідрологічних вишукувань;
- розвиток у студентів навиків і умінь при виконанні інженерних вишукувань на будівельних об'єктах.

Рішення цих задач приведе до підвищення якості інженерно-геологічних вишукувань, а також полегшенню, прискоренню і поліпшенню виробництва інженерних робіт, експлуатації споруд і реконструкції будівель.

1.2. Походження і будова Землі

Знання про походження Землі має величезне значення як для вивчення її будови, так і для пояснення тих глибинних процесів, що впливають на її поверхневі частини. Однак і до нинішнього часу цілком достовірно не встановлено, як і з чого утворилася Земля, інші планети, Сонячна система в цілому. Тому наші знання в цьому питанні мають характер науково обґрунтованих припущень – гіпотез. Учені давно намагаються відкрити таємницю походження Землі.

У стародавніх греків за два – три століття до нашої ери існували два принципово різних погляди на цю проблему. Згідно з одним із них, Сонячна система побудована геоцентрично (так звана система Птолемея). У центрі Всесвіту знаходиться Земля, а решта планет Сонячної системи, саме Сонце та

інші зірки обертаються навколо Землі. Згідно з іншим поглядом (гіпотеза геліоцентризму), центром Всесвіту вважали Сонце.

У середині XVI ст. великий польський астроном М. Коперник (1473 – 1543) математично розвинув геліоцентричну гіпотезу, але й після цього вона довго не набувала поширення. Послідовниками М. Коперника стали Дж. Бруно, Г. Галілей, І. Кеплер, І. Ньютон.

Відкриття І. Кеплером (1571 – 1630) закону руху планет, а І. Ньютоном (1643 – 1727) закону всесвітнього тяжіння мало величезне значення для пояснення походження Сонячної системи. Було запропоновано багато гіпотез її походження.

У середині XVIII ст. М.В. Ломоносов у своїх працях розкрив геологічні процеси розвитку Землі, розглянувши усі явища на Землі як щось нестале, що розвивається в часі. Він гадав, що Сонце – це розплавлене тіло, а для Землі розплавлений стан – пройдений етап. Для розкриття таємниці походження Землі важливі ідеї М.В. Ломоносова про її стиснення від охолодження і сумніви щодо існування рідкого ядра.

Перша наукова гіпотеза про походження Сонячної системи належала філософу І. Канту (1724-1804), яку він запропонував у 1755 р., коли в природничих науках ще панувала метафізика.

У 1755 р. німецький філософ І. Кант у роботі «Загальна природна історія і теорія неба» дав картину утворення та розвитку Сонячної системи за закономірностями природи. Він вважав, що Сонячна система утворилась із космічної туманності, яка являє собою розсіяну речовину. Цим самим було нанесено удар метафізичному світоглядові. У 1796 р. французький астроном і математик П. Лаплас у додатку до книги «Викладення системи світу» представив подібну картину утворення Сонячної системи. Він гадав, що існувала розжарена газова туманність, яка оберталася навколо своєї осі. Зі згущення в центрі утворилося Сонце, а із концентричних газових кілець сформувалися планети, серед яких і Земля (рис. 1.1). Ці дві гіпотези за їх близькістю пізніше були відомі

під назвою гіпотези Канта-Лапласа. Згідно з цими даними, Земля після утворення була вогняно-рідким тілом. У процесі наступного безперервного охолодження на її поверхні утворилася тверда оболонка – земна кора, яка начебто плавала по розплавленій речовині.

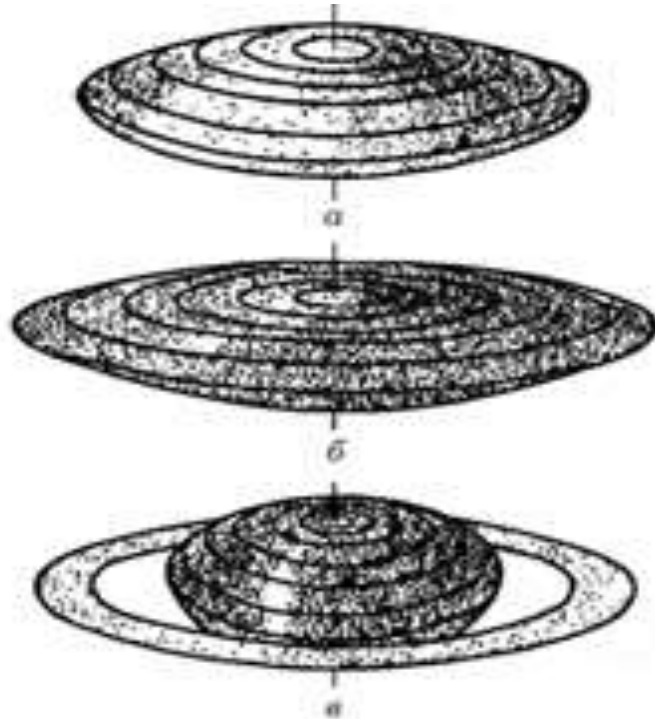


Рис. 1.1. Утворення планетарної системи за гіпотезою Лапласа: а – обертання газової туманності; б – сплюснення газової туманності внаслідок збільшення швидкості обертання; в – відривання газоподібного кільця

Отже, І. Кант і П.С. Лаплас вперше у природознавстві свідомо ввели принцип розвитку Сонячної системи під дією природних сил. Великим внеском цих учених в науку була спільна відправна точка, що вихідний матеріал, з якого формуються планети, знаходився в розрідженому стані: у вигляді газу (П.С. Лаплас) чи у вигляді певних часточок (І. Кант). Гіпотеза Канта-Лапласа була домінуючою до початку ХХ ст., коли чітко визначились її недоліки. Справа в тому, що ця гіпотеза не могла пояснити низку закономірностей, спостережених у Сонячній системі, зокрема розподіл моменту кількості руху (деякі супутники планет обертаються в бік, протилежний загальному рухові).

Вчені О.Ю. Шмідт (1891 – 1956) та В.Г. Фесенков (1889 – 1972) розглядали розвиток Сонячної системи не тільки як механічне переміщення тіл у просторі, а

й як сукупність процесів розвитку, які відбуваються суперечливо, негармонійно. Подібних поглядів дотримувались і закордонні вчені Д. Койпер і Г. Юрі.

За гіпотезою Шмідта (1944 р.) Сонце «старіше» за інші планети Сонячної системи. Земля та інші планети утворилися з міжзоряного метеоритного пилу, який був захоплений Сонцем, шляхом «збирання твердих часточок» – метеоритів (рис. 1.2). При цьому припускалось, що рій пилової матерії мав значний момент кількості руху і потім перейшов в орбітальний рій. Гіпотеза пояснює два складні питання: розподіл моменту кількості руху в Сонячній системі і закон планетних відстаней. О.Ю. Шмідт вважав, що поверхня Землі не була в розпеченому стані, і з моменту свого виникнення одержувала тепло від Сонця і частково внаслідок ударів метеоритів. Систематичне охолодження Землі з моменту її виникнення, за О.Ю. Шмідтом, виключається.

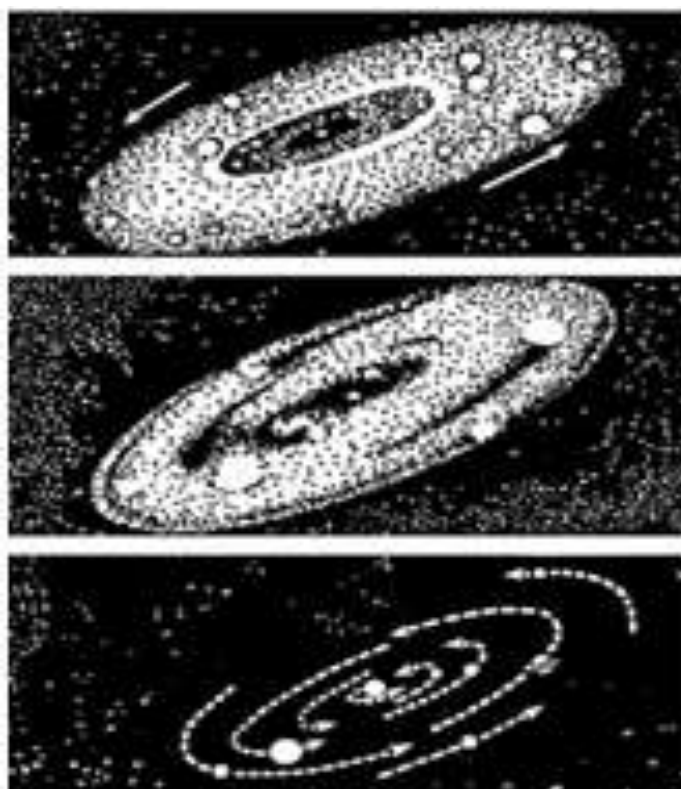


Рис. 1.2. Походження планет за гіпотезою Шмідта

У гіпотезі Шмідта є деякі слабко розроблені положення:

1) гіпотеза недостатньо пояснює питання еволюції Сонця та інших зірок;

2) багато вчених вважають, що первинна хмара міжзоряної матерії, ймовірно, була не метеоритною, а газовою; захоплення матерії Сонцем неможливе;

3) є думки, що і метеорити утворились внаслідок розпаду якоїсь планети, а не навпаки (планети утворились із метеоритів);

4) в осадових породах стародавніх геологічних епох не трапляються метеорити.

В.Г. Фесенков схиляється до думки, що, оскільки вік Сонця близький до астрономічного віку Землі, можна вважати, що Сонце і планети, які обертаються навколо нього, утворились одночасно і що це єдиний процес походження зоряної системи з одного й того самого вихідного середовища – якоїсь газопилової туманності (рис. 1.3). Внутрішні частини ущільнення стали матеріалом для утворення Сонця, зовнішні – для утворення планет Сонячної системи. Земля виникла відразу в усій масі, а не «збиралася» з окремих часточок. Нажаль, гіпотеза Фесенкова неспроможна пояснити, чому близько 90% маси Сонця складається з найлегших елементів – водню і гелію, а на Землі цих елементів дуже мало. Якщо планети утворилися з єдиної туманності, то незрозуміле походження сили, яка потім відкинула планети на величезні відстані від Сонця.

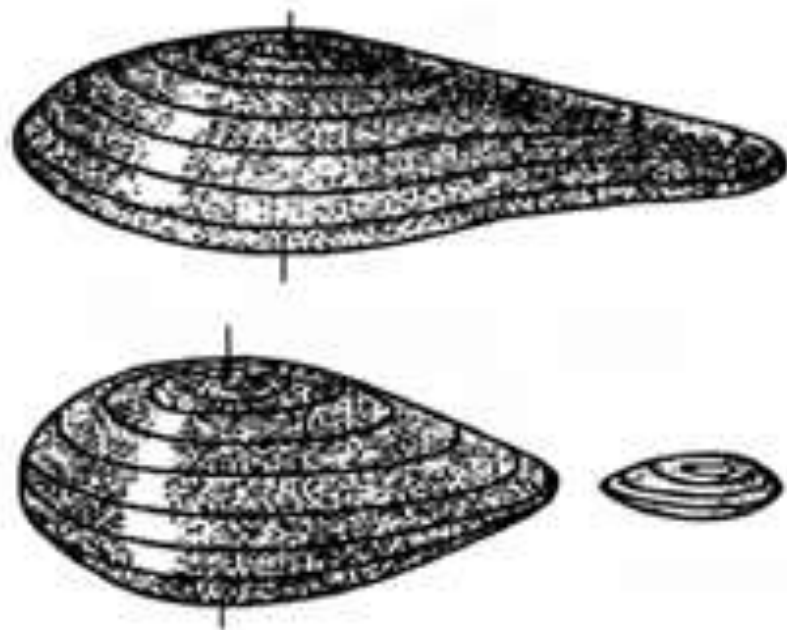


Рис. 1.3. Утворення Землі за гіпотезою Фесенкова

Значний інтерес викликає гіпотеза Е.В. Соботовича (1973). Він звернув увагу на те, що в більшості сучасних гіпотез про утворення Землі вчені виходять із припущення, що вона в початковий період формування складалася з відносно однорідного матеріалу. В цьому матеріалі рівномірно розміщувалися радіоактивні елементи. Але, як показали найновіші дослідження, вміст радіоактивних елементів зменшується з глибиною. Е. В. Соботович вважає, що поблизу хмари з холодної матерії діаметром 1...2 світлових роки стався вибух наднової зірки. Від цього вибуху, при якому була викинута плазма, маса котрої дорівнювала приблизно десяти Сонцям, частина хмари почала обертатися, перетворюючись на газ. Пізніше в центральній частині хмари після її ущільнення утворилося Сонце. На периферії хмари були тверді утворення, зародки планет, у тому числі й Землі. У їх складі переважали метали з незначним вмістом радіоактивних елементів. Під час дальшого розвитку на Землю нашаровувалась речовина, збагачена радіоактивними елементами, що виникла внаслідок вибуху наднової зірки. Так пояснює ця гіпотеза концентрацію радіоактивних елементів у поверхневих частинах Землі. Розігрівання Землі, причиною якого стали радіоактивні процеси, зумовило перехід у розплавлений стан поверхневих частин Землі. У результаті наступного твердіння утворилась земна кора.

Досягнення науки підтверджують, що Земля була спочатку холодною, а потім розігрілась внаслідок розпаду радіоактивних елементів у її надрах. Припускають, що теплоти радіоактивного розпаду цілком достатньо для підтримання в надрах Землі порівняно високих температур. Теплова енергія виділяється під час гравітаційного стиснення речовини Землі, хімічних реакцій, кристалізації відокремлених магматичних осередків. Спираючись на сучасні знання, теплоту Землі не можна вважати залишковою, успадкованою, а Землю – тілом, яке рівномірно охолоджується. Сучасні енергетичні властивості Земля не тільки успадкувала, а й у відомих межах ще й видозмінила їх. Ці властивості виникли, розвинулись і розвиваються разом з еволюцією Землі.

1.3. Форма, розміри і будова Землі

Земля має форму **геоїда**, тобто кулі, яка дещо сплющена з полюсів. За розрахунками Г.Н. Каттельфельда (1962), Земля має форму тривісного кардіоїдального еліпсоїда – **кардіоїда**.

На поверхні Землі є великі нерівності рельєфу – глибокі океанічні западини (наприклад, Маріанський жолоб у Тихому океані понад 11022 м) і високі гірські хребти (наприклад, Гімалаї з горою Джомолунгма заввишки 8848 м). Середній діаметр якого – 12742 км, а різниця екваторіального і полярного діаметрів – 43 км. Площа поверхні Землі становить 510 млн. км², а її об'єм – 1083204 млн. км³. Середня щільність речовини Землі – 5,52 т/м³.

Земля, а також планети Меркурій, Венера, Марс, Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун та Плутон рухаються навколо Сонця по майже колових концентричних орбітах та утворюють разом із ним Сонячну систему. Земля знаходиться від Сонця на відстані 149,5 млн. км. Тепло і світло Сонця роблять можливим життя на Землі. У той же час Сонце породжує цілий ряд процесів на Землі, які призводять до зміни її поверхні.

Слід брати до уваги вплив на Землю і її супутника Місяця. Знаходячись від Землі на відстані 384,4 тис. км, Місяць спричиняє явища припливу і відпливу в океанах та морях. На материках виникають деформації, аналогічні припливам і відпливам, але досить невеликі. Вплив Місяця викликає періодичні зміни нахилу земної осі до площини її орбіти, що приводить до зміни клімату Землі.

Сонячна система обертається навколо центральної частини гігантського скупчення зірок, яке називається Галактикою. У Галактиці налічується понад 100 млрд. зірок, котрі утворюють дископодібну систему. До складу Галактики входять окремі зірки, зоряні скупчення й асоціації, а також планетарні та дифузні туманності, які є хмарами розріджених газів і пилу. Розміри Галактики дуже великі. Світло проходить від одного її кінця до другого за 100 тис. років. Але Галактика лише острів матерії у світовому просторі. Крім нашої Галактики, налічується більше мільярда подібних утворень, які знаходяться від нас на

відстані від одного мільйона до кількох мільярдів світлових років. Світловий рік – це відстань, котру проходить промінь світла протягом року, вона дорівнює 9500 млрд. км. Таке положення Землі у світовому просторі, матерія якого, постійно змінюючи свою форму, перебуває у вічному русі.

Необхідність вивчення будови Землі й особливо її поверхневих шарів пояснюється тим, що саме з них люди добувають корисні копалини, в тому числі і сировину для будівельних матеріалів. Одночасно вони є основами будівель та споруд.

1.4. Оболонки Землі

Необхідність вивчення будови Землі й особливо її поверхневих шарів пояснюється тим, що саме з них люди добувають корисні копалини, в тому числі і сировину для будівельних матеріалів. Одночасно вони є основами будівель та споруд.

Тіло Землі має концентрично-зональну будову. В центрі її розташоване ядро. Навколо ядра розміщуються концентричні оболонки, або геосфери. Щільність геосфер стрибкоподібно збільшується від поверхні Землі до її центра. Геосфери Землі поділяють на зовнішні і внутрішні. До зовнішніх належать атмосфера, гідросфера і біосфера, до внутрішніх – земна кора, мантія і ядро.

Концентричну будову Землі пояснюють процесами диференціації речовини, які відбуваються в її надрах. Основна причина диференціації – обертання Землі навколо власної осі.

Зовнішні оболонки Землі

Атмосфера – повітряна оболонка Землі, що зв'язана з нею силою тяжіння і бере участь в її добовому і річному обертанні. Товщина атмосфери може бути прийнята приблизно 1000 км. Склад приземних шарів атмосфери такий, %: азот – 78,08; кисень – 20,95; аргон – 0,93; інші гази – 0,01. Вміст вуглекислого газу за останні роки зріс від 0,03 до 0,045%.

Гази, які містяться в повітрі, здійснюють колообіг: вони поглинаються з повітря рослинами і тваринами, а потім знову надходять у повітря, воду або гірські породи. В атмосферу потрапляють леткі органічні речовини, дим промислових підприємств, відпрацьовані гази автомобілів і вулканічні викиди (сірчистий газ і хлор).

Важлива частина атмосфери – водяна пара. На її частку припадає 3% за об'ємом. Вона є джерелом опадів і збільшує щільність повітря.

Атмосфера частково поглинає і розсіює сонячну радіацію. Із загального випромінювання, яке надходить від Сонця в бік Землі, близько 31 % відбивається назад у космічний простір, а 69% витрачається на нагрівання атмосфери, поверхні материків і океанів.

Велику роль відіграє атмосферний тиск. Внаслідок його перепадів повітря постійно знаходиться у русі. Повітряні маси нерівномірно розподіляють вологу по всій земній кулі. Від їх стану залежить погода.

Атмосферу поділяють на п'ять основних шарів, або сфер: тропосферу, стратосферу, мезосферу, іоносферу та екзосферу. Для геології найцікавішою є найнижча – **тропосфера** (до висоти 8...10 км над полюсами і 16...18 км над екватором), яка безпосередньо взаємодіє із земною поверхнею і тому істотно впливає на неї.

На відміну від інших оболонок атмосфери тропосфера характеризується більшою щільністю, постійною наявністю водяної пари, вуглекислого газу і пилу, поступовим зниженням температури з висотою, існуванням вертикальної і горизонтальної циркуляції повітряних мас, тобто вітрами.

Температурний режим тропосфери обумовлений теплотою, яку вона одержує від нагрітої поверхні Землі. Зі збільшенням висоти температура повітря атмосфери знижується в середньому на $0,5...0,6^{\circ}$ на кожні 100 м. На висоті 10...12 км вона в середньому дорівнює -55°C .

Над тропосферою до висоти 80 км знаходиться стратосфера, а ще вище – іоносфера.

Гідросфера – несуцільна водяна оболонка, яка включає воду океанів, морів, озер, річок, воду в атмосфері та літосфері в рідкому, твердому і газоподібному станах, а також материковий лід Арктики та Антарктиди. Рух води в гідросфері має характер течій та хвилювань. Розподіл нерівномірне. На північ від екватора майже однакова площа суші і води, а в південній півкулі океани займають 90% поверхні. З одного боку, під впливом гідросфери відбувається інтенсивне руйнування гірських порід, з другого – вона є потужним утворюючим фактором, завдяки якому в межах водоймищ накопичується значна товща різноманітних осадів. У водоймищах утворилось багато мінералів та осадових гірських порід (фосфорит, галіт, глауконіт, вапняк, крейда та ін.)

З гідросферою тісно пов'язані підземні води. За даними В.І. Вернадського, об'єм океанічної води становить 1370 млн. км³, води суходолу – 4 млн. км³, материкового льоду 16...20 млн. км³, підземних вод – 400 млн. км³. Об'єм усієї природної води дорівнює близько 1,8 млрд. км³.

Гідросфера на відміну від інших геосфер не утворює суцільної оболонки навколо Землі. Вона займає 70,8% земної поверхні. Середня глибина гідросфери 3,75 км. Найбільшу глибину – 11 км – вона має в районі Філіппінської западини.

У складі гідросфери в основному переважають такі елементи: кисень і водень (96,69%), натрій і хлор (3%). Гідросфера взаємодіє з іншими сферами Землі, тому в ній у незначних концентраціях є всі без винятку елементи періодичної системи Д.І. Менделєєва.

Біосфера – сфера життя у всій геосфері Землі – особлива оболонка, куди входить рослинний і тваринний світ Землі. Вона розташована в атмосфері, гідросфері й земній корі. Вона охоплює нижню частину атмосфери (близько 12...16 км), гідросферу і верхню частину земної кори (близько 3...4 км). Загалом її товща невелика (25 – 30 км).

Між геосферами існує природні і техногенні зв'язку.

Йде безперервний обмін речовиною і енергією, народжуються геологічні процеси внутрішньої і зовнішньої динаміки Землі. Інженерна діяльність людини

може прискорити або сповільнити розвиток небезпечних геологічних процесів, що призводить до порушення природного рівноваги геологічного середовища. При забрудненні техногенними викидами переходить в стан, непридатний для життя – неосферу.

Біосфера відіграє важливу роль в еволюції Землі: бере участь як у створенні гірських порід, так і в процесах їх руйнування. Засновник біогеохімії В.І.Вернадський під час вивчення біосфери та її ролі в переміщенні, концентруванні і розсіюванні хімічних елементів у земній корі дійшов висновку, що на земній поверхні немає хімічної сили, більш постійно діючої і могутнішої за своїм кінцевим результатом, ніж живі організми.

За розрахунками, загальна маса живої речовини дорівнює близько 10¹² т, що становить не більше 1/100000 частки відсотка маси земної кори. Проте внаслідок високої активності живих організмів їх роль в еволюції Землі надзвичайно велика і її повною мірою можна порівняти з геологічною дією води, вітру, льоду тощо.

Сьогодні на Землі налічується понад 500000 видів рослин і понад 1 млн. видів тварин. Безліч мікроорганізмів населяють усі сфери Землі. У процесі життя кожен організм поглинає з навколишнього середовища ту чи іншу кількість хімічних елементів і потім вже в інших сполуках виділяє їх назад. Отже, кількість речовини, яка пропускається і переробляється живими організмами, величезна.

Внутрішні оболонки Землі

В даний час геологам відносно добре відома внутрішня будова на основі непрямих (сейсмічних) даних, які дозволяють «заглянути» в недоступні глибини планети. Сейсмічні хвилі (від грец. «сейсмо» – струс) виникають в Землі при землетрусах, ядерних і великих промислових вибухах, пронизують всю Землю, заломлюючись, відбиваючись на різних межах зміни стану і щільності речовини.

За геофізичними даними встановлено, що Земля складається з неоднорідних за складом і різних за потужністю сфер (рис. 1.4, 1.5):

- 1) зовнішньої, або земної кори (від 5 до 75 км);
- 2) проміжної, або мантії Землі (до 2900 км);
- 3) земного ядра, яке поділяють на внутрішнє і зовнішнє (радіусом близько 3470 км).

В кінці ХХ століття вчені прийшли до висновку, що необхідно виділяти внутрішні оболонки (зверху – від земної поверхні, вглиб) за наступними властивостями:

1 – за швидкістю сейсмічних хвиль, яка залежить від стану і щільності речовини – оболонки I порядку: земна кора, мантія і ядро (рис. 1.4);

2 – за пластичністю (за реологічними властивостями): літо-, астено- і мезосфери.

Геологічним середовищем називають верхню частину земної кори – літосферу, де перебігає інженерна та господарська діяльність людини: шахти, кар'єри, фундаменти, свердловини на воду, нафту, газ та ін., визначають її потужність.

Земна кора (шар А) – кам'яна оболонка Землі складена гірськими породами. Має різну будову під океанами і континентами (рис. 1.4), під земною корою розташовується мантія, а з глибини 2900 км – ядро.

Товщина (потужність) земної кори неоднакова і коливається в межах 5...6 км під дном океанів та до 70...80 км у гірських районах континентів (Гімалаї, Тянь-Шань та ін.). Середня потужність земної кори 35 км. Порівняно з іншими оболонками для неї характерна найбільш неоднорідна будова. За глибиною (зверху вниз) у ній виділяють три шари: осадовий, гранітний і базальтовий (рис. 1.5, 1.6).

У земній корі виділяються оболонки II-го порядку:

– стратисфера (лат. «стратум» – шар, покривало) - осадовий шар, складений з осадових гірських порід потужністю від 0 (в межах щитів і антикліноріїв) до 20...25 км (в Прикаспійській низовини);

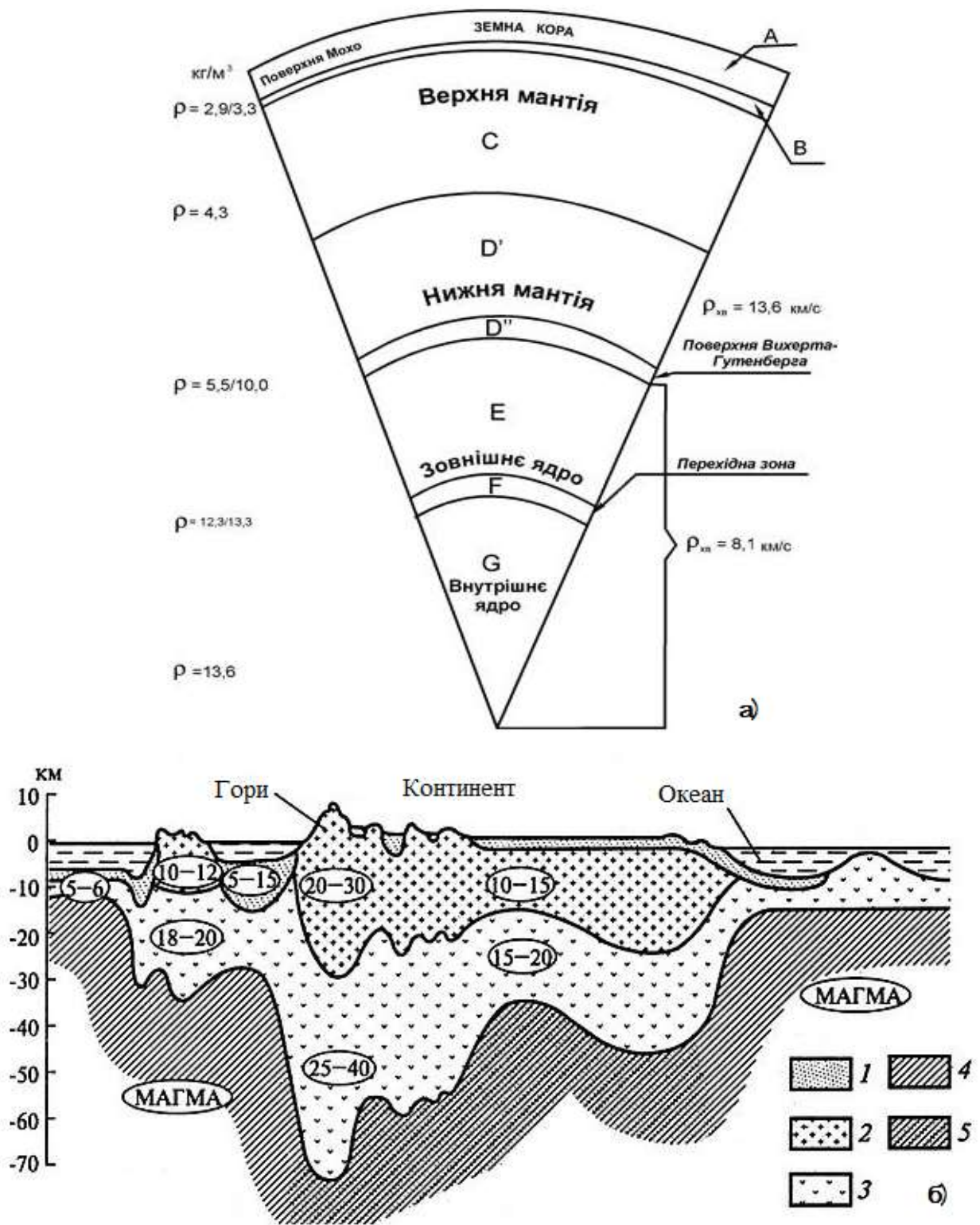


Рис. 1.4. Схематичне зображення будови Землі (а) і земної кори (б):
 1 – покривні відкладення; 2 – гранітоподібний шар; 3 – базальтовий шар; 4 – верхня мантія; 5 – мантія

– «гранітний» («граніто-гнейсовий») шар, складений породами типу граніту. Він уривчасто і поширений в основному під материками, а в

глибоководних ділянках океану відсутній. Потужність змінюється від 10 км на рівнинах до 30...40 км під гірськими районами;

– «базальтовий» («грануліт-базітовий») шар, що залягає під гранітним шаром суцільний оболонкою. Потужність шару до 30 км на материках і до 15 км під дном океану.

З наведеного опису випливає, що земна кора під океанами і континентами (материками) має різну будову і різну потужність, тому виділяють два основних типи земної кори – континентальний і океанічний, який ще називають глобальними структурами земної кори I порядку. Площа континентів в геологічному сенсі (континентального типу земної кори), перевищує площа материків (суші) та досягає 40%, тобто простирається під океанами в межах шельфу до глибин приблизно 100...150 км (рис. 1.6).

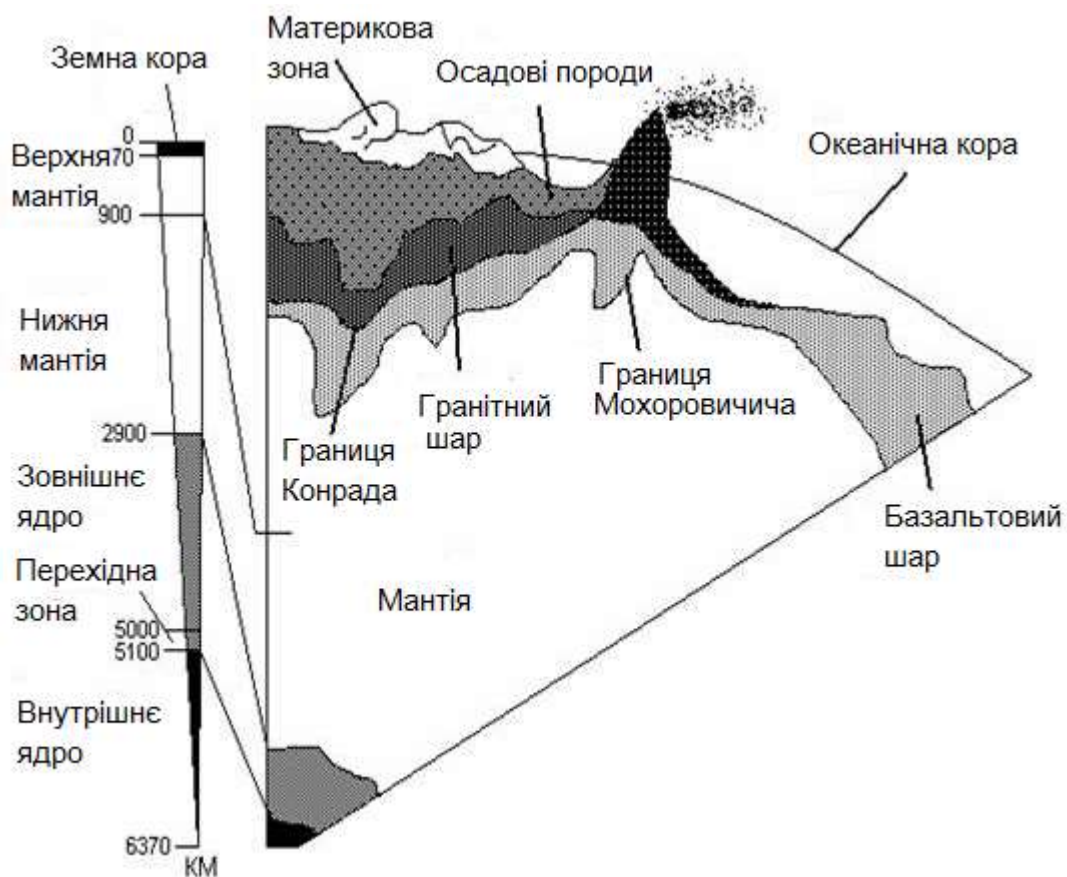


Рис. 1.5. Будова Землі

Осадний шар переважно складений відносно м'якими, інколи й пухкими породами, які утворилися внаслідок осадження речовини у водних або повітряних умовах поверхні Землі.

Більшість осадових гірських порід мають шарувату будову, тобто залягають у вигляді порівняно тонких шарів, які обмежені паралельними площинами. Щільність їх від 1,00 до 2,65 г/см³, швидкість розповсюдження сейсмічних хвиль 1...4 км/с. 71% земної кори покрито водою, 29% займає суша. Температури в земній корі коливаються від 100°C на глибині 5...6 км до 1000°C на межі з мантією.

Осадний шар становлять різноманітні за складом осадові гірські породи – глини, піски, вапняки, піщаники та ін., які несучільним чохлам покривають літосферу з поверхні. Потужність осадового шару неоднакова і змінюється від одиниць метрів (на Українському, Балтійському щитах та ін.) до 15 км у западинах (Західно-Сибірська, Дніпрово-Донецька та ін.).

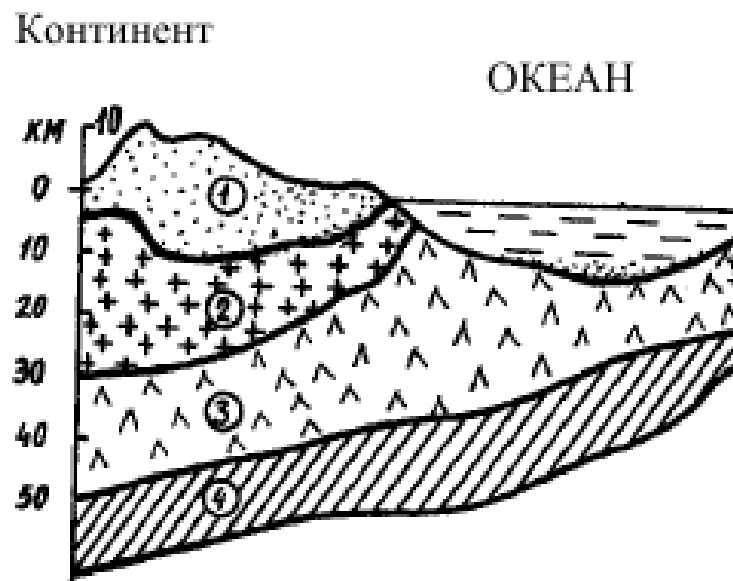


Рис. 1.6. Будова земної кори: 1 – осадний чохлам; 2 – гранітний шар; 3 – базальтовий шар; 4 – верхня мантія

Гранітний шар переважно складений магматичними і метаморфічними породами, у складі яких переважають алюміній і силіцій.

Середній вміст кремнезему в цих породах перевищує 60%, тому вони належать до кислих. Щільність цих порід від 2,65 до 2,80 г/см³.

Потужність гранітного шару неоднакова. Найбільша його потужність (50 – 70 км) під сучасними гірськими хребтами (Памір, Альпи). Під океанічними западинами, наприклад на дні Атлантичного та Індійського океанів, цей шар або зовсім відсутній, або його потужність дуже незначна.

Базальтовий шар – залягає безпосередньо під гранітним. Потужність його коливається від 5 до 30 км. За хімічним складом і фізичними властивостями речовина цього шару наближається до базальтів, тобто до основних порід, в яких кремнезему міститься значно менше, ніж у гранітах. Щільність речовини базальтового шару зростає до 3,32 г/см³. При переході від літосфери до мантії відбувається різке збільшення швидкості розповсюдження поздовжніх сейсмічних хвиль від 6,5 – 7,2 до 8,0 – 8,2 км/с. Ця сейсмічна межа одержала назву поділу Мохоровичича (скорочено Мохо) на честь югославського сейсмолога А. Мохоровичича, який у 1909 р., вивчаючи землетрус у Загребі, виявив, що на глибині 60 км швидкість сейсмічних хвиль значно збільшується. Це привело його до висновку, що тут і проходить межа земної кори та мантії. За сучасними даними глибина залягання поверхні Мохоровичича змінюється від 5...7 км під дном океанів до 70...80 км у гірських районах.

Земна кора під деякими океанами складається з малопотужного осадового шару, під яким залягає базальтовий шар потужністю 5...15 км. Континенти зазвичай складені усіма трьома шарами: осадовим, гранітним і базальтовим, а потужність земної кори 40 км і більше.

Процес формування земної кори, пов'язаний з утворенням гірських порід, відбувався протягом усієї геологічної історії. Земна кора утворена магматичними, осадовими і метаморфічними гірськими породами.

Магматичні породи утворилися в результаті тверднення в товщі земної кори або на її поверхні магми, яка піднімалася із середовищ розплавів у верхній мантії. Осадові породи утворилися в результаті накопичення продуктів руйнування всіх

порід, які раніше існували. Метаморфічні породи є продуктами видозміни магматичних та осадових порід під впливом високих температур і тисків.

На материках виділяють такі значні площі земної кори, як платформи, складчасті системи й пояси.

Платформи мають складчастий фундамент метаморфічних і магматичних порід, котрі перекриваються відносно молодими осадовими породами. Головними структурними елементами платформи є щити та плити. Щити – це ділянки, де породи, що утворюють фундамент, виходять на поверхню або лежать на невеликій глибині. На ділянках плит породи фундаменту значно заглиблені й осадові породи мають велику товщину.

Складчасті системи і пояси характеризуються тим, що на цих площах товщі осадових порід зім'яті в складки, прорізані тріщинами та містять у собі й на поверхні масиви магматичних порід. Це властиво гірським районам. Складчасті системи і пояси утворились в різний час на місці глибоких морських западин внаслідок складних та тривалих процесів накопичення осадів, зминання їх у складки й загального підняття.

Платформи – це найстійкіші площі земної кори, а складчасті системи і пояси – найрухоміші. Вчені вважають, що під фундаментами платформ, складчастими системами й поясами на глибинах 5...10 км залягає гранітний шар, а на глибинах 15...20 км – базальтовий. У цих масивах зосереджені основні маси магматичних порід. Складчасті системи і пояси – це гірські райони (Карпати, Крим, Кавказ тощо.).

Хімічні аналізи показали, що більше ніж на 98% маса земної кори складається тільки з восьми елементів (табл. 1.1). Решту становлять приблизно ще 10 елементів. На частку інших припадає 0,353%. Слід відзначити, що у різних авторів частка тих чи інших елементів у земній корі неоднакова, але відрізняється не суттєво.

У розв'язання питань, пов'язаних з вивченням будови земної кори, зробили великий внесок учені Д.В. Наливкін, А.Д. Архангельський, М.С. Шатський, М.М. Страхов, В.В. Белоусов та інші.

Мантия – це оболонка, яка оточує ядро, розташовується на глибині 33...2900 км і складається з двох основних частин – верхньої (шар В) до глибини 400 км і нижньої (шар D) з підшвою ~ 2900 км. Щільність речовини мантиї коливається від 3,3 т/м³ на межі із земною корою до 5,6 т/м³ на границі з ядром. Температури в цих межах підвищуються від 1000 до 2300°C.

Таблиця 1.1

Хімічний склад земної кори

Елемент	Символ	Маса, %
Кисень	O	46,5
Кремній	Si	25,7
Алюміній	Al	7,65
Залізо	Fe	6,24
Кальцій	Ca	5,79
Натрій	Na	1,81
Калій	K	1,34
Магній	Mg	3,23
Решта	–	1,74

Речовина мантиї перебуває у твердому стані, але у верхній мантиї на глибинах 100...200 км під материками і 50...100 км під океанами знаходиться розм'який шар, у якому виникають осередки розплавів. Розплавлена речовина піднімається до поверхні, впливаючи безпосередньо на земну кору.

Верхня частина мантиї потужністю близько 900 км називається періодитовою зоною у зв'язку з переважанням у її складі ультраосновних або лужних речовин. Верхня мантия складається з Si, Mg і Fe, з мінералів переважають форстерит і фаяліт, тому верхню мантию ще називають сіматичною зоною або зоною "сіма"; тепер вважають, що речовина верхньої мантиї

знаходиться частково у розплавленому стані. Щільність речовини в цій зоні становить 3600 – 4700 кг/м³, тиск до 38 ГПа (380 тс/см²), а температура 1000...3800°C. У верхній мантії, знаходиться астеносфера (від грец. «астянос» – слабкий) – шар менш щільних і ніби «розм'якшених» пластичних гірських порід, в границях якого зменшується швидкість сейсмічних хвиль на 0,1...0,5 км/с. Вважається, що в астеносфері 1...10% речовини знаходиться в розплавленому стані. Стан астеносфери в'язкий і більш пластичний в порівнянні з породами літосфери і підстилаючої мантії. Верхня межа астеносфери розташована на глибині близько 100...150 км під материками і близько 50...60 км під дном океану. Астеносфера відіграє велику роль у зародженні ендегенних процесів: тут формуються сейсмічні і магматичні осередки (осередки енергії), які сприяють протіканню землетрусів, магматизму, вулканізму, метаморфізму та інших процесів в літосфері і земній корі. Нижня межа астеносфери – перехідний шар мантії (шар Голіцина – шар С), проходить на глибині 400...1000 км.

Зовнішня кам'яна і сама крихка оболонка Землі, розташована вище астеносфери, отримала назву **літосфера**. Вона об'єднує земну кору, підкіркову частину верхньої мантії і підстилається астеносферою. Крихка літосфера розбита на літосферні плити, які обмежені сучасними сейсмічними зонами (землетрусів і вулканізму); кожна плита, за виключенням Тихоокеанської, включає в себе ділянки з океанічним і континентальним типом земної кори.

Оскільки в астеносфері зароджуються, а в літосфері найбільш активно проявляються ендегенні процеси, то ці дві оболонки, що відрізняються пластичністю, об'єднують під назвою тектоносфера. Тектоносфера характеризується вертикальною і горизонтальною неоднорідністю фізичних властивостей, а також неоднорідністю складу порід.

Нижня частина мантії потужністю близько 1900 км називається рудною зоною, у складі якої багато заліза, нікелю, кремнію та магнію. Тому вона ще називається зоною "ніфесіма", від скорочених латинських назв цих елементів.

Під дією дуже високих тисків відбувається розпад мінералів на прості оксиди з ретельною упаковкою кристалічної решітки. Щільність речовини в цій зоні досягає 4700 – 9400 кг/м³, тиск становить 134 ГПа, а температура – 2800...3800°C.

Ядро Землі починається з глибини 2900 км, має радіус 3470 км. Воно поділяється на зовнішнє і внутрішнє.

Добра електропровідність та висока щільність ядра (від 11500 до 17300 кг/м³) дають підставу вважати, що воно складене нікелем та залізом з домішками сірки та кремнезему. Тому його називають ще "нафе" від латинських символів цих елементів. Тиск у центрі Землі досягає 350 Гпа (3500 тс/см²), а температура – 3800...4000°C. Дані про склад речовини ядра дуже неточні. Вважають, що речовина в зовнішньому ядрі перебуває в розплавленому стані, а внутрішнє ядро тверде. Це підтверджується розрахунками можливості плавлення речовини при відповідних тисках та температурах і тим, що поперечні пружні хвилі, які можуть поширюватися лише в твердих тілах, не проходять крізь ядро.

Маса ядра складає ~ 32% маси Землі, а об'єм ~ 16%. Ядро майже на 90% складається з Fe, Ni, O₂, S, C і H₂. Радіус внутрішнього ядра (шар G), що складається з залізо-нікелевого сплаву складає 1200...1250 км, перехідний шар (шар F) має потужність 300...400 км, радіус зовнішнього ядра (шар E) становить 3450...3500 км.

Таким чином, оболонки Землі знаходяться в твердому стані за винятком зовнішнього ядра, що складається з розплавленої рідкої речовини, і твердої пластичної астеносфери, речовина якої знаходиться теж у частково (до 10%) розплавленому стані. Діяльність людини протікає в межах верхніх кам'яних оболонок – земної кори і літосфери.

Якщо брати хімічний склад (гіпотетичний) Землі в цілому, то більше як на 98% вона складається теж із восьми елементів, але співвідношення їх не таке, як у літосфері (табл. 1.2).

Хімічний склад Землі

Елемент	Символ	Маса, %
Кисень	O	29,50
Залізо	Fe	34,60
Кремній	Si	15,20
Магній	Mg	12,70
Сірка	S	1,43
Нікель	Ni	2,39
Кальцій	Ca	1,13
Алюміній	Al	1,46
Решта	–	1,46

1.5. Тепловий режим земної кори

Зміни температури гірських порід з глибиною, а для поверхневих горизонтів і в часі розглядаються як тепловий режим Землі. Тепловий режим земної кори визначається теплотою, яку вона одержує від Сонця – сонячна радіація (зовнішнє джерело тепла) і теплотою, що виноситься до поверхні з надр землі і включає в себе кілька джерел енергії (внутрішнє джерело тепла). Надходження внутрішньої теплоти однакове як у межах материків, так і океанів. В надрах Землі температура збільшується з глибиною від 1300°C (у верхній мантії) до 3700°C (в центрі ядра). Збільшення температури йде по адіабатичному закону і залежить від стиску речовини під тиском при неможливості теплообміну з навколишнім середовищем. Зовнішня теплота безпосередньо впливає на земну кору лише в межах материків. На материках залежно від розподілу температур виділяють три зони, а саме: змінних, постійних температур та зону, та зона, в якій температура підвищується з глибиною (рис. 1.7).

Зона змінних температур. Зміна температури визначається кліматом місцевості. Добові коливання практично загасають на глибині близько 1,5 м, а річні на глибинах 20...30 м. Зона змінних температур має товщину від 6 м у

тропіках до 15...25 м у помірному поясі. До цієї глибини спостерігаються річні коливання температур у гірських породах.

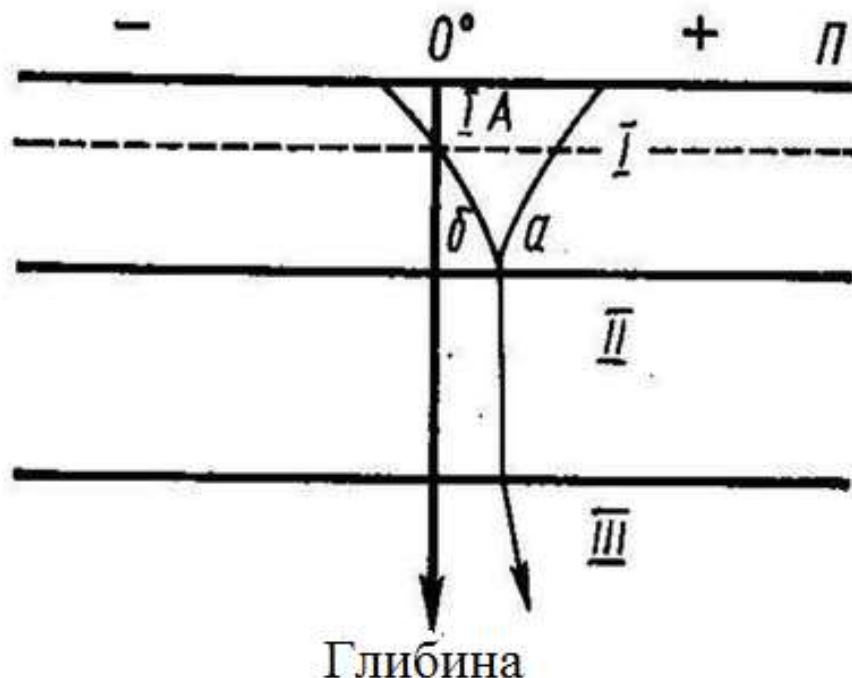


Рис. 1.7. Зони температур в земній корі: I – зона змінних температур; II – зона постійних температур; III – зона наростання температур; П – поверхня

Для середніх широт характерна крива а (літній період) і крива б (зимовий період). У зимовий період в цій зоні утворюється підзона промерзання (Ia), де температура опускається нижче 0°C , потужність якої залежить від клімату, типу гірських порід і коливається від декількох сантиметрів до 2 м і більше. Якщо цей горизонт складений глинистими породами, то його промерзання може супроводжуватися збільшенням об'єму – спученням. Тому в даному випадку фундаменти споруд закладаються нижче нижньої границі горизонту Ia.

Зона постійних температур, де температура дорівнює середньорічній температурі відповідних географічних пунктів, знаходиться на глибинах 15...40 м в залежності від регіону. Наприклад, для Києва вона становить $+4,8^{\circ}\text{C}$.

Зона наростання температур. Величина наростання температури на кожні 100 м глибини називається геотермічним градієнтом, а глибина, при якій температура підвищується на 1°C – геотермічною сходинкою. Теоретично

середня величина цієї сходини становить 33 м, але в різних місцях він змінюється від 5 до 150 м. У районах нафтових родовищ вона знижується до 20...28 м; в районах вулканічної діяльності знижується до 5...7 м. Закономірне наростання температури справедливо лише до деякої глибини.

У середньому величина геотермічного градієнта дорівнює 3°C на 100 м, а відповідна величина геотермічного ступеня – 33 м. Однак у різних районах Землі значення цих величин неоднакові. Так, у США величина сходини у верхніх шарах літосфери змінюється у межах 7...138 м, у Донбасі – 28...33 м, у Харкові – 37,7 м. Максимальна геотермічна сходина, зареєстрована у Південній Африці – 167 м.

При бурінні свердловин у різних точках Землі зафіксовані такі значення температур: у Північному Прикаспії – 108,3°C на глибині 3000 м, у США – 244°C на глибині 7136 м.

Вважають, що зростання температури з глибиною уповільнюється. Так, якби температура зростала до центру Землі навіть із мінімальним геотермічним градієнтом, то у центрі планети вона б дорівнювала 46000°C, а це привело б до порушення магнітних властивостей Землі. Згідно з розрахунками до глибини 20 км зберігається геотермічна сходина, яка відома для поверхневих горизонтів Землі. Нижче зростання температури, напевно, уповільнюється.

Наростання температури з глибиною слід враховувати при проектуванні споруд глибокого закладення. Вибираючи глибину закладання фундаментів, слід враховувати промерзання порід узимку, а також наявність вічномерзлих порід. При будівництві складів і сховищ, заглиблених у ґрунт, їх сталий температурний режим неможливо забезпечити без урахування розподілу температур у земній корі.

Теплова енергія земних надр може бути використана для теплопостачання селищ і міст. Водною гейзерів (водною гарячих джерел) опалюється столиця Ісландії Рейк'явік. Будуються геотермічні електростанції в Італії, Новій Зеландії.

1.6. Речовий склад земної кори

Земна кора складається гірськими породами різного складу, походження, віку і форм (умов) залягання. Гірські породи складаються з визначених асоціацій мінералів, останні – з атомів і молекул хімічних елементів. Хімічні елементи, мінерали та гірські породи відносяться до статистичним об'єктам дослідження геології, оскільки вони зберігаються в земній корі відносно тривалий час і здаються нам «вічними». Розрізняють нижчий рівень речовини земної кори – хімічні елементи і вищий рівень – гірські породи.

Середній хімічний склад земної кори (табл. 1.3 і 1.4), суттєво відрізняється від середнього хімічного складу Землі. Завдяки прямим спостереженнями і дослідженням земної кори її хімічний склад вивчений досить повно і достовірно.

Таблиця 1.3

Кларки – головні хімічні елементи земної кори, % по масі (за Перельманом)

O	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg	Ti
47,00	29,05	8,05	4,65	2,96	2,05	2,50	1,87	0,45

Таблиця 1.4

Поширеність хімічних елементів у земній корі, розділена на порядки (Rosler H. Jur., 1979)

Порядок	Коливання, %	Елементи		Загальний вміст, %
		Кількість	Деякі представники	
I	100...10	2	O, Si	75,13
II	10...1	7	Al, Fe, Ca, Na, Mg, K, H	23,00
III	1...0,1	6	Ti, C, Cl, P, S, Mn	1,48
IV	0,1...0,01	10	F, Ba, N, Sr, Cr, Zr, V, Ni, Zn, Cu	0,33
V	0,01...0,001	14	Sn, Rb, W, Li, B, Y, Co, Pb, Cs, Mo, Br, Th	0,05
VI	0,001...0,0001	21	Yb, Sn, La, Se, Cd, As, U, Be, Hf, Ar, Ga	0,009
VII	0,0001...0,00001	10	Se, Sb, Nb, Ta, Pt, Eu, Ln, Bi, Ti, Ag	0,0003
VIII	0,00001...0,000001	9	Hg, Pd, Os, Rh, Te, He	0,00002
IX	0,000001...0,0000001	3	Au, Ne, Ru	0,000001
X	0,0000001...0,0000000001	4	Kr, Xe, Ra, Pa	< 0,000001

Перші відомості про хімічний склад земної кори були підраховані і опубліковані в 1889 р. американським ученим Ф. Кларком, який узагальнив представницькі результати понад 6000 хімічних аналізів різних гірських порід. На початку XX століття О.Є. Ферсман запропонував називати процентний вміст елемента в земній корі Кларком цього елемента, наприклад, кларк алюмінію – 8,05. Протягом XX століття хімічний склад земної кори вивчали і уточнювали академіки В.І. Вернадський, О.Є. Ферсман, А.П. Виноградов і багато інших. Загальні уявлення про хімічний склад земної кори дозволяють виявити основні закономірності в поширенні хімічних елементів, які зустрічаються в земній корі у вигляді природних хімічних сполук – мінералів.

Контрольні питання:

1. Дайте визначення інженерної геології як навчальної дисципліни та назвіть її основні задачі.
2. Сформулюйте мету та завдання вивчення інженерної геології.
3. Які геологічні науки входять до складу курсу?
4. Назвіть основні етапи розвитку геології та інженерної геології.
5. Основні гіпотези про походження Сонячної системи та Землі.
6. В чому полягає суть космогонічних гіпотез Канта, Лапласа, Шмідта, Фесенкова?
7. Дайте загальну характеристику планети Земля (форма, розміри, будова).
8. Назвіть і схарактеризуйте зовнішні сфери Землі.
9. Яку форму має планета Земля?
10. Яка будова земної кори? Чим відрізняється океанічний тип земної кори від континентального?
11. Які зовнішні оболонки оточують Землю?
12. З яких внутрішніх оболонок та поверхонь складається Земля?
13. Який шар гірських порід відсутній у земній корі під океаном?

14. На підставі яких властивостей розділені земна кора і літосфера? У чому полягають їх подібності та відмінності?

15. Зміст якогось хімічного елемента переважає в атмосфері Землі?

16. Між якими двома внутрішніми оболонками Землі розташована поверхня Мохоровичіча?

17. Як змінюється тепловий режим Землі з глибиною і які показники його характеризують?

18. Зона яких температур розташована найближче до земної поверхні?

13. Яке практичне значення має вивчення теплового режиму в біляповерхневих частинах земної кори?

14. Що таке геотермічні сходи та градієнт? Наведіть приклади.

ТЕМА 2

ГЕОЛОГІЧНА ХРОНОЛОГІЯ ЗЕМНОЇ КОРИ

План:

2.1. Відносний та абсолютний вік гірських порід

2.2. Геологічна хронологія.

2.1. Відносний та абсолютний вік гірських порід

Зараз в історії формування і розвитку Землі та гірських порід виділяють **догеологічний** і **геологічний періоди**. **Догеологічний період** охоплює проміжок часу від моменту виникнення Землі як планети до початку формування земної кори. **Геологічний період** охоплює проміжок часу від початку формування земної кори до сьогоднішнього дня, коли на земній кулі почали проявлятися ендегенні та екзогенні процеси.

Складний і довготривалий період розвитку земної кори можна відновити на основі вивчення її речовинного складу, форм залягання мінеральних мас,

структурних форм різних геологічних тіл, залишків рослинного і тваринного світу, які збереглися при захороненні в мінеральних масах земної кори.

Велике наукове та практичне значення має геологічне літочислення, тобто встановлення геологічного віку гірських порід. Це необхідно для оцінки властивостей та визначення їх положення серед інших порід. Так, наприклад, породи, що утворилися одночасно і в однакових умовах, мають однаковий склад. А якщо схожість умов зберігалась і надалі, то однаковими будуть і будівельні властивості.

Історію та закономірності розвитку Землі з початку утворення земної кори вивчає історична геологія. До завдань цієї науки входить:

- визначення абсолютного віку Землі, а, отже, і гірських порід;
- реконструкція фізико-географічних умов в різні періоди існування Землі;
- визначення відносного віку гірських порід, з'ясування послідовності їх утворення.

Для визначення відносного віку порід, тобто, встановлення положення шарів один відносно до одного (по вертикалі), з'ясування умов їх формування використовують методи: **стратиграфічний, петрографічний, тектонічний, палеонтологічний.**

Стратиграфічний метод базується на законі Стено. Він враховує послідовність відкладання осадових порід, при цьому верхні шари завжди молодші, ніж ті, на яких вони залягають. Цей метод ефективний для осадових порід горизонтального чи похилого залягання без тектонічних порушень (рис. 2.1, а); при порушенні початкового залягання застосовують інші методи.

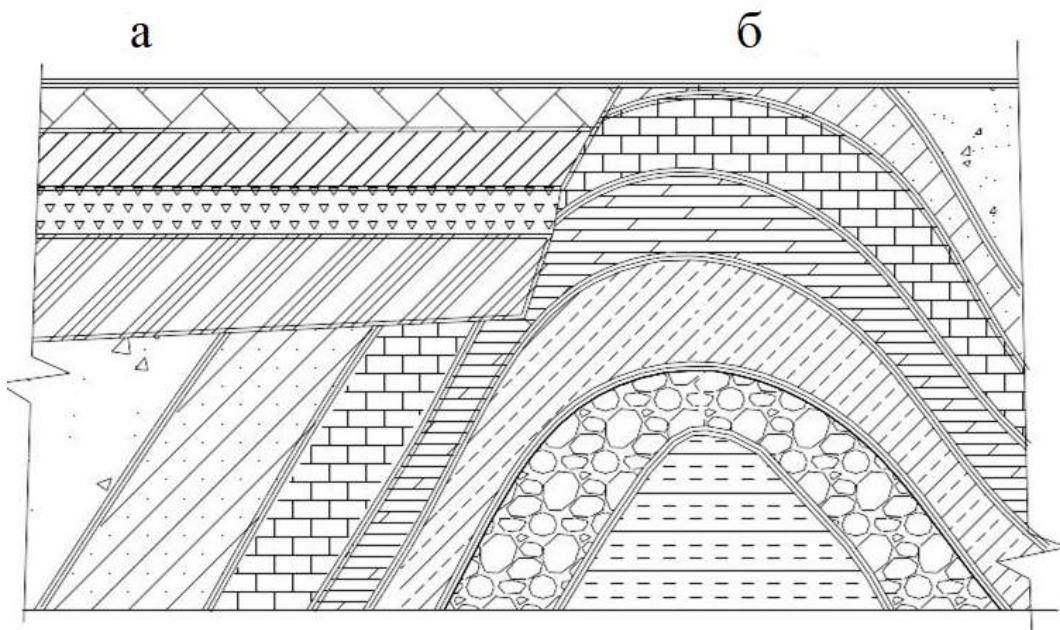


Рис. 2.1. Умови залягання гірських порід: а – не порушене, б – порушене

Петрографічний метод базується на виділенні шарів або групи шарів, які відмінні від підстеляючих чи перекриваючих пластів. Відмінності встановлюють за кольором, речовинним складом, структурними і текстурними особливостями, включеннями, піщанистістю, глинистістю та іншими петрографічними показниками. На основі характерних особливостей в розрізі встановлюють найбільш помітні, відмінні від інших шари і пачки шарів. Наприклад, серед ритмічного чергування темно-сірих аргілітів і глинистих сланців зустрічаються пласти роговиків або туфітів, а серед монолітної товщі пісковиків – прошарки конгломератів, доломітів або строкатих аргілітів. Такі шари або пачки шарів можуть поширюватися на значних площах. Вони отримали назву «маркуючих горизонтів». За їх допомогою вдається порівняти геологічні розрізи між собою і побудувати зведений розріз для окремої площі, району або навіть цілого регіону. Однак, маркуючі горизонти, при простяганні на великі відстані, можуть змінювати свій літологічний склад і вік. Тому, застосування методу, при співставленні віддалених один від одного розрізів, може призвести до помилок при встановленні відносного віку окремих шарів і прошарків однієї і тієї ж товщі порід.

Не дивлячись на вказані недоліки цього методу, він є досить надійним при вивченні метаморфічних і магматичних порід. Без нього практично неможливо визначити відносний вік гнейсів, кварцитів, гранітів, діоритів та інших гірських різновидів.

Різновидом петрографічного методу є мінералогічний метод, що полягає у порівнянні за мінералогічними асоціаціями, ступенем діагенезу і метаморфізму шарів і пачок шарів (горизонтів). Застосовується він виключно на обмеженій площі при умові, що геологічний розвиток земної кори відбувався завдяки абсолютно однаковим процесам.

Петрографічний метод використовується також при визначенні відносного віку вивержених і осадових порід. В першому випадку (рис. 2.2, а) вапняк старіший за граніт, оскільки зазнав метаморфізму від пізнішого проникнення магми з якої утворився граніт. В другому випадку (рис. 2.2, б), вапняк молодший за граніт.

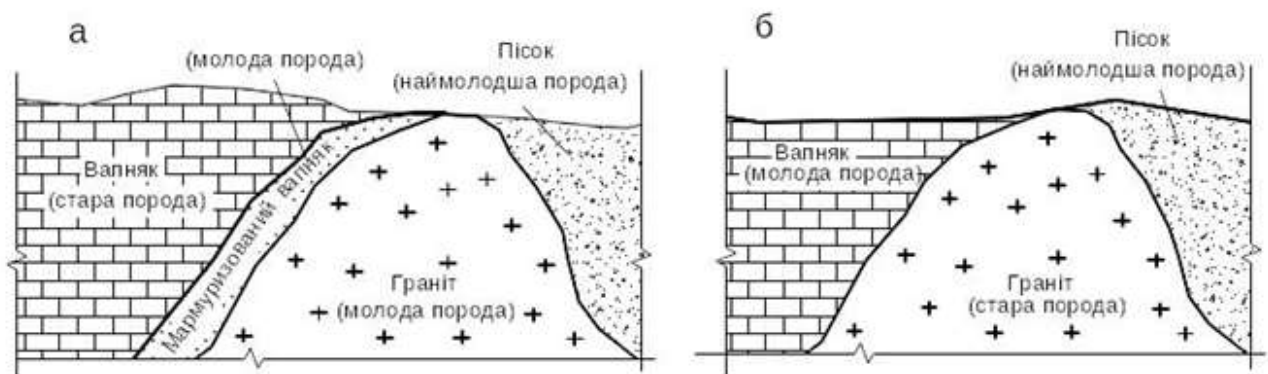


Рис. 2.2. Схеми залягання гірських порід

Не дивлячись на вказані недоліки цього методу, він є досить надійним при вивченні метаморфічних і магматичних порід.

Тектонічний метод полягає у вивченні наслідків тектонічних рухів в земній корі. Встановлюють розбіжність в заляганні товщ (свит) гірських порід, що виникла внаслідок перерви в накопиченні осадів при тектонічних рухах земної кори (рис. 2.1, б). Приміром, розбіжність в заляганні гірських порід буде у

випадку, коли проміжні шари відсутні, на прадавніх гранітах залягають сучасні відкладення.

Палеонтологічний метод дає можливість визначити відносний вік гірських порід при будь-якому їх заляганні та незалежно від місця розташування. Цей метод ґрунтується на визначенні віку певних видів залишків рослин і тварин (скам'янілостей, відбитків), які розвивалися у визначений час і після своєї загибелі були поховані в шарах осадових порід, отже, вік породи відповідає віковій скам'янілості. Скам'янілості – це залишки у вигляді черепашок, скелетів або їх частин (кістки, зуби тощо), стовбурів дерев, а також відбитки листя, пилку квітів та ін. Органічна речовина в цих залишках повністю заміщена мінеральною, найчастіше кальцитом або кремнеземом.

Органічне життя на Землі розвивалось поступово, переходячи від найпростіших форм до найдовершеніших, аж до появи людини. Знаючи історію розвитку життя на Землі, можна визначити вік тих гірських порід, в яких знаходяться залишки органічного світу. Для точного визначення віку користуються тими організмами, які мали невеликий, певний термін існування, потім вимирали і більше не з'являлися їх називають «керівними» викопними формами. Шари гірських порід, що містять однакові викопні організми, називають геологічними або стратиграфічними горизонтами одного віку.

Абсолютна геохронологія визначає вік гірських порід в роках.

Визначення віку проводиться за вмістом продуктів розпаду радіоактивних хімічних елементів, що містяться в гірських породах і мінералах. Процес розпаду проходить з постійною швидкістю протягом геологічної історії розвитку Землі. В результаті радіоактивного розпаду з'являються атоми стійких елементів, які не піддаються подальшому розпаду. Їх кількість збільшується відповідно до віку гірських порід. Різні елементи розпадаються з різною швидкістю, а тому розроблено декілька методів визначення віку гірських порід та створено шкалу абсолютного літочислення історії Землі.

Провідними методами ядерної геохронології є: **радіовуглецевий, калійаргоновий, стронцієвий та свинцево-урано-торієвий.**

Радіовуглецевий метод застосовують для визначення віку гірських порід в межах до 60 тис. років. В атмосфері встановилась постійна концентрація атомів радіоактивного вуглецю ^{14}C з періодом напіврозпаду понад 5700 років. Рослини і тварини, в процесі життєдіяльності, засвоюють його в такій концентрації, в якій він знаходився в атмосфері у певний період.

Після їх відмирання обмін речовин припиняється, а концентрація вуглецю в залишках організмів починає зменшуватися у зв'язку з його розпадом. Заміряючи вміст, можна встановити вік органічних залишків і, відповідно, гірських порід та час різних геологічних та історичних подій. За допомогою даного методу встановлено епохи зледеніння в Європі та в Північній Америці.

Калій-аргоновий метод базується на визначенні вмісту радіоактивного аргону в калієвих мінералах. Оскільки відомо, що в процесі самочинного розпаду калію, 11% атомів ^{40}K переходять в аргон ^{40}Ar , а решта 89% – в ізотоп кальцію ^{40}Ca , вік мінеральних утворень при цьому визначається за величиною співвідношення $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$. Чим більше це співвідношення, тим старший об'єкт, який вивчається. Однак радіогенний аргон відносно швидко виділяється із багатьох гірських порід. Тому цей метод застосовується переважно для визначення абсолютного віку осадових порід, які досить надійно затримують в собі радіогенний аргон. Крім того, можливості його застосування обмежуються температурою і тиском. Якщо породи піддавались нагріванню (понад 300°C) і високому тиску, то його застосування для визначення абсолютного віку гірських порід недоцільне.

Стронцієвий метод базується на розпаді рубідію ^{87}Rb і перетворенні його в ізотоп стронцію ^{87}Sr , якого за всю історію геологічного розвитку Землі накопичилось трохи більше 7%. Ізотоп ^{87}Rb присутній переважно у вигляді домішок в калієвих мінералах. Найчастіше це: польові шпати, слюди, біотит, мусковіт, лепідоліт. Абсолютний вік гірських порід цим методом визначають

порівнюючи співвідношення цих ізотопів з еталоном, який має нерадіогенне походження.

Стронцієвий метод переважно використовується для встановлення абсолютного віку вивержених магматичних порід, а також вапняків осадових гірських порід.

Свинцево-урано-торієвий метод використовується в різних варіантах і на сьогодні залишається одним з найбільш досконалих методів визначення абсолютного віку гірських порід. Базується він на тому, що свинець і гелій є кінцевими продуктами розпаду урану і торію. Для визначення віку за свинцем використовують мінерали: монацит, циркон, ураніт та ортіт, які зустрічаються в магматичних породах. Вік порід встановлюється за трьома ізотопними співвідношеннями $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{U}$, що дає можливість контролювати співставимість одержаних результатів.

Відхилення значень віку, обчисленого за допомогою цих співвідношень, переважно невеликі і дають змогу достовірно визначити абсолютний вік вивержених і метаморфічних гірських порід, для яких інші методи не дають результатів.

Широке застосування радіологічних методів дозволило визначити абсолютний вік практично всіх гірських порід та послідовно розмістити їх згідно часу утворення. Крім цього, вдалося встановити абсолютний вік найдавніших порід планети (чарнокіт), що складає близько 4,5 млрд. років.

Однак належить зазначити, що максимальний вік для більшості гірських порід планети становить 3,6-3,8 млрд. років. Одночасно вік древніх гірських порід Місяця сягає 4,5 млрд. років. Закономірно, що найдавніші породи планети зазнали суттєвих змін під впливом різних геологічних процесів за тривалий період розвитку Землі.

Вік молодих осадових порід визначають **радіовуглецевим методом**, встановлюючи вік органічних речовин, що містяться у викопних формах. Відношення між ізотопами вуглецю ^{13}C і ^{14}C в атмосфері постійне і поглинається

рослинами у відповідній пропорції. Після відмирання рослин кількість радіоактивного ізотопу ^{13}C зменшується внаслідок його розпаду, при цьому змінюється співвідношення $^{13}\text{C} / ^{14}\text{C}$. Період напіврозпаду вуглецю ^{14}C -5750 років. Виходячи з припущення про постійну концентрацію вуглецю в атмосфері і визначивши кількість його ізотопу, що не розпався, встановлюють час поховання його в гірських породах.

2.2. Геологічна хронологія

Дані абсолютної геохронології та аналіз багатогранних форм розвитку органічного світу на нашій планеті дали можливість систематизувати гірські породи за віком та стратиграфічним положенням. Результатом систематизації стало складання загальноприйнятої **геохронологічної шкали**.

Геохронологічна шкала являє собою послідовний ряд геохронологічних еквівалентів загальних стратиграфічних підрозділів та їх таксономічної підпорядкованості. Вони визначають етапи розвитку Землі та її органічного світу. Назви стратиграфічних і геохронологічних одиниць в шкалі є міжнародними. Вони затверджені на II і III сесіях Міжнародного геологічного конгресу в 1881 і 1900 рр.

Підрозділи, що характеризують час, в геохронологічній шкалі відповідають певному рангу стратиграфічних підрозділів. Нижче наводяться стратиграфічні і геохронологічні підрозділи (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Підрозділи геохронологічної шкали

Стратиграфічні	Геохронологічні
Еонотема	Еон
Група (еротема)	Ера
Система	Період
Відділ	Епоха
Ярус	Вік

Стратиграфічні підрозділи застосовуються для позначення комплексу шарів гірських порід, а геохронологічні – для позначення часу, протягом якого ці комплекси шарів накопичувались.

В історії розвитку Землі виділяють два основні стратиграфічно-вікові підрозділи – криптозой і фанерозой, – що зветься еони.

Найбільший відрізок часу, в якому розвивалися певні форми життя на Землі, називається ерою. Виділяють п'ять ер: архейську, протерозойську, палеозойську, мезозойську і кайнозойську. Кожна ера поділяється на періоди; періоди – на епохи; епохи – на віки.

Найдавніша, що охоплює найбільш ранні стадії розвитку земної кори – **архейська** ера. В цю еру на Землі ще не могли бути тваринні та рослинні організми. Початок її невідомо, а кінець визначається орієнтовно – 2 млрд. 800 млн. років до наших днів. Тривалість її не менше мільярда років.

Протерозойська ера, що почалася 2 млрд. 800 млн. років тому, тривала понад 2 млрд. років. На початку протерозою з'явилися найпростіші, самі примітивні види рослинних організмів, від яких до нас дійшли залишки водоростей, безхребетних тварин.

Палеозойська ера тривала близько 330 млн. років. Рослинний і тваринний світ в цю епоху швидко розвивався: з'явилися хвощі, папороті, плауни, амфібії, плазуни і примітивні риби; в середині палеозою з'явилися комахи і рептилії. Широко розвинені з хребетних корали, плечоногі.

Мезозойська ера тривала понад 170 млн. років. Тварини і рослини більш високоорганізовані, але все ще значно що відрізняються від сучасних. У мезозої досягли розквіту гігантські плазуни (динозаври, літаючі птеродактилі). Висота окремих тварин доходить до 5 м, а довжина 20 м. З'являються птаці і ссавці. У рослинному світі з'являються хвойні, сагові.

Кайнозойська або **неозойська** ера (ера нового життя), що змінила мезозойську 67 млн. років тому, триває і в наші дні. Тварини і рослини стають все більш схожими на нині існуючих. Для неї характерний розвиток ссавців,

птахів, кісткових риб, панування черевоногих і пластинчатозябрових молюсків, розселення дводольних рослин по всій земній кулі. В цю еру розвиток тваринного світу ознаменувався появою людиноподібної мавпи, а 2...3 млн. років назад – поява розумної істоти – людини.

Ери діляться на більш дрібні відрізки часу – на періоди.

Архейська A і протерозойська Pr ери мають місцеві підрозділи, міжнародна шкала для них не вироблена. Палеозойська Pz ера розбивається на шість періодів від низу до верху – кембрій Cm, ордовік O, Силур S, девон D, кам'яновугільний C, перм P; мезозойська Mz – на три: тріас T, юр J, крейда Cr; кайнозойська Kz – на три: палеоген Pg, неоген N, антропоген Q (четвертинний).

Назва періодів палеозойської ери, крім кам'яновугільного, дані за ім'ям тих місць, в яких вперше були описані їх осади з характерними залишками організмів. Кам'яновугільний період названий так тому, що саме в цей час вперше в історії Землі з'явилася багата рослинність, яка дала початок кам'яновугільним родовищам.

Тріас – значить потрійний. Відкладення цього періоду мезозою за складом гірських порід різко ділиться на три різних відділи. Назва другого періоду мезозою походить від Юрських гір в Східній Франції, де відповідні відкладення були вперше описані.

Крейдяний період названо так тому, що саме в цей час в історії Землі накопичилися у великих кількостях відкладення чистого крейди.

Назва періодів неозойської ери встановлені за характером розвитку тваринного світу цієї ери. У палеогеновому періоді (від грец. палеосс – древній, генос – рід) зустрічаються залишки хребетних ссавців абсолютно вимерлих. Хребетні неогену за своїм розвитком вже більш-менш наближаються до досконалих ссавців (від грец. неос – новий). І нарешті, антропогенний або четвертинний період, який почався 1,8 млн. років тому, характеризується появою людини (від грец. антропосе – людина).

Породи дочетвертинного віку називаються корінними, а четвертинного періоду – покривними. В межах корінних порід більш древні породи мають більшу міцність, ніж молоді, а покривні утворення мають меншу міцність, ніж корінні.

Протягом кожного відрізка часу утворювались товщі гірських порід. Так, протягом ери утворювалася група товщ порід, за період – система, за епоху відділ, за вік – ярус.

Кожен відрізок часу і відповідна йому товща порід мають свою назву і позначаються індексами (див. табл. 2.2), При розчленуванні періоду на епохи до індексу додається цифра, при розчленуванні епох на віки до індексу додається ще цифра або літерний індекс (з правого боку зверху). Так, індекс Cr2dat – це датський ярус верхнього крейдового відділу.

Таблиця 2.2

Геохронологічна (стратиграфічна) шкала

Ера (група). Індекс. Тривалість в млн. років	Період (система). Індекс. Тривалість в млн. років	Кольорове позначення
Кайнозойська (нове життя) K _Z , 67	Четвертинний (квартер) – антропогеновий – Q, 1,5...2	жовтувато-сірий
	Неогеновий (неоген) – N, 24,5	лимонно-жовтий
	Палеогеновий (палеоген) P _g , 41,0	помаранчово-жовтий
Мезозойська (середнє життя) M _Z , 173	Крейдовий (крейда) C _r , (K), 70	зелений
	Юрський (юра) J, 58,0	синій
	Тріасовий (тріас) T, 45,0	фіолетовий
Палеозойська (древнє життя) P _Z , 330	Пермський (перм) P, 45,0	помаранчово-коричневий
	Кам'яновугільний (карбон) C, 55...75	сірий
	Девонський (девон) D, 50...70	коричневий
	Сілурийський (сілур) S, 30,0	сіро-зелений світлий
	Ордовікський (ордовік) O, 60,0	оливковий
Кембрійський (кембрій) C _m , 70,0	блакитно-зелений	
Протерозойська – PR, 2 млн. років	–	Рожевий
Архейська – A	–	бузково-рожевий

Примітки: 1. Геологічний час розділяється на ери та періоди, а товща гірських порід – на відповідні групи та системи. Назви груп та систем повторюють назви ер та періодів: палеозойська, четвертинна, неогенова та ін.

2. Періоди (системи) підрозділяються на епохи (відділи); четвертинний на чотири, неогеновий, крейдовий пермський, девонський та сілурийський – на дві (два), інші – на три. Епохам даються назви: рання, середня, пізня при розподілі періоди на три епохи або рання та пізня при виділенні двох епох.

Відділи відповідно маються: нижній, середній, верхній або нижній та верхній. Сама молода епоха (відділ) четвертинного періоду (системи) зветься голоцен або сучасна (сучасний). Епохи (відділи) позначаються арабськими цифрами. Наприклад, K_2 значить, що порода утворилась в пізньокрейдову епоху крейдового періоду та відноситься до верхньокрейдового відділу крейдової системи.

3. Епохи підрозділяються на століття (яруси).

Епохи четвертинного періоду позначаються римськими цифрами, а також літерним індексом, який відзначає умови утворення гірської породи, наприклад, індекс QIIIa1 – свідчить, що породи четвертинного періоду пізньочетвертинної епохи належать до алювіальних річкових і озерних відкладів.

Контрольні питання:

1. Дати визначення терміну «геологія».
2. Охарактеризувати будову Землі.
3. Охарактеризувати склад Землі і як він залежить від будови?
4. До якої глибини Землі є узагальнені дані щодо хімічного складу планети?
5. Дати визначення терміну «геохронологія».
6. Охарактеризувати абсолютне літочислення гірських порід.
7. Назвати методи обчислення абсолютного віку гірських порід.
8. Охарактеризувати відносне літочислення гірських порід.
9. Назвати методи обчислення відносного віку гірських порід.
10. Охарактеризувати шкалу геологічного часу.

ТЕМА 3

ПОРОДОТВІРНІ МІНЕРАЛИ

План:

3.1. Фізичні властивості мінералів

3.2. Класифікація мінералів

Мінерали (через нім. Mineral від пізньолат. minerale – «руда, рудна жила», «копальня») – хімічні сполуки та прості речовини, що мають кристалічну будову та чітко визначений хімічний склад і утворились внаслідок геологічних, космічних та фізико-хімічних процесів, що протікають в земній корі. Всі гірські породи являють собою щільні або рихлі агрегати, що складаються з мінералів. Вивчає мінерали, їх походження та видове розмаїття наука **мінералогія**.

Відкриття нового мінералу завжди підтверджувалося публікацією результатів наукових досліджень, в якій наводилися докази відмінності фізичних та хімічних параметрів природної речовини від раніше відомих. В другій половині ХХ століття вироблені чіткі критерії віднесення речовини до мінералів. На тепер факт відкриття нового мінералу та його назву затверджує Комісія з питань нових мінералів, номенклатури та класифікації (CNMNC) Міжнародної мінералогічної асоціації (IMA). На березень 2021 року затверджено 5688 мінералів, щороку додається десяток нових. Із всього переліку мінералів лише 100-150 є повсюдно поширені в складі ґрунту, алювіальних та морських осадів, гірських порід. Мінерали, що входять до складу гірських порід в кількості, більшій, ніж 1% і помітно впливають на їх властивості, називаються **породотвірними**. Наприклад, у гранітах це польові шпати (їхній зміст становить до 60%), кварц (20-25%) і слюда (15-20%). Ці мінерали й визначають основні будівельні властивості гранітів. Понад 400 мінералів використовуються в індустрії та сільському господарстві безпосередньо або як джерело хімічних елементів.

У ряді випадків на властивості гірських порід впливають і так звані другорядні (**акцесорні**) мінерали, що перебувають у породах у невеликих кількостях. Так, наприклад, пірит (FeS_2) навіть у кількості 1 – 2% різко погіршує будівельні властивості гранітів і робить їх непридатними для використання як лицювальний камінь.

Мінерали можуть перебувати в різних станах: твердому (кварц, гіпс, лід), рідкому (ртуть, вода) і газоподібному (вуглекислий газ). У гірських породах переважний розвиток мають тверді мінерали.

Мінерали мають кристалічну структуру або бувають аморфними. Більшість мінералів представлена кристалічною речовиною, у якому атоми розташовані в строго певному порядку, створюючи просторову решітку. Завдяки цьому багато мінералів зовні мають вигляд правильних багатогранників (кристалів), наприклад кварц (гірський кришталь).

Аморфні мінерали (наприклад, кремій, вулканічне скло) кристалічної структури не мають. Їх атоми розташовуються безладно. Такі мінерали за властивостями ізотропні, для них характерна неправильна зовнішня форма.

Кожний мінерал характеризується певним хімічним складом. В окремих випадках можна зустріти мінерали подібного хімічного складу, але в цьому випадку вони обов'язково мають різну внутрішню будову, а отже, і різну зовнішню форму.

3.1. Фізичні властивості мінералів

Кожен мінерал володіє постійним хімічним складом і певною внутрішньою будовою. Ці дві важливі особливості обумовлюють фізичні властивості мінералів. Найголовнішими з них є: зовнішня форма, оптичні характеристики (колір, прозорість, блиск), показники твердості, спайність, злам, щільність.

Структура мінералів. Переважна більшість мінералів мають кристалічну будову, що виражається в їх геометрично правильній багатогранній формі – кристалах (рис. 3.1, 3.2). Елементарні частки з яких складається кристал (атоми,

іони або молекули), розташовуються в строго визначеному порядку, утворюючи кристалічні решітки. Така внутрішня структура мінералів (їх кристалічні ґратки) формується в процесі зародження і постійного зростання кристалів. Різноманітність кристалічних структур визначається особливостями хімічних зв'язків між атомами та їх розмірами. Якщо зростання мінералу відбувається у вільному просторі, у пустотах тріщин або на поверхні гірських порід, то зовнішня форма утворених кристалів відображатиме особливості кристалічних ґраток. Так, кубічна форма кристалічної ґратки галіту (кам'яна сіль) визначає і кубічну форму його кристалів, а шарувата будова ґратки графіту, слюди і тальку визначає лускату і листувату форму кристалів цих мінералів (рис. 3.2).

Порівняно невелика кількість мінералів утворює кристалічні структури (рис. 3.2). Більшість мінералів існує у природі у мікрівимірі, при цьому структура кристалічних решіток зберігається (рис. 3.4).

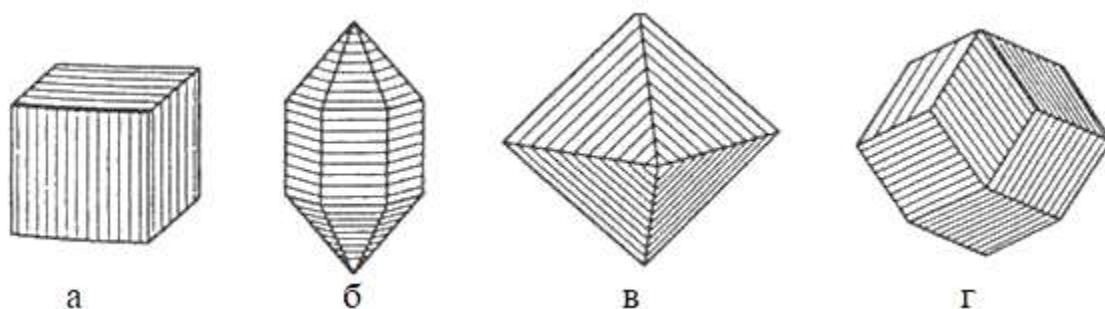


Рис. 3.1. Форма кристалів деяких мінералів: а – галіт; б – кварц; в – алмаз; г – гранат

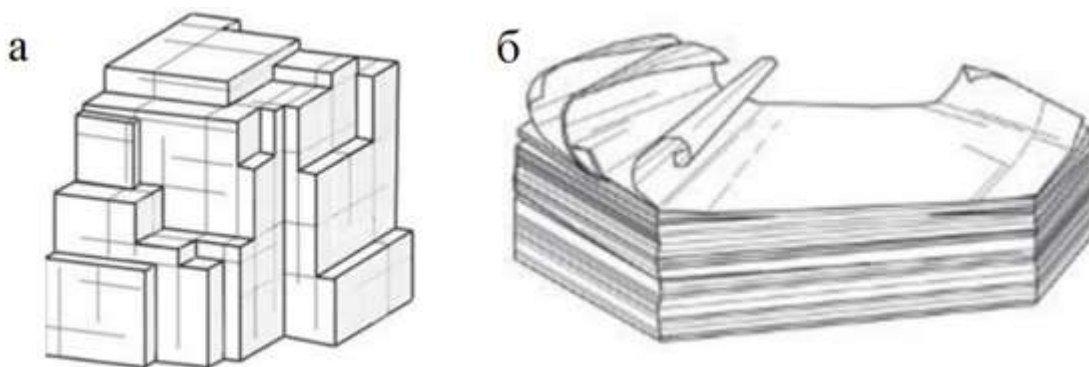


Рис. 3.2. Форми кристалічних решіток (ґраток) мінералів: а – кубічна (галіт); б – шарувата, листувата (графіт, слюда, тальк)



Рис. 3.3. Макрокристалічні форми мінералів (здатні кристалізуватись у великі масиви)

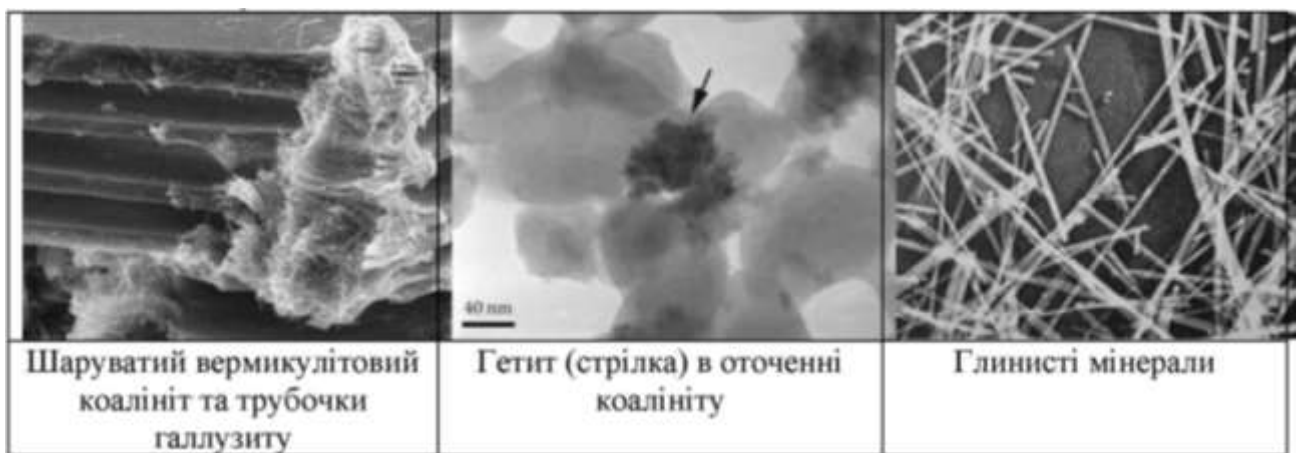


Рис. 3.4. Мікрофотографії форм мінералів залежно від їх кристалічних решіток

Для кристалів характерна анізотропність, тобто їх фізичні й оптичні властивості різні по різних напрямках. Наприклад, кристали слюди легко розщеплюються лише в одній площині.

Значно рідше зустрічаються мінерали з аморфною (склоподібною) будовою речовини (опал, смола, бітуми та ін.). Для них характерні відсутність кристалічності, неправильна зовнішня форма й ізотропність, тобто однаковість властивостей в усіх напрямках.

Для всіх кристалічних багатогранників характерна симетрія, тобто закономірне повторення граней, ребер і вершин кристала. Різні види симетрії по ступені складності групуються в системи, називані сингоніями: 1) триклінну; 2)

моноклінну; 3) ромбічну; 4) тригональну; 5) гексагональну; 6) тетрагональну й 7) кубічну (рис. 3.5, 3.6).

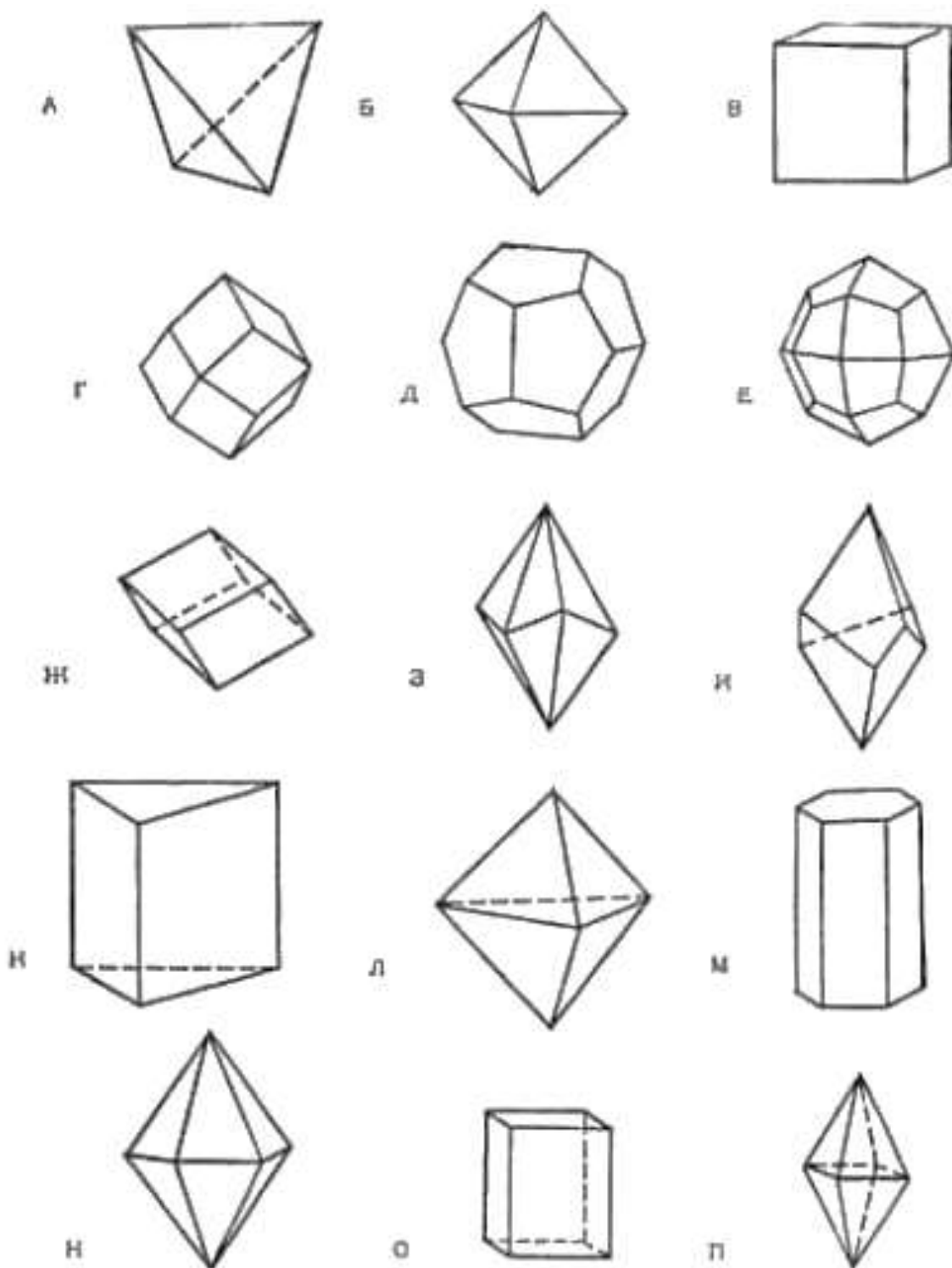


Рис. 3.5. Форми кристалічних багатогранників: А – тетраедр, Б – октаедр, В – гексаедр, Г – ромбододекаедр, Д – пентагон-додкаедр, Е – тетрагон-триоктаедр; Ж – ромбоедр, З – тригональний скаленоедр; И – тригональний трапецедр, К – тригональна призма, Л – тригональна дипіраміда, М – гексагональна призма, Н – гексагональна дипіраміда, О – тетрагональна призма, П – тетрагональна дипіраміда

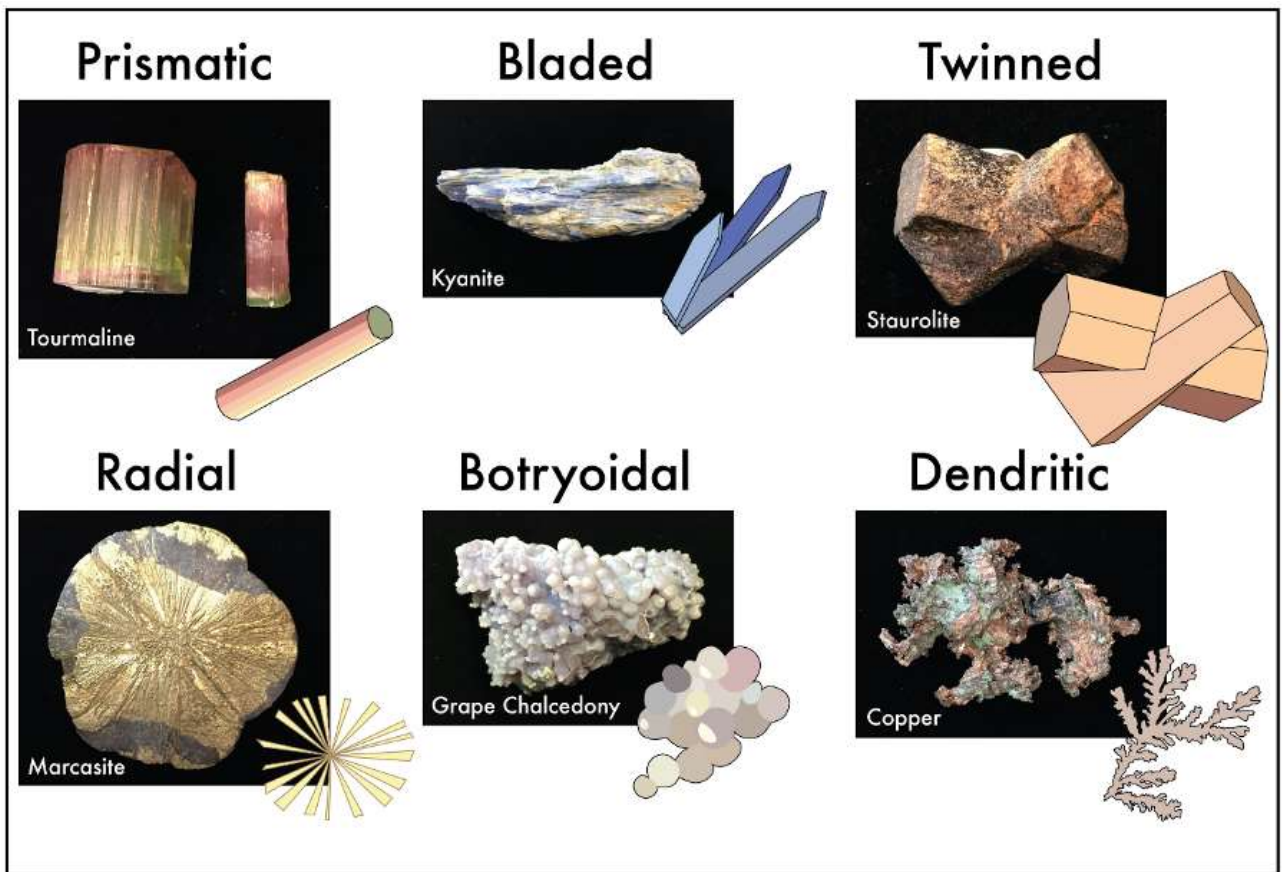


Рис. 3.6. Форми кристалічних багатогранників

Зовнішня форма та фізичні властивості кожного мінералу у першу чергу визначаються його хімічним складом і характерною для нього внутрішньою будовою.

Методи визначення фізичних властивостей мінералів: в польових умовах визначають візуально або мікроскопічно (за забарвленням, блиском, твердістю, формою та ін.) та за допомогою простих хімічних реакцій.

Розрізняють такі зовнішні (макроскопічні) фізичні властивості мінералів:

Обов'язкові (їх визначають для кожного мінералу):

- колір
- колір риски
- прозорість
- блиск
- спайність
- злом

- твердість
- щільність.

Специфічні (виявляються в окремих мінералах або їх групах і є для них діагностичними):

- магнітність
- розчинення у кислотах і воді
- смак
- запах
- ковкість

Колір. Проста і зручна діагностична ознака. Мінерали можуть мати самі різні кольори і відтінки. Колір мінералів залежить від їх внутрішньої структури, від механічних домішок і головним чином від присутності елементів-хромофорів, тобто носіїв забарвлення. Відомі багато елементів-хромофорів, такі Cr, V, Ti, Mn, Fe, Ni, Co, Cu, U, Mo і деякі інші. Ці елементи можуть бути в мінералі головними, чи можуть бути у вигляді домішок.

За забарвлювальними елементами –хромофорами розрізняють кольори мінералів:

– Ідіохроматичний (власний) – наприклад, зелений у малахіту, фіолетовий у аметисту, чорний у гематиту;

– Алохроматичний (невластивий мінералу колір, що виникає унаслідок наявності механічних домішок) – наприклад, гірський кришталь, зазвичай, не має забарвлення, але існують його чорні (моріон), фіолетові (аметист) різновиди, обумовлені маскуванням основного кольору механічними домішками гідроксиду та оксиду заліза, органічних речовин.

Приклади мінералів із постійним характерним забарвленням:

сині – азурит, лазурит, ковелін;

зелені – малахіт;

рожеві – еритрин, родохрозит, родоніт, нікелін;

жовті – аурипігмент, уранові слюдки, халькопірит;

червоні – реальгар, кіновар.

Приклади зміни забарвлення залежно від вмісту заліза:

темно-зелений або чорний колір біотиту, геденбергіту;

білий до темно-зеленого колір діопсиду, актиноліту;

білий, слабкожовтуватий без домішок заліза сфалерит ZnS ; змінює колір залежно від вмісту Fe від жовтого ($<1\% Fe$) через коричневий ($2-8\% Fe$) до чорного ($8\% Fe$).

Для характеристики кольору та його відтінків використовують такі терміни: білий, чорний, сірий, бурий, червоний, жовтий, зелений, синій. Такі назви, як оранжевий, рожевий, блакитний застосовуються для уточнення відтінків, наприклад, оранжево-жовтий, блакитно-білий та ін. Для назв відтінків уживають префікси темно-, світло- та ін., а для мінералів з металевим блиском обов'язково як префікс використовують назву металу (наприклад, мідно-червоний, золотисто-, латунно-, бронзово-жовтий, свинцево- або сталеві-сірий, залізо-чорний та ін.).

Приклади: латунно-жовтий пірит (FeS_2), свинцево-сірий галеніт (PbS) і сріблясто-білий арсенопірит ($FeAsS_2$). Багато з мінералів названі сам за цією ознакою. Наприклад, гематит (від грецького "гематікос" – кривавий), альбіт (від латинського "альбіус" - білий), рубін (від латинського "рубер" – червоний).

Колір риски. Багато мінералів у дрібно-роздробленому стані (порошку) мають зовсім інший колір, так званий колір риски (або просто – риска) (рис. 3.7). Це важлива діагностична ознака мінералу. Для визначення кольору риски нема потреби роздрібнювати мінерал, а досить провести ним по неглазурованій фарфоровій пластинці. Для характеристики риски вживаються такі ж терміни, як і для кольору.

Прозорість – здатність мінералів пропускати світло (обумовлена співвідношенням кількості відбитого та поглинутого світла). Залежить від фізикохімічних властивостей мінералів. Розрізняють мінерали:

– прозорі (гірський криштал, ісландський шпат та ін.),

– напівпрозорі (халцедон, опал та ін.)

– непрозорі (графіт, пірит та ін.).

Крім того, деякі мінерали у тонких пластинках просвічуються (біотит).



Рис. 3.7. Пластини смуги з піритом (зліва) і родохрозит (праворуч) і їх характерним кольором риси

Блиск – це вигляд мінералу у відбитому світлі. Розрізняють два головні типи блиску:

– металічний блиск свіжого злому металу, простежується в мінералів, що сильно відбивають світло, непрозорі в видимому світлі. Його мають самородні метали і непрозорі сульфідів та арсенідів (пірит, арсенопірит, халькопірит, галеніт, піротин, пентландит, нікелін, герсдорфіт, кобальтин).

– неметалічний характерний для напівпрозорих мінералів групи сульфідів та оксидів (ільменіт, куприт, гематит, кіновар), а також магнетит, що сильно поглинає світло; відчуття блиску зумовлене кількістю і характером світла, відбитого поверхнею мінералу. Блиск залежить від якості поверхні; на різних гранях кристала він може відрізнитись.

За межами променезаломлення та відбивної здатності розрізняють види блиску:

- алмазний – дуже сильний, відбиває багато світла (циркон, алмаз);
- дзеркальний – блиск дзеркала;
- скляний – блиск поверхні скла (лід, кварц, флюорит, гранат);
- шовковистий – при паралельно-волокнистій будові (хризотил – і амфіболазбести, гіпс-селеніт, арагоніт, гетит);
- масний – поверхня мінералу наче намазана жиром (сфалерит, самородна сірка);
- перламутровий – колір інтерференції (тальк, слюди, гіпс, кальцит, пластинчасті цеоліти);

Багато мінералів не мають блиску і є матовими.

Спайність – здатність мінералів розколюватись при ударі в окремих кристалографічних напрямках з утворенням гладких або дзеркальних поверхонь (поверхонь спайності) (рис. 3.8).

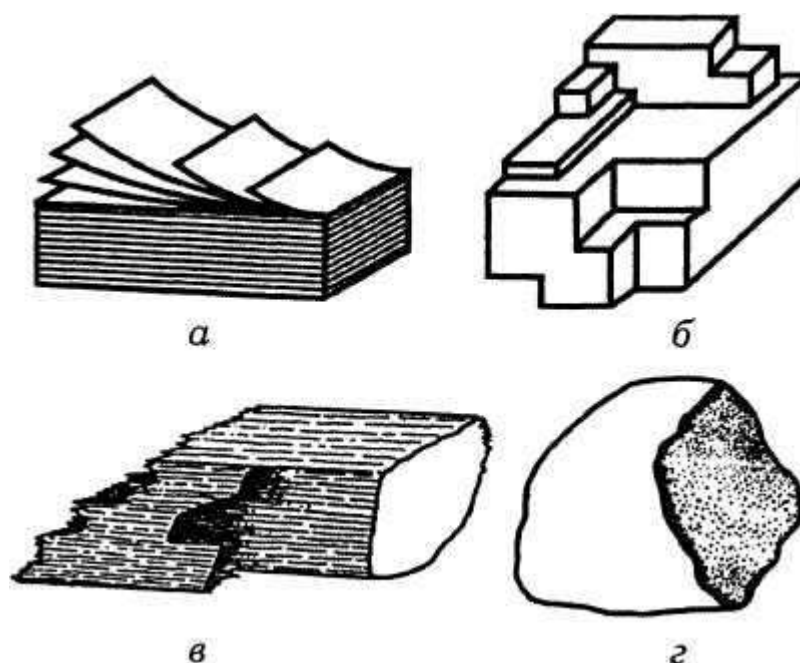


Рис. 3.8. Види спайності: А - цілком досконала спайність (слюда), Б - досконала у трьох напрямках, В – середня (ортоклаз), Г – недосконала (гематит)

Спайність притаманна тільки кристалічним мінералам і відсутня у монокристалів. Напрямок площин спайності не випадковий і відповідає

напрямкам найбільш щільних кристалічних решіток. Вона може спостерігатись в одному, двох, трьох, чотирьох і навіть шести напрямках.

Слід розрізняти площини спайності від граней кристалу. Наприклад, у кварці спайність відсутня, хоч він і зустрічається часто у формі кристалів із гладкими поверхнями.

Фізично спайність обумовлена тим, що зовнішні зв'язки між кристалами значно слабші від внутрішніх структурних зв'язків між елементарними частинками.

Для оцінки спайності існує наступна шкала:

– цілком досконала (кристал колеться на найтонші пластинки із дзеркальною поверхнею) – слюда, гіпс;

– досконала (кристал в будь-якому місці колеться за певними напрямками, утворюючи рівні поверхні; неправильний злам виходить рідко) – кальцит, галіт, галеніт;

– середня (при розколі утворюються як рівні спайні поверхні, так і нерівні поверхні зламу) – польові шпати, рогова обманка;

– недосконала (рівні спайні поверхні рідкісні, при зламі здебільшого утворюється неправильний злам) – берил, апатит;

Ряд мінералів не мають спайності (кристали мають нерівні поверхні зламу при розколі) – кварц, каситерит.

Злам – вид або характер поверхні, що виникає при розколюванні мінералів (рис. 3.9).

За певним характером поверхні, яка утворюється при розколі мінералу, виділяють такі типи злому:

– рівний, ступінчастий, характерний для мінералів із спайністю;

– раковистий (опал, халцедон та ін.), який нагадує внутрішню поверхню черепашки;

– занозливий (рогова обманка, гіпс та ін.) – притаманний мінералам із волокнистою або голкуватою будовою;

- землистий (каолінит та ін.) – характерний для землястих мінералів;
- зернистий – мають мінерали зернистої будови.

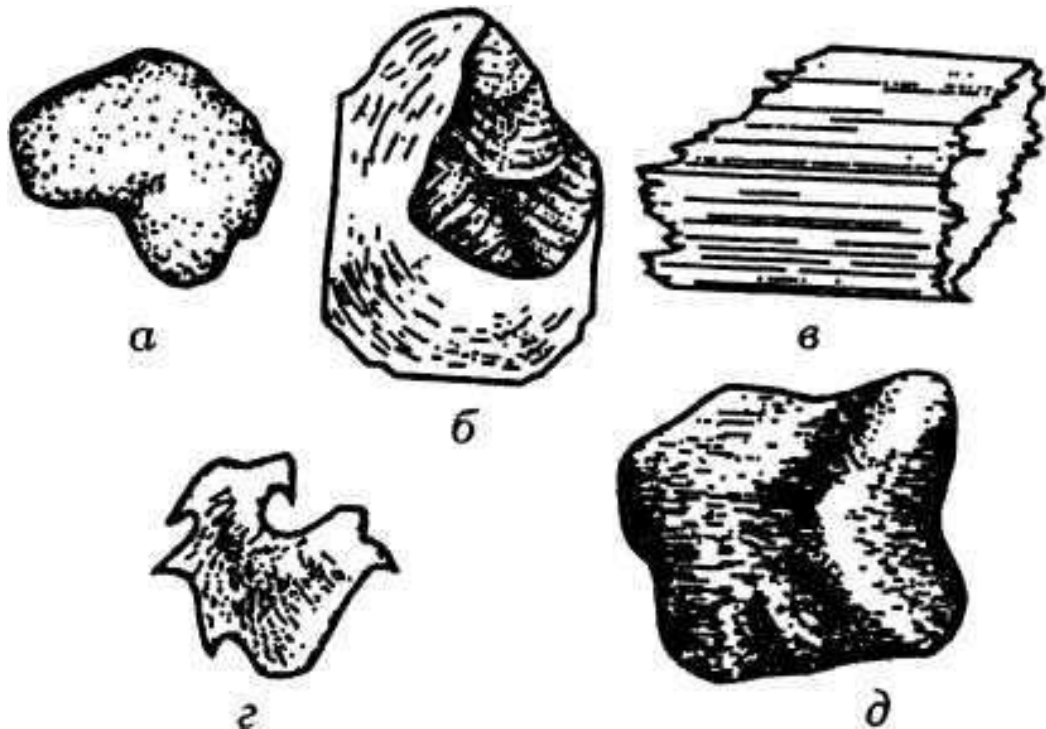


Рис. 3.9. Види зламу: а – зернистий (апатит); б – раковистий (магнетит); в – скалкуватий (рогова обманка); г – гачкуватий (кремень); д – нерівний (нефелін)

Твердість – здатність мінералів чинити опір механічним зусиллям, які роз'єднують його частинки. Твердість мінералів визначають зв'язки між атомами.

У 1812 р. австрійський мінералог Фрідріх Моос розробив шкалу твердості, яку використовують і нині (рис. 3.10). Він вибрав десять еталонних мінералів і розмістив їх таким чином, що будь-який із них на шкалі міг подряпати лише ті, що знаходились нижче.

				
Тальк	Гіпс	Кальцит	Флюорит	Апатит
				
Ортоклаз	Кварц	Топаз	Корунд	Алмаз

Рис. 3.10. Еталонні мінерали відносної твердості за шкалою Мооса

Для визначення твердості мінералів у лабораторних умовах користуються підручними предметами, твердість яких відома: м'який олівець – 1, ніготь – 2,5; мідна монета – 3–4; скло – 5–5,5; лезо бритви – 5–6; терпуг – 7.

Приклади: скло дряпає всі мінерали з твердістю менше 5, а мінерали з твердістю більше 5 самі дряпають скло; якщо мінерал пише по паперу, не дряпаючи його, він має твердість 1; якщо мінерал дряпається нігтем, а сам не залишає подряпини на нігті, то його твердість не більше 2,5; якщо ніготь не залишає подряпини на мінералі, то твердість цього мінералу понад 2,5. Цими засобами можна визначити твердість більшості мінералів, оскільки мінерали з твердістю більше 6 зустрічаються порівняно рідко.

Твердість мінералів за шкалою Мооса є відносною. Вона на справді не показує у скільки разів мінерал твердіший від попереднього. Це встановлюється спеціальним приладом – мікротвердометром або склерометром. За його допомогою встановлено, що алмаз твердіший від тальку не в 10, а більше як у 4000 раз.

Щільність – це відношення маси речовини до маси того ж об'єму води при 4°C. Ця властивість мінералів змінюється в широких межах – від значення менше 1 (гази, бітуми) до 23 г/см³ (група осьмистого іридію).

У ряді випадків щільність є доброю діагностичною ознакою, навіть виважуючи мінерали на долоні, можна приблизно визначити їх щільність. За щільністю всі мінерали розподіляють на:

- легкі – із щільністю до $2,0 \text{ г/см}^3$;
- середні – від 2 до 4 г/см^3 ;
- важкі – більше 4 г/см^3 .

Щільність мінералів у лабораторних умовах визначається з допомогою гідростатичних ваг.

Відносна маса, або щільність, залежить від хімічного складу і внутрішньої структури мінералу.

Маса одиниці об'єму мінералу залежить також від щільності упаковки атомів.

Приклад: кальцит, як і арагоніт, являє собою карбонат кальцію, але в кальциті атоми упаковані менш щільно, тому він має меншу масу одиниці об'єму, ніж арагоніт.

Розчинення у кислотах. Усі мінерали класу карбонатів (кальцит, малахіт та ін.) реагують із соляною кислотою з виділенням вуглекислого газу, бульбочки якого створюють враження кипіння кислоти (рис. 3.11). Деякі мінерали цього класу розчиняються в роздрібненому стані (доломіт) або при підігріванні (магнезит). Для визначення мінералів застосовується 10 % розчин соляної кислоти, крапля якого за допомогою скляної палички або крапельниці наноситься на поверхню зразка або на порошок.

Магнітність – це властивість мінералів притягуватися магнітом або відштовхувати магнітну стрілку.

Вона властива не багатьом мінералам – які мають залізо. Дуже магнітними вважаються магнетит і пірротин (магнітний колчедан). Ці мінерали притягуються в невеликих зернах навіть слабкими магнітами або намагніченими предметами. У великих уламках вони діють на магнітну стрілку досить сильно. Щоб дослідити на магнітність, мінерал подрібнюють до порошку. Потім до нього

торкаються магнітом або намагніченим предметом. Якщо часточки прилипли до магніту, то мінерал має магнітну властивість.



Рис. 3.11. Кальцит, що реагує (барботає) з додаванням розведеної (1М) соляної кислоти (HCl)

Ковкість і крихкість. Ковкі мінерали при ударі молотком сплющуються, а крихкі розсипаються на дрібні кусочки. При дряпанні ножом крихких мінералів летить порошок, а при дряпанні ковких мінералів його не буде, а на мінералі залишиться блискучий слід (маленька борозна).

Смак, запах. Усі мінерали, які розчиняються у воді, мають певний смак.

Приклади: галіт – солоний, сильвін – гірко-солоний. Деякі мінерали при терті один об один мають характерний запах: при терті желваків фосфориту з'являється запах горілої шкіри; запах сірчаного газу характерний для піриту та сірки.

Флуоресцентні мінерали – це ті, які випромінюють видиме світло при активації невидимим ультрафіолетом (УФ), рентгенівськими променями та/або електронними. Певні електрони в мінералі поглинають енергію з цих джерел і переходять до більш високого енергетичного стану, це призводить до багатьох кольорів dayglo (рис. 3.12).



Рис. 3.12. Флуоресцентний мінеральний дисплей у Музеї природної історії Санта-Барбара. Зображення праворуч відображає мінерали під ультрафіолетом

Індикаторні властивості. Деякі мінерали володіють тільки їм притаманними властивостями, які є добрими діагностичними ознаками цих мінералів.

Приклади: один із різновидів кальциту – ісландський шпат має подвійне променезаломлення; у лабрадору при обертанні на площинах спайності спостерігається гра кольорів у фіолетово-синювато-зелених тонах; флюорит навіть у невеличкому зразку може бути забарвлений у різні кольори; графіт залишає слід на папері; глинисті мінерали, наприклад, каолін - жирний на дотик; халцедон просвічується на краях та ін.

За агрегатним станом мінерали поділяють на три групи: газопо-дібні (метан, сірководень та ін.); рідкі (нафта, вода, самородна ртуть та ін.); тверді (пірит, апатит, ортоклаз та ін.).

Газоподібні речовини лише умовно можна називати мінералами, тому що вони зазвичай є не індивідуальними речовинами, а при-родними сумішами.

В земній корі абсолютно переважають тверді мінерали. У природі вони трапляються у вигляді кристалів з більш чи менш добре ви-явленою формою багатогранників або у вигляді неправильних за формою зерен, суцільних мас, які

мають як кристалічну, прихованокристалічну, так і аморфну будову. Для більшості мінералів, які складають земну кору, характерна кристалічна будова. На частку аморфних мінералів припадає лише близько 2% загальної їх кількості.

3.2. Класифікація мінералів

Класифікація мінералів заснована в основному на їх хімічному складі:

- 1) самородні елементи;
- 2) сульфідни;
- 3) сульфати;
- 4) оксиди і гідроксиди;
- 5) карбонати;
- 6) галоїди;
- 7) силікати;
- 8) фосфати;
- 9) вольфрамати.

Самородні елементи – в цю групу входять мінерали, що представляють прості тіла, що знаходяться в природі у вільному стані, тобто мінерал цієї групи складається з одного хімічного елемента. Самородні елементи поділяються на дві групи:

- а) металоїди: сірка S, алмаз C, графіт C;
- б) метали: платина, мідь, золото, срібло.

Сульфідни – до цієї групи належить численна кількість мінералів, що представляють сполуки металів, переважно кольорових, з сіркою (пірит FeS_2). Всі сульфідни є цінними корисними копалинами і представляють великий інтерес для різних галузей промисловості, так як є руди кольорових металів та як носії золота.

Сульфати – солі сірчаної кислоти (гіпс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ангідрит CaSO_4). Цей клас об'єднує до 260 мінералів, походження яких пов'язане з водними розчинами.

Характеризуються невеликою твердістю, світлим забарвленням, добре розчиняються у воді.

Оксиди і гідрооксиди – до цього класу належать оксиди, тобто сполуки елементів з киснем, і гідрооксиди, в складі яких присутні, крім оксиду, ще елементи води у вигляді OH або H_2O : кварц SiO_2 , опал $SiO_2 \cdot nH_2O$, лимоніт $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$. На частку цих мінералів доводиться до 17% всієї маси земної кори, а хімічний елемент кремній Si – найпоширеніший на нашій планеті після кисню.

Карбонати – солі вугільної кислоти – кальцит $CaCO_3$, доломіт $CaMg(CO_3)_2$, магнезит $MgCO_3$. Походження пов'язане з водними розчинами, тобто вони випадали в осад з морських або океанічних вод. З кальциту складається багато осадових і метаморфічних порід (вапняк, мармур), скелетні частини (раковини) тварин.

Галоїди – солі фтористої, соляної (галіт $NaCl$), бромистої, йодистої кислоти. Ці мінерали є дуже важливими і застосовуються в харчовій, хімічній і металургійній промисловості.

Силікати. До класу силікатів відноситься величезна кількість мінералів: рогова обманка, авгіт, олівін, слюди (біотит, мусковіт), глинисті мінерали (каолініт, монтморилоніт, гідрослюда), польові шпати (ортоклаз, плагіоклаз). На частку їх доводиться приблизно одна третина числа відомих в природі мінеральних видів. Силікати складають 75% земної кори. Багато силікатів є найважливішими породотвірними мінералами не тільки у всіх магматичних гірських породах, але також в метаморфічних і осадових.

Глинисті мінерали виділяються з класу силікатів за такими ознаками:

- висока дисперсність – ступінь роздробленості, розмір часток $<0,001$ мм;
- здатність до іонного обміну;
- гідрофільність – здатність мінералів вміщати в себе воду і збільшуватися в об'ємі (набухання);
- пластичність – при зволоженні переходять в пластичну форму.

Глинисті мінерали є породотвірними, є важливою складовою частиною глинистих порід, таких як глина, суглинок, супісок.

Відмінною здатністю польових шпатів є те, що під впливом на них атмосферних агентів води вони порівняно швидко хімічно розкладаються, утворюючи нові сполуки, зокрема глинистий мінерал – каолінит.

Мінерали класу **фосфатів, вольфраматів** зустрічаються набагато рідше, ніж інші.

Контрольні питання:

1. Дати визначення терміну «мінерал».
2. Охарактеризувати процеси, при яких утворюються мінерали.
3. Мінерали первинні і вторинні.
4. Як утворилися первинні мінерали?
5. Охарактеризувати хімічний склад мінералів.
6. Охарактеризувати фізичні властивості мінералів.
7. За якою шкалою оцінюється твердість мінералів? Назвати еталонні мінерали.
8. Скільки класів мінералів прийнято виділяти за хімічним складом?
9. Який мінерал має найнижчу твердість?
10. Який блиск буває у мінералів?
11. Який колір буває у мінералів?
12. Що називають спайністю мінералів?

ТЕМА 4

ГІРСЬКІ ПОРОДИ. ГЕНЕТИЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД

План

4.1. Магматичні гірські породи

4.1.1. Інженерно-геологічна характеристика магматичних порід

4.1.2. Форми залягання магматичних порід

4.2. Осадкові гірські породи

4.2.1. Класифікація осадових порід за способом утворення

4.2.2. Структура і текстура осадових порід

4.2.3. Інженерно-геологічна характеристика осадових порід

4.3. Метаморфічні гірські породи

Геологічному дослідженню піддаються в основному кам'яні маси, що складають земну кору, звані гірськими породами. **Гірські породи** – природні мінеральні агрегати певного складу і будови, що сформувалися в результаті геологічних процесів і залягають в земній корі у вигляді самостійних тіл. Безпосереднім вивченням гірських порід займається особлива галузь геології, що виділилася в самостійну дисципліну і звана **петрографією** (від грец. «петрос» – камінь). Петрографія визначає склад гірських порід, їх будову, умови залягання, а також їх походження і зміни, що викликаються різними факторами.

Склад породи визначається мінералами, що складають породу (породотвірні мінерали). Якщо порода складається з одного мінералу – мономінеральна порода (вапняк складається з кальциту), а якщо з декількох мінералів – полімінеральна (граніт – з польового шпату, кварцу, рогової обманки і слюди).

Будова породи визначається **структурою і текстурою**.

Структура – це будова породи, що визначається формою і розміром зерен, а також ступенем кристалічності порід.

За ступенем кристалічності виділяються наступні структури:

- повнокристалічна;
- напівкристалічних;
- некристалічні.

Повнокристалічна або зерниста структура – порода цілком складається з кристалів (зерен). Структура характерна для глибинних порід (граніт).

Напівкристалічна або порфірова структура – на основному склуватому фоні виділяються окремі вкраплення кристалів (порфірит), характерна для ефузивних порід.

Некристалічна або склувата структура – характерна для ефузивних порід (вулканічне скло, обсидіан).

За розмірами зерен розрізняють структури крупно-, середньо-, дрібнозернисті.

Структура є ознакою породи, що визначає його міцність, найбільш міцні породи з дрібнозернистими структурами.

Текстура – складання порід, що визначається розташуванням зерен в породі і ступенем заповнення простору. По розташуванню зерен розрізняють наступні текстури: однорідна; неоднорідна.

Однорідна або масивна текстура – всі зерна в породі розташовуються рівномірно і без будь-якої видимої закономірності (граніт).

За ступенем заповнення простору розрізняють щільні і пористі текстури: глибинні породи – щільні; ефузивні породи – пористі.

Гірські породи не мають хімічних формул. Вони оцінюються валовим хімічним аналізом: SiO_2 – 49...52%, Al_2O_3 – 10...14%, Fe_2O_3 – 4...14% та ін. На сьогоднішній день встановлено близько 1000 видів гірських порід.

Відповідно до головних геологічних процесів, що приводять до утворення порід, серед них розрізняють три генетичні класи: магматичні, метаморфічні і осадові гірські породи.

4.1. Магматичні гірські породи

Магматичні породи – це породи, що утворилися при охолодженні магми. Залежно від умов застигання магми все магматичні породи класифікуються на глибинні (інтрузивні), застигли в глибинах Землі, і що вилилися (ефузивні), застигли на поверхні Землі. За хімічним складом (в залежності від вмісту кремнезему SiO_2) діляться на кислі ($> 65\%$), середні ($52\text{...}65\%$), основні ($45\text{...}52\%$) і ультраосновних ($<45\%$).

Класифікацію магматичних порід за хімічним складом та умовами утворення наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Класифікація магматичних порід

За хімічним складом	За умовами утворення		
	глибинні (інтрузивні)	що вилилися (ефузивні)	
		палеотипні	кайнотипні
Кислі	граніт	кварцовий порфір	ліпарит
			обсидіан
Середні	сієніт	полевошпатний порфір	трахіт
	діорит	порфірит	андезит
Основні	габро	діабаз	базальт
Ультраосновні	піроксеніт	–	–
	дуніт	–	–

4.1.1. Інженерно-геологічна характеристика магматичних порід

Магматичні породи є водотривкими самі по собі, але проникними по тріщинах, практично нестискувані, невлагоємкі, морозостійкі. Міцність цих порід визначається, перш за все, міцністю мінералів, а також міцністю зв'язків між ними. Зв'язки в магматичних породах – кристалізаційні і завдяки їм породи є монолітними і характеризуються високою міцністю і твердістю. На міцність порід великий вплив мають їх структурно-текстурні особливості. Найбільш міцні і стійкі породи, що мають повнокристалічні рівномірно-, середньо- і дрібнозернисті структури. Породи грубозернисті податливі до руйнування. Найбільш міцними є породи з масивними текстурами. Запас міцності магматичних порід дуже високий, що робить їх бажаною основою для споруд.

Однак висока міцність ще не визначає стійкість, довговічність споруд, що зводяться на них. На міцність і стійкість великий вплив надає ступінь вивітрілості порід, ступінь їх тріщинуватості і умови залягання. Вивітрілі породи, ставши тріщинуватими, набувають нової якості – водопроникності, що ускладнює можливість їх використання. Основними показниками фізико-механічних властивостей магматичних порід є: границя міцності на одновісний стиск у водонасиченому стані; щільність скелета ґрунту; коефіцієнт вивітрілості; ступінь розм'якшуваності; ступінь водопроникності; структура і текстура.

4.1.2. Форми залягання магматичних порід

Магма на глибині твердне в різні за формою магматичні тіла: батоліти, лаколіти, штоки і жили (рис. 4.1).

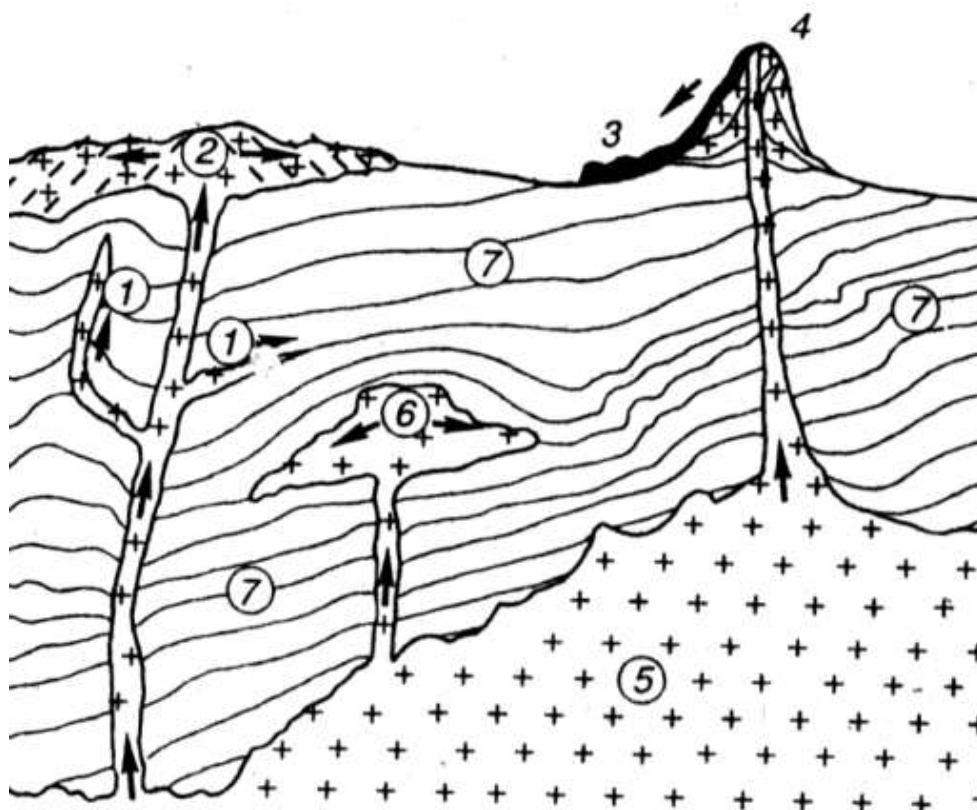


Рис. 4.1. Основні форми залягання магматичних порід: 1 – жили; 2 – покрив; 3 – потік; 4 – вулканічний конус; 5 – батоліт; 6 – лаколіт; 7 – товща осадових порід

Батоліти – величезні за площею масиви розмірами до декількох сотень

квадратних кілометрів, залягають глибоко від земної поверхні.

Штоки – відгалуження від батолітів.

Лаколіти – присадкуваті опуклі форми з плоскою підшвою, утворені при проникненні магми між шарами осадових товщ.

Жили виникають при заповненні магмою тріщин в земній корі.

При прориві магми по тріщинах до поверхні Землі, магма втрачає частину летючих сполук, переходить в стан лави і при швидкій зміні тиску і температури застигає на поверхні або поблизу неї, утворюючи такі характерні форми: **купола**; **лавові покриви** – утворювані в результаті розтікання магми на поверхні землі; **потоки** – витягнуті форми, що виникли в результаті плину магми з вулканів.

4.2. Осадові гірські породи

Осадові породи – утворюються на поверхні Землі в результаті руйнування метаморфічних, магматичних і власне осадових порід з подальшим їх перевідкладенням (вапняк, крейда, гіпс, пісок, глина).

При утворенні осадові породи приходять чотири стадії.

1. **Руйнування гірських порід** відбувається під впливом агентів атмосфери, тварин і рослинних організмів в ході процесів вивітрювання, ерозії, суфозії та ін. Руйнуються будь-які породи, що знаходяться на поверхні Землі.

2. **Перенесення і відкладення** – зруйнований матеріал переноситься вітром, льодом, організмами у вигляді розчинів, уламків і пилу, але особливо великою є транспортуюча роль водних потоків. В процесі перенесення відбувається поділ осадового матеріалу за розмірами, за питомою вагою і хімічним складом. Такий поділ називається диференціацією осаду. Розрізняють три види диференціації:

- а) механічна – поділ за розмірами уламків і питомою вагою;
- б) хімічна – осадження матеріалу за хімічним складом;
- в) органогенна – осадження матеріалу в результаті життєдіяльності організмів.

Осад що утворився, повинен пройти третю стадію – стадію діагенезу, і тоді він перетвориться в осадову гірську породу.

3. **Діагенез** – перетворення осаду в осадову породу при ущільненні, зменшенні його вологості, цементації, випаданні з розчинів і кристалізації, окислення, гідратації. Цей процес відбувається під впливом енергії самого осаду.

4. **Катагенез** – сукупність процесів, що впливають на породу в процесі її життя або зміна осадової породи до початку нового метаморфізму.

За місцем утворення осадові породи діляться на континентальні і морські. Континент є областю, де відбувається руйнування порід та їх змив, тому континентальні утворення мають порівняно невелику потужність і невелику площу поширення. Всі континентальні осадові утворення поділяються на генетичні типи. Генетичний тип – це комплекс відкладень, що утворився в певному місці під впливом одного провідного агента. Генетичні типи: елювій; яр; пролювій; алювій; еолові утворення; льодовикові відкладення; озерні відкладення.

4.2.1. Класифікація осадових порід за способом утворення

За способом утворення осадові породи діляться на:

- пірокластичні;
- уламкові;
- глинисті;
- хемобіогенні.

1. **Пірокластичні породи** – є проміжними між магматичними і осадовими породами. Являють собою уламковий матеріал, викинутий вулканом, але цементация уламків відбувалася на поверхні землі (вулканічний туф, пемза).

2. **Уламкові породи** – осади механічного походження, що утворюються в результаті дроблення вихідних гірських порід під впливом нерівномірного обігріву сонцем, різких добових коливань температури, впливу на поверхню порід вітру, текучих і атмосферних вод та ін. В основу класифікації уламкових

порід покладені два принципи:

- розмір уламків або зерен;
- наявність цементу.

Розмір зерен або уламків визначається за допомогою гранулометричного аналізу.

Класифікацію уламкових порід наведено в табл. 4.2.

Незцементовані породи можуть бути рихлими – зерна не пов'язані між собою або зв'язними. До рихлим відносяться крупноуламкові і піщані породи, до зв'язним відносяться пилюваті і глинисті.

Таблиця 4.2

Класифікація уламкових порід

Розмір зерен або уламків, мм		Наявність цементу			
		незцементовані		зцементовані	
		обкатані	необкатані	обкатані	необкатані
Крупноуламкові	>200	валун	брила		
	200...10	галька	щебінь	конгломерат	брекчія
	10...2	гравій	дресва	конгломерат	брекчія
Піщані 2...0,05 мм		пісок	пісок	піщаник	
Пилюваті 0,05...0,005 мм		лес		алевроліт	

3. До глинистих порід відносяться породи, в яких переважають частинки розміром менше 0,005 мм.

Основними властивостями глинистих порід є:

– пластичність – здатність приймати під тиском будь-яку форму і утримувати її після усунення тиску;

– зв'язність – здатність не розсипатися після висихання;

– зв'язуюча здатність – здатність скріплювати шматки непластичних речовин;

– волоємність – властивість поглинання великої кількості води;

– вогнетривкість – здатність витримувати високу температуру.

За наявності цементу глинисті породи діляться на:

– зв'язні (незцементовані);

– зцементовані.

Глинисті зв'язні ґрунти в інженерній геології і будівництві за вмістом глинистих частинок діляться на:

- глини – глинистих частинок > 30%;
- суглинки – глинистих частинок 10...30%;
- супіски – глинистих частинок 3...10%.

Глинисті зцементовані породи називаються аргілітами.

4. Хемобіогенні породи утворюються в результаті хімічних процесів або за рахунок накопичення продуктів життєдіяльності організмів безхребетних. Хімічні осадові породи формуються на дні водойм в результаті випадання речовин з істинних водних розчинів поверхневих або підземних вод. В основу класифікації хемобіогенних порід покладено хімічний принцип і виділяються основні групи порід:

- карбонатні – вапняк, доломіт, крейда, мергель;
- крем'янисті – діатоміт, опока;
- сульфатні – гіпс, ангідрит;
- соляні – кам'яна сіль.

4.2.2. Структура і текстура осадових порід

До відмітних особливостей осадових порід слід віднести:

- шаруватість;
- пористість;
- наявність залишків флори і фауни;
- залежність складу та властивостей порід від кліматичних умов і середовища осадження.

Великоуламкові породи мають уламкові структури. Піщані породи мають зернисті структури. Пилуваті породи – пилуваті структури. Глинисті породи – глинисті структури.

При визначенні структури уламкових порід необхідно враховувати

співвідношення уламків і цементу, з цього співвідношення виділяються наступні типи цементу:

- базальний – цементу багато, зерна занурені в нього;
- плівковий – цемент утворює плівку навколо зерен, контакт здійснюється через плівку цементу;
- поровий – цемент заповнює пори між зернами породи;
- поровоплівковий;
- контактний – цемент розташований на контакті між зернами породи.

Тип цементу визначає міцність породи і водопроникність.

Основними текстурами осадових порід є шаруватість і пористість.

Шаруватість – чергування шарів.

Шар – геологічне тіло, що має більш-менш витриманий склад по простяганню. Границі, що розділяють шари, називаються поверхнями нашарування. Верхня поверхня шару називається покрівлею, нижня – подошвою. Найкоротша відстань між ними називається потужністю шару. Якщо шар швидко виклинюється, то він називається лінзою (рис. 4.2).

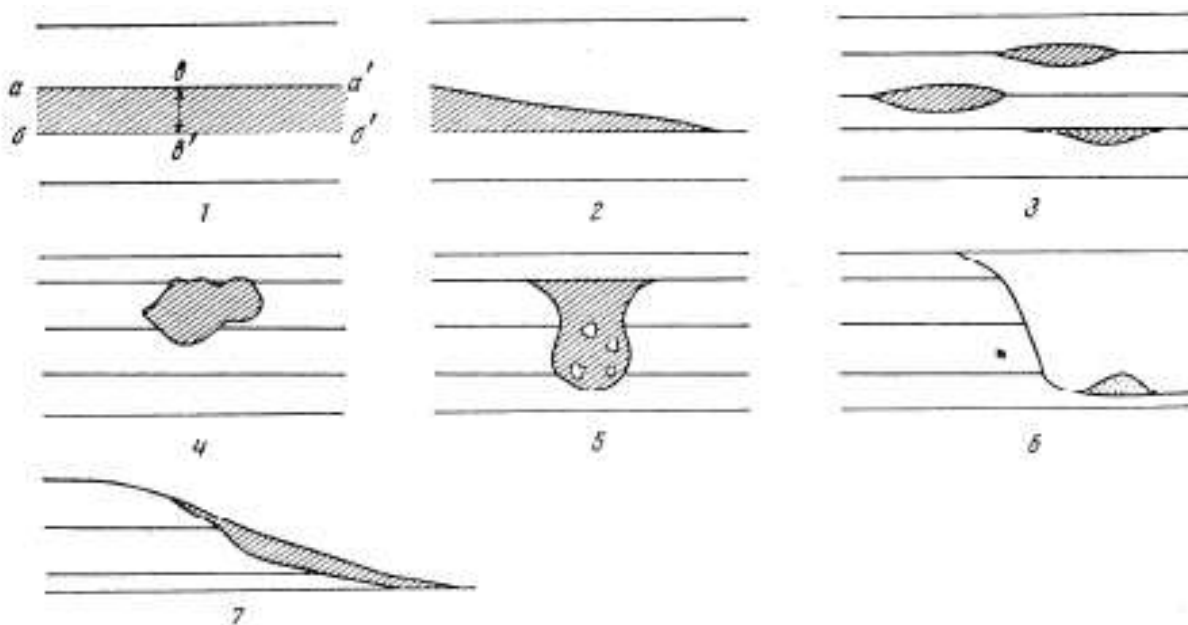


Рис. 4.2. Форми залягання осадових порід: 1 – паралельне нашарування: aa' – покрівля пласта; bb' – подошва пласта; vv' – потужність пласта; 2 – виклинювання пласта; 3 – лінзи; 4 – шток; 5 – мішок або кишенья; 6 – вал; 7 – шлейф

Шаруватість може бути неоднорідною за кольором, за складом порід за структурними ознаками. За формою розрізняють наступні види шаруватості: горизонтальні; похилі, хвилясті; косі.

Горизонтальна шаруватість властива осадам, що відклалися в спокійній воді озера або на помірній глибині моря, похила – на похилій поверхні дна глибоких частин моря або озера, коса – характеризують умови змінної течії струменів водного потоку.

Шаруватість є основною формою залягання осадових гірських порід.

Наявність пор і пустот в породі називається пористість. Прийнято розрізняти такі види пористості:

- крупна пористість називається кавернозністю;
- макропористість – пори, видимі неозброєним оком;
- мікропористість – пори, видимі під мікроскопом (для пілуватого-глинистого порід).

4.2.3. Інженерно-геологічна характеристика осадових порід

Осадкові породи представляють групу порід з різними показниками міцності. Кожна порода отримала свою інженерно-геологічну характеристику, перш за все ми зупинимося на загальних особливостях порід. Міцність уламкових порід визначається міцністю цементу. Найбільш міцними є породи з кременистим цементом. На міцність хемобіогенних порід впливає мінеральний склад і структурно-текстурні особливості породи. З породами, до складу яких входять кальцит, доломіт, гіпс, ангідрит, галіт, пов'язані явища карсту. Найнижчими показниками міцності володіють дрібноуламкові і глинисті незцементовані породи. Вони змінюють властивості при взаємодії з водою: переходять в пластичний і текучий стан, мають набухання (монтморилонітові глини), просадність (лес) і стискуваність. Зведення споруд на таких ґрунтах вимагає особливої уваги.

4.3. Метаморфічні гірські породи

Метаморфічні породи – це породи, що утворюються в глибинах Землі в результаті перетворення або метаморфізму осадових або магматичних порід, що раніше існували, під впливом високої температури, тиску, дії газових і водних розчинів. Осадові породи, що утворилися на поверхні Землі при низьких температурах і тиску, в результаті горотворних процесів можуть занурюватися в більш глибокі частини земної кори і піддатися там метаморфізму.

До фізичних факторів метаморфізму відносяться наступні.

1. **Підвищення температури понад 300°C**, що веде до перекристалізації і часткового переплавлення породи. В процесі впливу температури створюються повнокристалічні структури і утворюються нові мінерали.

2. **Підвищення або зміна характеру тиску** – всебічного тиску на орієнтовано спрямований тиск, що називається стресом, який веде до роздавлення породи і утворення характерних тільки для метаморфічних порід сланцюватих текстур. Причиною спрямованого тиску є тектонічні рухи земної кори.

До хімічних факторів метаморфізму відноситься дія газових і водних розчинів – вони діють на контактні порід, розчиняють їх і призводять до утворення нових мінералів і сильного зміни породи. Розчини активно беруть участь в перетворенні порід, будучи переносниками хімічних елементів і тепла.

Залежно від чинників виділяють такі типи метаморфізму:

- термальний – від дії температури;
- динамометаморфізм – від дії тиску;
- контактний – від дії газових і водних розчинів;
- регіональний – коли два або кілька факторів діють одночасно.

Всі метаморфічні породи характеризуються повнокристалічними структурами, в яких аморфна речовина і порожнечі не зберігаються.

Для визначення порід велике значення має текстурна ознака, так як вона найбільш чітко відображає умови, при яких відбувалося їх утворення. Ця ознака

допомагає при оцінці фізичних властивостей порід, так як тип текстур і положення площин сланцюватості необхідно враховувати при інженерно-геологічних дослідженнях.

Виділяються наступні текстури:

– сланцювата – вся порода при розколі ділиться на площини подільності, тобто порода складається з паралельно з'єднаних між собою пластинчастих мінералів (слюдистий сланець, глинистий сланець);

– смугаста або гнейсова текстура – порода складається зі смуг, що утворилися в результаті диференціації (поділу) речовини за питомою вагою (гнейс). Для цих текстур характерна властивість анізотропії – зміна властивостей зі зміною напрямку;

– плямиста – порода складається з різноманітно забарвлених мінералів одного класу (мармур, яшма).

Всі вищеназвані текстури є неоднорідними, але для метаморфічних порід характерні і однорідні текстури, які називають масивними (кварцит, мармур).

Інженерно-геологічна характеристика метаморфічних порід. Метаморфічні породи так само, як і магматичні, є водотривкими самі по собі, але проникні по тріщинах, практично нестисливі. Завдяки кристалізаційним структурним зв'язкам метаморфічні породи характеризуються високою міцністю і твердістю. На міцність порід великий вплив мають структурно-текстурні особливості породи. Породи з масивними текстурами міцні, невлагоємкі, морозостійкі (кварцит, яшма).

Породи зі сланцюватою і смугастою текстурами володіють анізотропією, звідси знижені показники міцності в напрямку, паралельному смугастості і сланцюватості. Крім того ці породи мають знижені показники морозостійкості і опору вивітрюванню. На міцність порід впливає також і мінеральний склад: породи, що складаються з кварцу – міцні (кварцит, яшма), породи, що складаються з кальциту (мармур) під впливом води розчиняються і легко піддаються вивітрюванню, що ускладнює можливість їх використання в

будівництві в цьому випадку.

Контрольні питання до перевірки

1. Дати визначення поняття «породоутворюючий мінерал».
2. Дати визначення поняття «гірська порода».
3. Навести генетичну класифікацію гірських порід.
4. Охарактеризувати магматичні гірські породи.
5. Дати визначення поняття «магматизм».
6. Залежно від характеру руху магми й ступеню її проникнення в земну кору як розділяється магматизм?
7. Навести класифікації магматичних гірських порід.
8. Яке практичне значення має класифікація магматичних гірських порід за вмістом SiO_2 ?
9. Охарактеризувати осадові гірські породи.
10. Охарактеризувати мінеральний і хімічний склад осадових порід.
11. Навести класифікації осадових гірських порід.
12. Охарактеризувати осадові породи органогенного походження. Навести приклади.
13. Охарактеризувати осадові породи хемогенного походження. Навести приклади.
14. Охарактеризувати метаморфічні гірські породи.
15. Які розрізняють типи метаморфізму залежно від провідного фактора?
16. Що вивчає наука петрографія?
17. У чому принципова відмінність понять «текстура» та «структура» гірських порід?
18. Назвіть головні ознаки, що відрізняють гірську породу від мінералу?
19. За якими ознаками виділяються структури гірських порід?
20. Перерахуйте основні типи магматичних порід за ступенем їхньої кислотності.

21. Які існують класифікації гірських порід?

22. У чому полягає головна відмінність інтрузивних магматичних гірських порід від ефузивних?

ТЕМА 5 ГЕОМОРФОЛОГІЯ

Наука, яка займається вивченням рельєфу земної поверхні, його походженням і розвитком, називається геоморфологією.

Рельєф – це сукупність всіх форм земної поверхні – підвищень, рівнин і поглиблень. Ці «нерівності» на поверхні Землі досить динамічні, знаходяться в стані безперервної зміни і перетворення. В процесі цих змін знищуються старі і виникають нові форми рельєфу. Все це відбувається в результаті впливу на земну поверхню сил, що виникають при прояві ендегенних і екзогенних процесів на Землі. Рельєф має великий вплив на розміщення, характер і стійкість промислових і цивільних будівель і споруд, не кажучи вже про трасуванні доріг, прокладку зрошувальних і судноплавних каналів, будівництво гребель, ГЕС, проходку гірських виробок та ін. Щоб правильно оцінити вплив рельєфу на будівельні об'єкти інженер-будівельник повинен знати основні положення науки про рельєф – геоморфології.

За своїм походженням форми рельєфу поділяють в залежності від переважаючого фактору – сили, що викликала утворення даної форми: форми рельєфу, зумовлені діяльністю ендегенних сил, тобто тектонікою земної кори; форми рельєфу, зумовлені діяльністю екзогенних сил на поверхні землі. Екзогенні форми рельєфу пов'язані з процесами вивітрювання. Ці форми поділяють на ерозійні, викликані діяльністю текучих вод, і акумулятивні, наприклад, річкові (альювіальні) наноси, вітрові (еолові), льодовикові та ін.

Ерозійні форми пов'язані з руйнівною роботою текучих вод (атмосферних, річкових, підземних та ін.) і активно міняють свої обриси в часі.

Акумулятивні форми (річкові тераси, дюни, бархани та ін.) є наслідком

накопичення продуктів процесу вивітрювання.

У геоморфології розрізняють елементи й форми рельєфу.

До елементів рельєфу відносять поверхні, лінії та точки (рис. 5.1), що складають форми рельєфу.

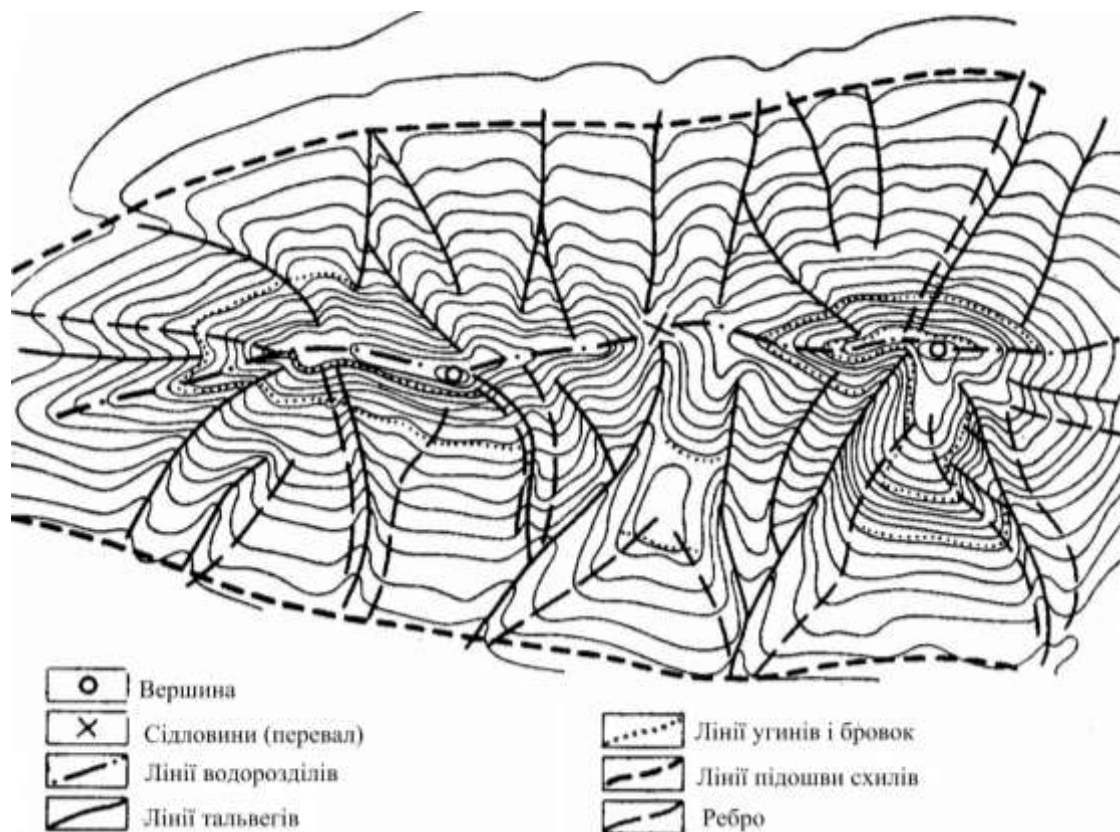


Рис. 5.1. Основні елементи рельєфу

Поверхні утворюють форми рельєфу. Вони можуть бути горизонтальними, похилими, випуклими, увігнутими й складними. Лінії є результатом перетинання поверхонь. Розрізняють лінії водорозділну, водозливну, підшовну, брівку. Водороздільна лінія розділяє поверхневий стік двох протилежних схилів. Водозливна є результатом перетинання двох поверхонь – схилів і проходить по дну долин, балок, ярів та ін. Підшовна обмежує основи схилів різних форм рельєфу; брівка – це лінія, по якій проходить різкий перегин схилу, тобто різка зміна його крутості. До характерних точок рельєфу відносять вершинні (найбільша висота на даній ділянці місцевості), перевальні (дно знижень гребенів хребтів), гирлові (устя рік) і донні (найбільш низька точка знижень рельєфу).

Форми рельєфу утворені з різних сполучень елементів рельєфу. Розрізняють дві групи: позитивні – випуклі стосовно площини горизонту, і негативні – увігнуті (рис. 5.2).

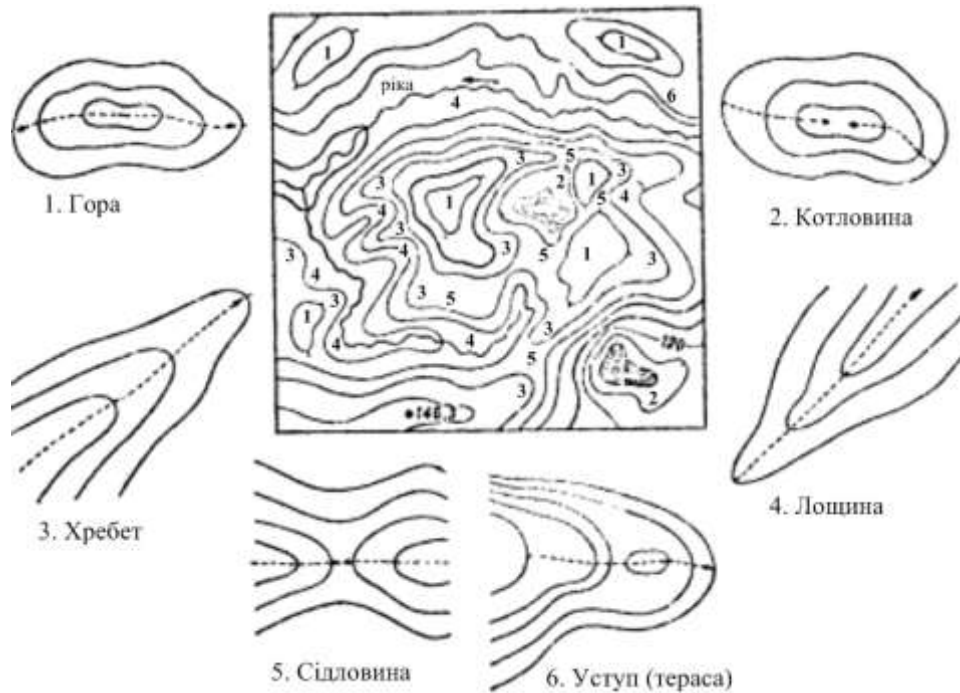


Рис. 5.2. Зображення горизонталями елементарних форм рельєфу

Найбільшими є тектонічні форми рельєфу (гірські хребти, рівнини, морські зниження, тобто все, що утворює основний і постійний вигляд рельєфу земної поверхні).

Ерозійні (річкові долини, яри та ін.) і акумулятивні (річкові тераси, дюни, бархани та ін.) форми мають значно менші розміри і непостійні в часі. До позитивних форм рельєфу відносять: нагір'я, гірський хребет, гори, плоскогір'я, плато, гряда, увал, пагорб, курган, бугор, конус виносу. Негативними формами є: улоговина, долина, балка, яр, вимоїна, лощина або улоговина стоку. За своїми розмірами форми рельєфу можуть бути дуже різні – від декількох см до десятків і сотень тисяч км². За величиною форми рельєфу ділять на сім основних груп: найдрібніші, дуже дрібні, дрібні, середні, крупні, крупніші та найкрупніші.

1. Найдрібніші форми рельєфу розміром до декількох сантиметрів за висотою й мають площі в кілька квадратних сантиметрів (піщана рябизна,

борозни на полях та ін.) звичайно не мають істотного значення для будівництва. На топографічних картах дрібні форми рельєфу не наносяться.

2. Дуже дрібні форми рельєфу, висота яких вимірюється декількома дециметрами, рідко 1...2 м, наносяться на карти великого масштабу умовними знаками. Це купини, вибоїни, дрібні вимоїни, які вказують на значну активність площинної й струменистої ерозії, що необхідно мати на увазі при плануванні поверхні на будівельних майданчиках.

3. Дрібні форми рельєфу, які називають звичайно мікрорельєфом, займають порівняно невеликі ділянки в кілька квадратних метрів, рідше в кілька десятків і іноді сотень квадратних метрів, висота їх не більше декількох метрів. Ці форми рельєфу проєктують на карти масштабів 1:10000, 1:5000 і крупніше. Вивчення мікрорельєфу подає багату інформацію про природну обстановку й про інженерно-геологічні умови даного будівельного майданчика.

4. Середні форми рельєфу, або мезорельєф, характеризуються значним протягом, до декількох десятків кілометрів і вимірюються сотнями, тисячами, рідше сотнями тисяч квадратних метрів у плані, при глибині розчленування до 200 м. Позитивний мезорельєф – це пагорби, бугри, кургани, гребені, уступи, тераси в долинах рік і озер, гряди невисоких височин. Негативний – короткі й неглибокі яри, балки, великі карстові вирви, балки та ін. Цей рельєф добре зображується на картах 1:50000 масштабу й дає можливість оцінити природні й інженерно-геологічні умови цілих селищ і мікрорайонів на попередніх стадіях проєктування.

5. Крупні форми рельєфу, або макрорельєф, характеризуються десятками, сотнями й рідше тисячами квадратних кілометрів у плані й розчленуванням за глибиною на 200...2000 м. Такий рельєф зображується на картах 1:100000 та 1:1 000000. Позитивні форми його – це гірські хребти, окремі гори, гірські масиви та ін., а негативні – великі долини, озерні западини великих водойм. Такий рельєф допомагає дати інженерно-геологічну оцінку крупних територій при плануванні розміщення будівельних об'єктів.

6. Крупніші форми рельєфу, або мегарельєф, займають площі в десятки й сотні тисяч квадратних кілометрів, причому різниця в відмітках між позитивними та негативними формами може досягати 500...4000 м. Ці форми передаються на картах масштабу 1:10000000, до них можна віднести, наприклад, Бразильську котловину.

7. Найкрупніші (планетарні) форми рельєфу вимірюються мільйонами квадратних кілометрів, різниця в відмітках рівнів негативного і позитивного досягає 2500...6500 м, а максимальна – 20000 м. Позитивні форми рельєфу – материки, негативні – океанічні западини.

Форми рельєфу на кожній території зустрічаються в певних сполученнях, що надає їй своєрідний вигляд. Якщо вони повторюються на місцевості й перебувають у закономірних зв'язках одна з одною і навколишнім середовищем, то ми маємо не окремі форми рельєфу, а їх комплекси або типи.

Типи рельєфу можна об'єднати в групи типів рельєфу (група типів гірського або рівнинного рельєфу), групи можна об'єднати в ще більш великі підрозділи – комплекси материкового рельєфу, дна океанів та ін.

Є три типи рельєфу: рівнинний, горбистий і гірський. Горбистий рельєф являє собою перехідний тип між рівнинним і гірським рельєфом. Це пагорби з відносними висотами більше 200 м і зниженнями між ними у вигляді балок і улоговин. Рівнина – це тип рельєфу, який відрізняється малими коливаннями висот, що не виходять за межі 200 м. Гірський рельєф являє собою великі з відносною висотою понад 200 м височини (гори, хребти) та зниження (долини, западини, улоговини).

Контрольні питання:

1. Як називається наука, що займається вивченням рельєфу?
2. Дати визначення терміну «рельєф».
3. Назвати, що таке елементи та форми рельєфу?
4. Як за походженням підрозділяють всі форми рельєфу?

5. Охарактеризувати позитивні форми рельєфу.
6. Охарактеризувати негативні форми рельєфу.
7. На які групи за величиною розподіляють форми рельєфу?
8. Дати визначення поняття «тип рельєфу»?
9. Охарактеризувати тип гірського рельєфу. Навести приклади.
10. Охарактеризувати тип рівнинного рельєфу. Навести приклади.

ТЕМА 6

ГІДРОЛОГІЯ

План:

- 6.1. Хімічний склад і агресивність підземних вод
- 6.2. Класифікації підземних вод
- 6.3. Карти ґрунтових вод
- 6.4. Рух ґрунтових вод. Основний закон руху

Води, що знаходяться у верхній частині земної кори, носять назву **підземних вод**. Науку про підземні води, їх походження, умови залягання, закони руху, фізичні і хімічні властивості, зв'язки з атмосферними і поверхневими водами називають **гідрологією**.

Для будівельників підземні води в одних випадках служать джерелом водопостачання, а в інших виступають як фактор, що ускладнює будівництво. Особливо складним є виробництво земляних робіт в умовах припливу підземних вод, що затоплюють котловани, траншеї. Підземні води погіршують механічні властивості рихлих і глинистих порід, можуть виступати в ролі агресивного середовища по відношенню до будівельних матеріалів, викликають розчинення багатьох гірських порід (наприклад, гіпс, вапняк та ін.) з утворенням пустот. Будівельники повинні вивчати підземні води і використовувати їх у виробничих цілях, вміти боротися з ними при будівництві та експлуатації будівель і споруд.

З наявністю або відсутністю підземних вод пов'язані умови виробництва будівельних робіт та їх вартість.

6.1. Хімічний склад і агресивність підземних вод

Єдина класифікація підземних вод дотепер не створена. Це пов'язано з більшою розмаїтістю їхніх властивостей, умов залягання та ін. Підземні води можна підрозділити за рядом ознак, наприклад, за температурою: переохолоджені $<0^{\circ}$, холодні (до $+20^{\circ}$), теплі ($+20\dots37^{\circ}$), гарячі ($+37\dots50^{\circ}$), дуже гарячі ($+50\dots100^{\circ}$), перегріті ($>100^{\circ}$); (найкращими питними якість володіє холодна вода).

Всі підземні води завжди містять в розчиненому стані більшу або меншу кількість солей, газів, а також органічних сполук. Сумарний вміст розчинених у воді речовин називається хімічним складом води. Розчинені у воді гази (O , CO_2 , CH_4 , H_2S та ін.) надають воді певний смак і властивості. Кількість і тип газів обумовлює ступінь придатності води для питних і технічних цілей. Підземні води біля поверхні землі нерідко бувають забруднені органічними домішками, така вода має неприємний смак і небезпечна для здоров'я людей.

З солей в підземних водах найбільшого поширення мають хлориди, сульфати і карбонати. За загальним змістом розчинених солей підземні води поділяють на прісні (до 1 г/л – гідрокарбонатні, кальцієві), солонуваті (від 1 до 10 г/л – сульфатні, рідше хлоридні), солоні (10...50 г/л – сульфатні, хлоридні) і розсоли (понад 50 г/л – хлоридно-натрієві). Коефіцієнт для перерахування вмісту у воді головних іонів із мг у мг-екв. наведено у табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Коефіцієнт для перерахування вмісту у воді головних іонів із мг у мг-екв.

Іони	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
Коефіцієнт	0,0164	0,0208	0,2820	0,0435	0,0499	0,0822

Класифікація хімічного складу підземних вод С.А. Щукарьова наведена у табл. 6.2.

Таблиця 6.2

Класифікація хімічного складу підземних вод С.А. Щукарьова

Mg^{2+}	1	8	15	22	29	38	43
Ca^{2+}, Mg^{2+}	2	9	16	23	30	39	44
Ca^{2+}	3	10	17	24	31	40	45
Na^+, Ca^{2+}	4	11	18	25	32	41	46
Na^+	5	12	19	26	33	42	47
Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}	6	13	20	27	34	43	48
Na^+, Mg^{2+}	7	14	21	28	35	44	49
	HCO_3^-	$SO_4^{2-},$ HCO_3^-	$HCO_3^-,$ SO_4^{2-}, Cl^-	$HCO_3^-,$ Cl^-	SO_4^{2-}	$Cl^-,$ SO_4^{2-}	Cl^-

Належність води до того або іншого класу у відповідності зі схемою визначається вмістом головних іонів у кількості більш 25 %-екв. За переважним аніонами воді присвоюють назву: хлоридна, сульфатна, гідрокарбонатна, хлоридно-сульфатна, хлоридно-гідрокарбонатна, сульфатно-гідрокарбонатна, хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатна; за переважними катіонами: натрієва, магнієва, кальцієва, натрієво-магнієва, натрієво-кальцієва, магнієво-кальцієва та натрієво-магнієво-кальцієва.

За загальною мінералізацією кожний клас розділений на три групи: А – до 1,5 г/л солей; В – 1,5...10 г/л солей; С – більш 10 г/л солей.

Жорсткість води – це властивість, обумовлена вмістом іонів кальцію і магнію, тобто пов'язана з карбонатами. Жорсткість прийнято виражати кількістю міліграм-еквівалентів кальцію і магнію, 1 мг-екв жорсткості відповідає вмісту в 1 л води 20,04 мг іона кальцію або 12,6 мг іона магнію. За жорсткістю воду поділяють на м'яку (менш 3 мг-екв), середньої жорсткості (3...6 мг-екв), жорстку (6...9 мг-екв) і дуже жорстку (більше 9 мг-екв). Найкращою якістю володіє вода

з жорсткістю не більше 7 мг-екв/л (ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості»).

За величиною рН підземні води класифікуються: дуже кислі $\text{pH} < 5$; кислі $5 \leq \text{pH} < 6,9$; нейтральні $\text{pH} = 7$; лужні $7,1 < \text{pH} \leq 9$; високолужні $\text{pH} > 9$ (питна вода – рН від 6,5 до 8,5).

Агресивність підземних вод виражається в руйнівному впливі розчинених солей на будівельні матеріали, зокрема на бетон і метал. Агресивна дія води на бетон проявляється в розчиненні основного компонента портландцементу карбонату кальцію, внаслідок чого бетон кришиться і спучується.

По відношенню до бетону розрізняють наступні види агресивності підземних вод:

а) загальнокислотна – оцінюється величиною рН (водневий показник), в пісках вода вважається агресивною, якщо $\text{pH} < 7$, а в глинах – $\text{pH} < 5$;

б) сульфатна – визначається за вмістом іона SO_4^{2-} – при вмісті SO_4^{2-} в кількості більше 200 мг / л вода стає агресивною;

в) магнезіальна – встановлюється за вмістом іона Mg^{2+} ;

г) карбонатна – пов'язана з впливом на бетони агресивної вуглекислоти, цей вид агресивності можливий тільки в піщаних породах.

Підземна вода з розчиненими в ній солями і газами може володіти інтенсивною корозійною активністю по відношенню до заліза та інших металів. Прикладом може служити окислення (роз'їдання) металевих поверхонь з утворенням іржі під дією кисню, розчиненого у воді:



6.2. Класифікації підземних вод

В основу класифікації підземних вод можуть бути покладені різні ознаки. В основному підземні води поділяють: за характером їх використання і за умовами залягання в земній корі.

За характером використання підземні води поділяються на

- господарсько-питні води;
- технічні води;
- промислові води;
- мінеральні води;
- термальні води.

Залежно від походження виділяють підземні води декількох типів:

- інфільтраційні;
- конденсаційні;
- ювенільні.

В інженерно-геологічних цілях підземні води доцільно класифікувати за гідравлічною ознакою:

- безнапірні;
- напірні (артезіанські).

За умовами залягання в земній корі води класифікуються (рис. 6.1):

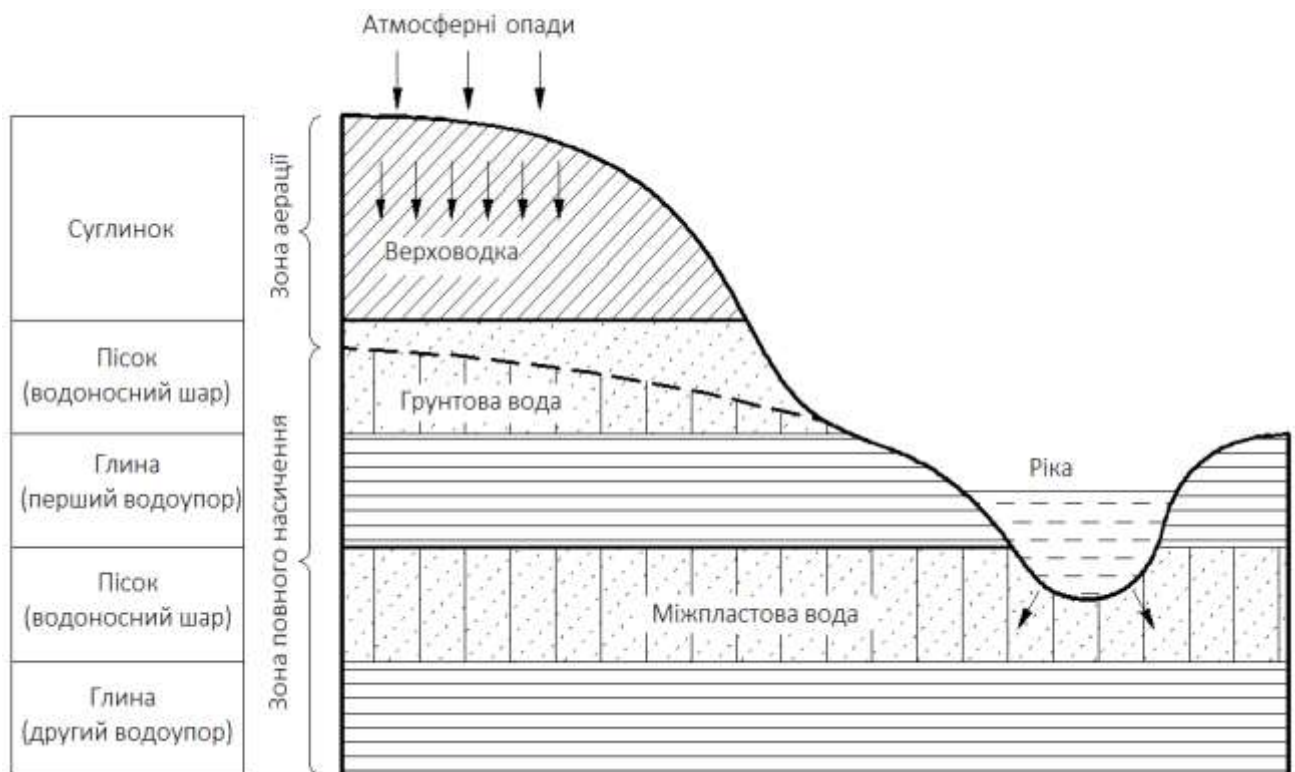


Рис. 6.1. Класифікація підземних вод за умовами залягання

- верховодка;
- ґрунтові води;
- міжпластові води;
- тріщинні води та ін.

Всі ці води в основному інфільтраційного походження. Верхня частина земної кори в залежності від ступеня насичення водою пор гірських порід ділиться на дві зони: верхню – зону аерації і нижню – зону насичення (рис. 6.1). У зоні аерації відбувається просочування атмосферних опадів і поверхневих вод вглиб, в сторону зони насичення. Пори гірських порід в зоні аерації лише частково заповнені водою, інша їх частина заповнена повітрям. Зона насичення гірських порід розташована нижче рівня ґрунтових вод. У цій зоні всі пори, тріщини, каверни та інші пустоти заповнені гравітаційної водою.

Верховодкою називають тимчасові накопичення підземних вод у зоні аерації. Ця зона розташовується на невеликій глибині від поверхні, над горизонтом ґрунтових вод, де частина пор порід зайнята зв'язаною водою, інша частина – повітрям (рис. 6.2).

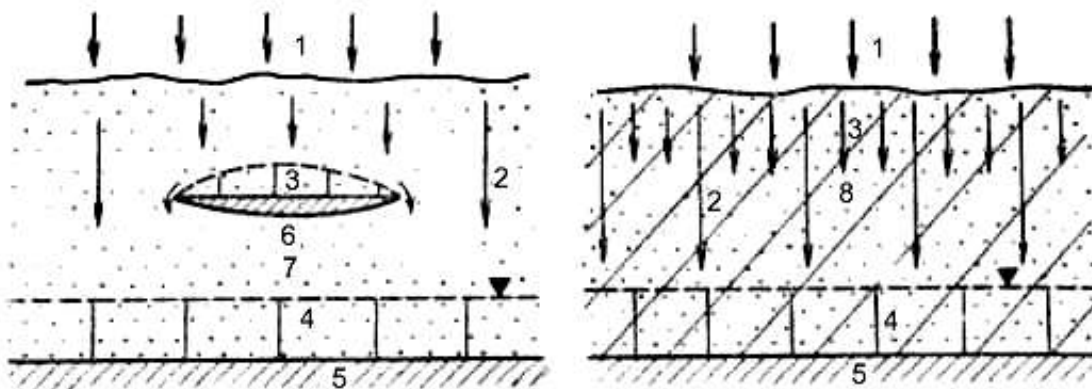


Рис. 6.2. Верховодка: 1 – атмосферні опади; 2 – інфільтрація води; 3 – верховодка; 4 – ґрунтова вода; 5 – водоупор; 6 – лінза глини; 7 – пісок; 8 – глинистий пісок

Ґрунтовими називають постійні в часі й значні за площею поширення горизонти підземних вод, що залягають на першому від поверхні водоупорі. Ґрунтові води в силу наявності вільної поверхні безнапірні. Іноді вони можуть

виявити так званий місцевий напір, пов'язаний із заляганням лінзи глини у рівні дзеркала (рис. 6.3).

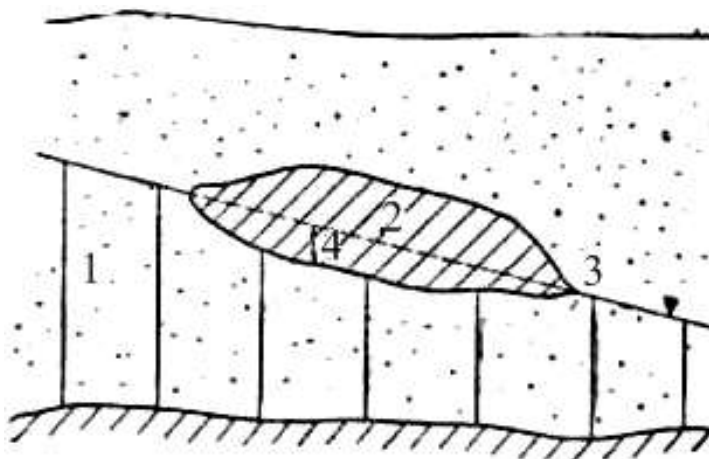


Рис. 6.3. Схема виникнення місцевого напіру: 1 – ґрунтова вода; 2 – лінза глини; 3 – дзеркало ґрунтової води; 4 – висота місцевого напіру

Міжпластовими водами називають водоносні горизонти, що розташовуються між водоупорами. Вони бувають ненапірні і напірними, останні інакше називають артезіанськими. Міжпластові ненапірні води зустрічаються порівняно рідко. Вони пов'язані з водоносними шарами, що горизонтально залягають, заповненими водою повністю або частково (рис. 6.4). За умовами переміщення ці води аналогічні ґрунтовим.

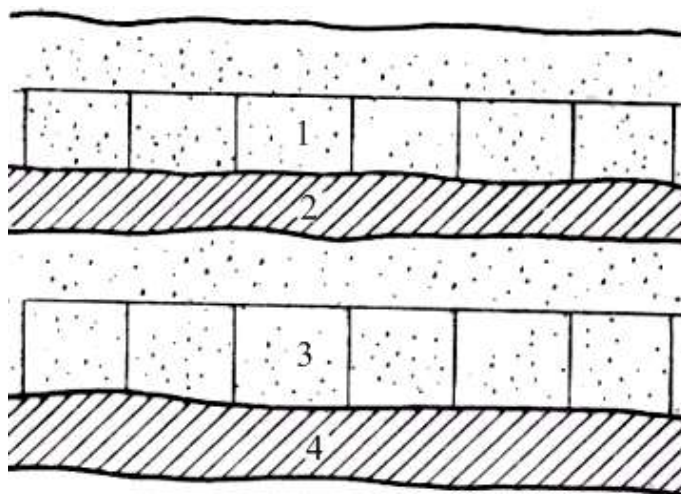


Рис. 6.4. Міжпластова ненапірна вода: 1 – ґрунтова вода; 2 – перший водоупор; 3 – міжпластова вода; 4 – другий водоупор

Напірні (артезіанські) води пов'язані з заляганням водоносних шарів у вигляді синкліналей або монокліналей (рис. 6.5, 6.6). Площа поширення напірних водоносних горизонтів називають артезіанським басейном.

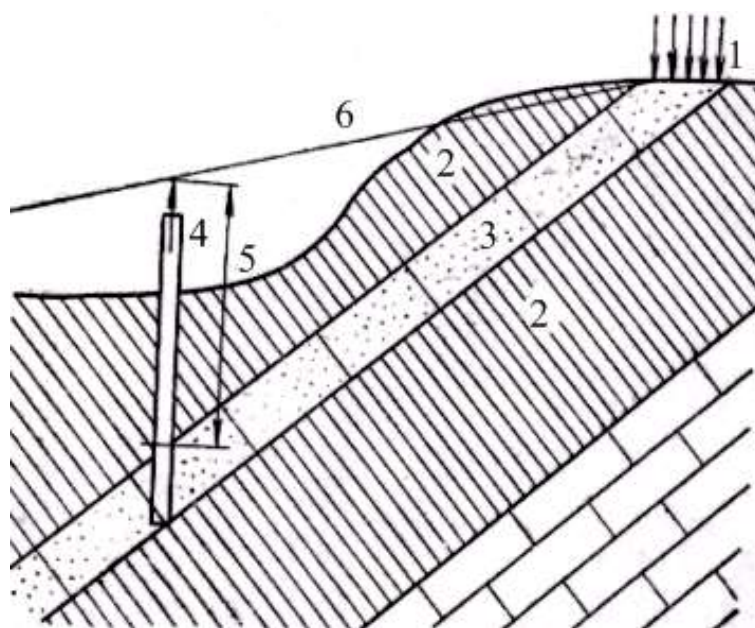


Рис. 6.5. Артезіанська вода при моноклінальному заляганні шарів: 1 – область живлення; 2 – водоупори; 3 – водоносний шар; 4 – бурова свердловина з фонтануючою водою; 5 – висота напору; 6 – п'єзометричний рівень

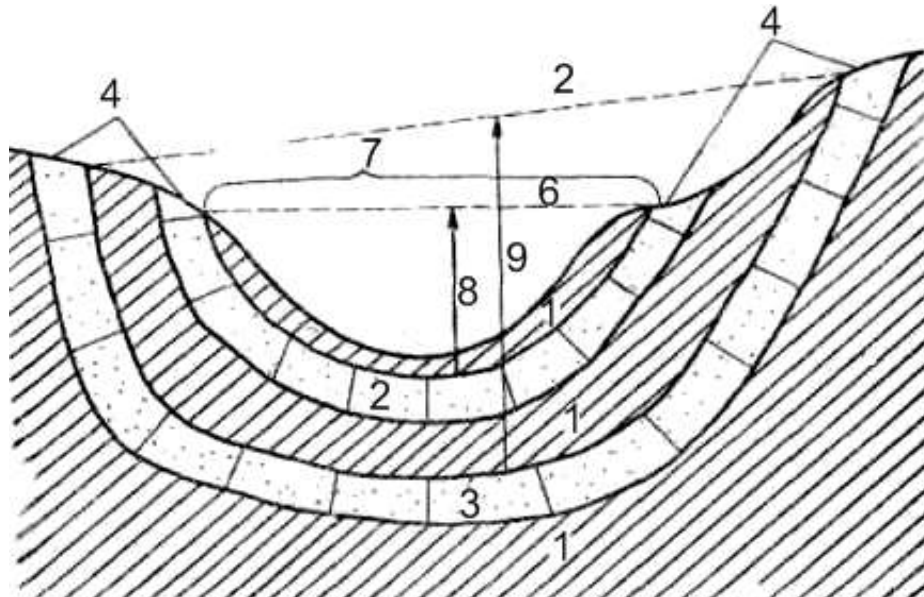


Рис. 6.6. Артезіанська вода при синклінальному заляганні шарів: 1 – водоупори; 2 – перший водоносний шар; 3 – другий водоносний шар; 4 – область живлення водоносних горизонтів; 5 – п'єзометричний рівень верхнього шару; 6 – п'єзометричний рівень нижнього водоносного шару; 7 – площа поширення верхнього водоносного шару; 8 – висота напору першого шару; 9 – висота напору другого водоносного шару

Окремі частини водоносних шарів залягають на різних висотних відмітках. Це й створює напір підземних вод. Напірних підземних горизонтів може бути декілька. Кожний з них має область живлення там, де водоносні шари виходять на поверхню та мають вищі відмітки. Область живлення, як правило, не збігається з площею поширення міжпластових вод.

Напірність вод характеризує п'єзометричний рівень. Висотне положення рівня пов'язано з характером залягання водоносних шарів. Він може бути вище поверхні землі або бути нижче її. У першому випадку, виходячи через свердловини, вода фонтанує, у другому – піднімається лише до п'єзометричного рівня (рис. 6.7).

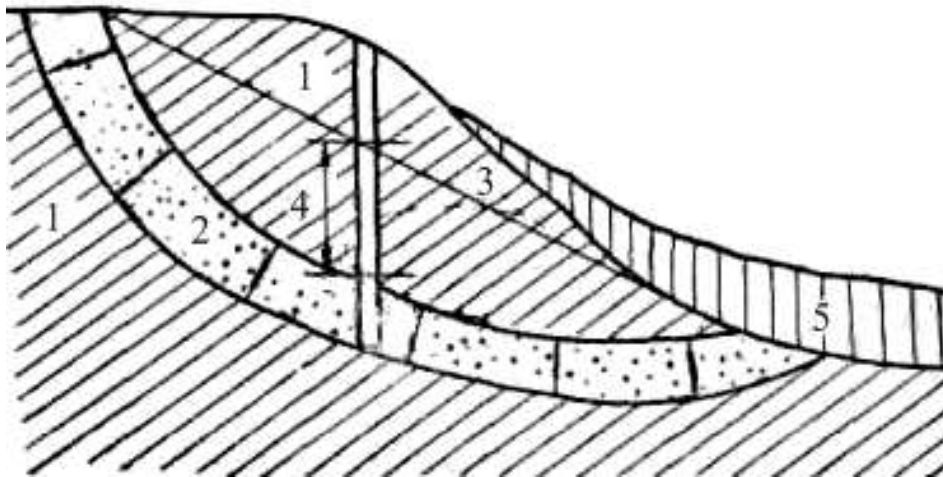


Рис. 6.7. Артезіанська вода з п'єзометричним рівнем нижче поверхні Землі:
1 – водоупори; 2 – водоносний шар; 3 – п'єзометричний рівень; 4 – висота напору

Режим ґрунтових вод. Із часом відбуваються зміни положення рівня й характеру поверхні ґрунтових вод, їх температури та хімічного складу. Сукупність цих змін зветься режимом ґрунтових вод. Його вивчення є важливим завданням, тому що кількісна і якісна зміна ґрунтових вод істотно позначається на умовах будівництва й експлуатації споруд і повинна враховуватися при проектуванні. Так, наприклад, ігнорування можливості підйому рівня води може привести до затоплення підвальних приміщень, руйнуванню будівельних конструкцій, зниженню міцності ґрунтів основ.

Фактори, що впливають на рівень і якість ґрунтових вод. Причини коливання рівня ґрунтових вод або, інакше кажучи, зменшення або збільшення їх кількості, дуже різноманітні. Головними з них є:

- метеорологічні фактори;
- гідрологічні умови;
- коливання земної кори;
- будівельна діяльність людини.

Метеорологічні фактори різноманітні, але найголовнішими з них є: кількість атмосферних опадів, інтенсивність випару води та величина атмосферного тиску. Ці фактори викликають сезонні та річні (багаторічні) коливання рівня.

Найбільш високе положення рівня приходить на періоди сніготанення й затяжних дощів. Треба відзначити, що підйом рівня починається лише через якийсь час після випадання атмосферних опадів. Цей відрізок часу тим більше, чим менше водопроникність порід і більше глибина залягання ґрунтових вод.

Багаторічні коливання рівня пов'язані зі зміною клімату, тобто зі змінами кількості річних опадів. Середній рівень при цьому підвищується або знижується на тривалий час.

Гідрологічні умови проявляються у вигляді впливу на ґрунтові води рік і водоймищ. Паводки на ріках викликають тимчасовий підйом рівнів ґрунтових вод. Найбільша величина підйому спостерігається безпосередньо біля ріки, поступово зменшуючись у міру віддалення від неї. Ширина зони впливу паводків у добре проникних пісках може досягати 1...2 км. Пристрій водоймищ приводить до постійного підняття рівнів рік і ґрунтових вод (рис. 6.8). Рівні зберігаються протягом усього часу існування водоймища.

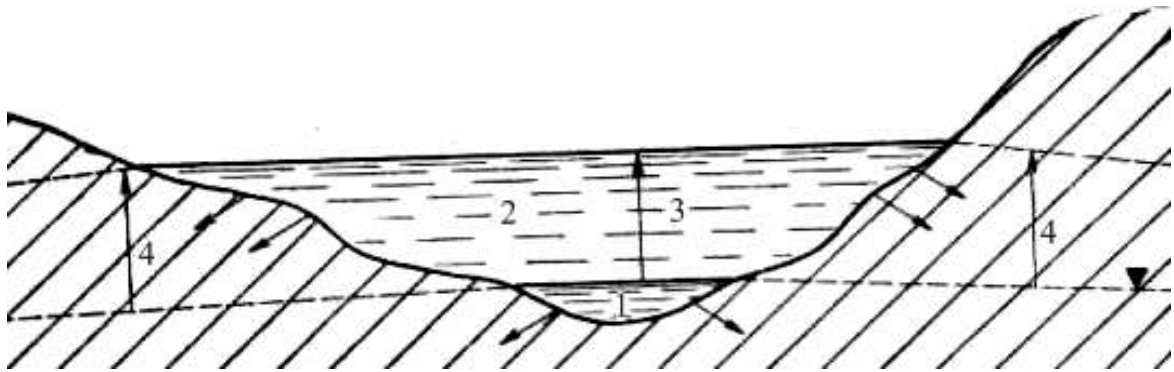


Рис. 6.8. Вплив рівня водоймища на ґрунтову воду: 1 – ріка; 2 – водоймище; 3 – підйом рівня ріки; 4 – підйом рівня ґрунтової води

Коливання земної кори виражаються в опусканні або піднятті окремих ділянок суші. Процес підняття може приводити до зниження рівнів ґрунтових вод, тому що породи краще дрениуються внаслідок поглиблення ерозійних врізів (ярів, долин та ін.). При опусканні території відбувається зворотний процес: ґрунтові води слабо фільтруються, накопичуються, рівень їх підвищується.

Будівельна діяльність людини істотно позначається на положенні рівнів ґрунтових вод. Водоймища, ставки, системи зрошення, судноплавні канали та багато інших споруд інтенсивно підвищують рівні ґрунтових вод, приводять до формування горизонтів верховодок. При проектуванні такого типу споруд необхідно передбачати можливий вплив підземних вод на раніше побудовані споруди.

В областях поширення лесових порід на площадках житлових районів і особливо на ділянках промислових споруд рівень ґрунтових вод із часом, як правило, підвищується. Це пов'язано з витокami води з водопровідних і каналізаційних систем, зменшенням випару води внаслідок забудови території та ін. У тих випадках, коли лесові основи підстилаються добре проникними породами (піски, галечники та ін.), накопичення ґрунтових вод не відбувається, однак у самій лесовій товщі, принаймні, у її верхній частині, можливе формування верховодок.

Різне зниження рівня ґрунтових вод викликають різні відкачки (з колодязів, свердловин, шахт та ін.). Це може знижувати рівні на великих територіях.

Якість ґрунтових вод оцінюється кількістю та видом солей, а також присутністю різних домішок органічного характеру. У силу різних причин склад ґрунтових вод із часом може змінюватися. У першу чергу це відбивається на питній оцінці підземних вод.

Найпоширенішими причинами, що викликають зміни якості ґрунтових вод, є:

– фільтрація води через породи різного складу, наприклад, то через піски, то через засолені суглинки;

– інтенсивна відкачка води, що приводить до засмокування, наприклад, солоної води з інших горизонтів;

– за рахунок зменшення кількості атмосферних опадів у суху пору року мінералізація води збільшується;

– виробнича діяльність людини, що призводить до проникнення в підземні води шкідливих домішок мінерального й органічного характеру.

6.3. Карти ґрунтових вод

При проектуванні і будівництві споруд для виявлення характеру поверхні (дзеркала) ґрунтових вод складається карта гідроізогіпс. Гідроізогіпсами називаються лінії, що з'єднують точки з рівними абсолютними відмітками дзеркала ґрунтових вод. Ці лінії аналогічні горизонталям рельєфу місцевості і подібно до них відображають рельєф дзеркала ґрунтових вод. Для побудови карти гідроізогіпс заміряють рівні ґрунтових вод в свердловинах, які на досліджуваній території розташовують по сітці. Рівні води перераховують на абсолютні позначки і по ним на топографічній карті проводять горизонталі поверхні ґрунтових вод. Як і горизонталі топографічної карти, гідроізогіпси будують методом інтерполяції або за допомогою палеток, причому перетин їх залежить від масштабу карти і числа нанесених на ній точок спостереження (відміток рівня) (рис. 6.9).

По карті гідроізогіпс можна визначити наступні необхідні для практики дані:

- напрямок течії і ухил ґрунтового потоку;
- глибину залягання ґрунтових вод в будь-якій точці і на будь-якій ділянці;
- потужність водоносного горизонту;
- характер залягання ґрунтових вод і співвідношення його з рельєфом поверхні;
- швидкість руху ґрунтових вод на будь-якій ділянці.

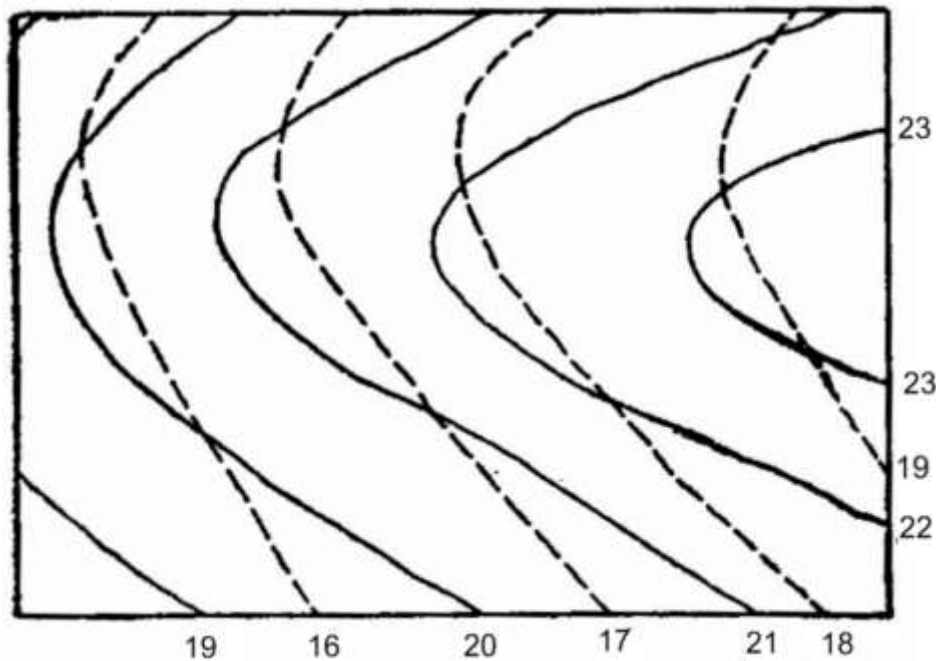


Рис. 6.9. Карта гідроізогіпс та горизонталей рельєфу (гідроізогіпси позначені переривчастою лінією)

Напрямок руху ґрунтових вод визначають шляхом опускання перпендикуляра від гідроізогіпси з більшою відміткою на гідроізогіпсу з меншою відміткою. Напрямок ґрунтового потоку збігається з цим перпендикуляром. Для визначення ухилу потоку по карті гідроізогіпс на площі тієї або іншої ділянки беруть різницю між відмітками крайніх гідроізогіпс на цій ділянці і ділять її на відстані між ними. Глибину залягання ґрунтових вод в будь-якій точці визначають за різницею між відміткою горизонталі поверхні землі і відміткою гідроізогіпси в даній точці.

Швидкість фільтрації води визначається за формулою:

$$V = K \times I,$$

де V – швидкість;

K – коефіцієнт фільтрації;

I – напірний градієнт.

Поверхня ґрунтових вод, як показують інженерно-геологічні дослідження великих площ, здебільшого нерівна, хвиляста. Часто вона повторює рельєф поверхні. Однак таке співвідношення поверхні землі і поверхні ґрунтових вод на окремих ділянках може порушуватися. Глибина залягання ґрунтових вод також залежить від рельєфу місцевості. У річкових долинах, ярах та інших пониженнях рельєфу ґрунтові води знаходяться на порівняно невеликій глибині. У міру підвищення рельєфу глибина залягання ґрунтових вод збільшується. На вододілах і інших височинах глибина залягання може досягати декількох десятків метрів.

6.4. Рух ґрунтових вод. Основний закон руху

Підземні води в більшості випадків знаходяться в русі. Пересуватися підземні води в гірських породах можуть як шляхом інфільтрації, так і фільтрації. При інфільтрації пересування води відбувається при частковому заповненні пор повітрям або водяними парами, що спостерігається в зоні аерації. При фільтрації рух води відбувається при повному заповненні пор або тріщин водою. Маса цієї рухомої води створює фільтраційний потік. Рішення задач про рух підземних вод, вибір методу гідрогеологічного розрахунку і розрахункової схеми виробляють на основі схематизації (спрощення) природних гідрогеологічних умов. При цьому враховують основні особливості фільтраційного потоку підземних вод (характер руху, гідравлічні характеристики, фільтраційні властивості порід, кордони водоносних горизонтів та ін.).

Пересування води в гірських породах залежить в основному від водних властивостей порід і насиченості їх водою. Ненапірні підземні води в зоні повного насичення пересуваються при наявності різниці гідравлічних напорів (рівнів) від місць із більш високим до місць із низьким напором (рівнем). Це можна бачити на рис. 6.10. Різниця напорів $\Delta H = H_1 - H_2$ у перерізах I та II зумовлює рух води в напрямку перерізу II. Швидкість руху ґрунтового потоку залежить від величини різниці напору (чим більше ΔH , тим більше швидкість) і довжини шляху фільтрації l .

Відношення різниці напору ΔH до довжини шляху фільтрації l називають гідравлічним ухилом (або гідравлічним градієнтом I) $I = \Delta H/l$.

Рух ґрунтового потоку у водоносних шарах (галечнику, піску, пісковині, суглинку) має паралельно-струменистий або так званий ламінарний характер і підкоряється закону Дарсі. Ламінарний характер руху води спостерігається також у тріщинуватих породах, але при швидкості руху не більше 300...400 м/добу.

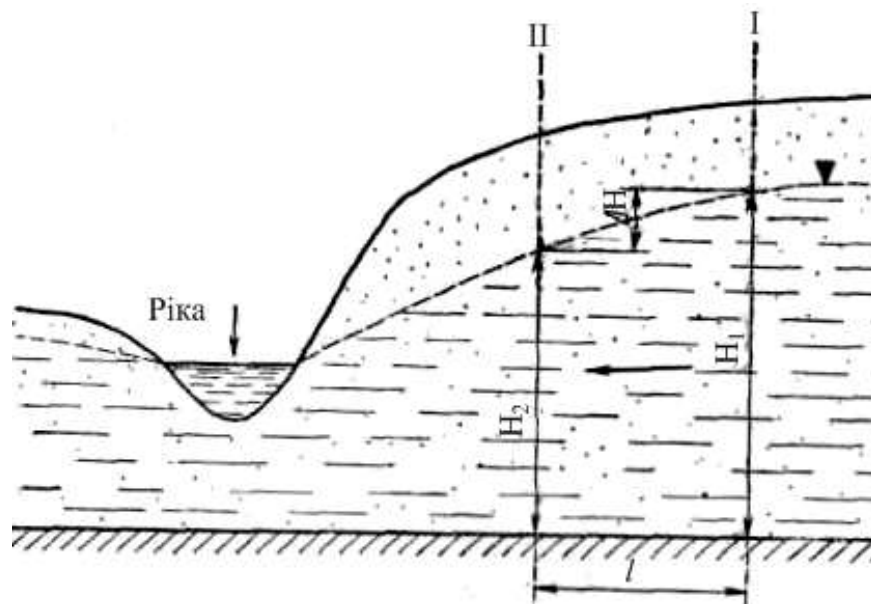


Рис. 6.10. Схема безнапірної фільтрації

При наявності великих пустот і тріщин рух води в породах може носити вихровий або турбулентний характер, але це спостерігається порівняно рідко.

Сучасна теорія руху підземних вод ґрунтується на застосуванні закону Дарсі, що виражається формулою

$$Q = K_{\phi} F \frac{\Delta H}{l} = K_{\phi} F I,$$

де Q – витрата води або кількість фільтрівної води в одиницю часу, м³/добу;

K_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації, м/добу;

F – площа поперечного перерізу потоку води, м²;

ΔH – різниця напорів, м;

l – довжина шляху фільтрації, м.

Розділивши обидві частини рівняння на площу F , і позначивши Q/F через швидкість фільтрації v , одержуємо $v = Q/F$ або $v = K_{\phi} I$.

Рівняння показує, що при ламінарному русі швидкість фільтрації пропорційна напірному градієнту I у першому ступені.

Якщо прийняти $I=1$, то рівняння $v = K_{\phi} I$ одержить вид $v = K_{\phi}$, тобто при напірному градієнті $I=1$ коефіцієнт фільтрації чисельно дорівнює швидкості фільтрації. У силу цього його розмірність та ж, що й швидкість руху води (м/добу, см/с та ін.).

Швидкість фільтрації (або ламінарного потоку) за формулою $v = Q/F$ не відповідає дійсній швидкості води в породі. Це пов'язано з тим, що у формулу входить величина F , що відбиває весь переріз фільтрівної породи, а вода, як відомо, тече лише через частину перерізу, рівну площі пор і тріщин породи. Тому величина v є уявленою.

Дійсну швидкість води v_0 визначають із урахуванням пористості породи

$$v_0 = \frac{Q}{Fn},$$

де n – пористість, виражена в частках одиниці.

Зіставивши формули $v = K_{\phi}$ та $v_o = \frac{Q}{Fn}$, можна встановити, що $v_o = v/n$.

Формула швидкості води $v_o = \frac{Q}{Fn}$ у цьому вигляді у свою чергу правомірна лише для пісків і великоуламкових порід, де всі пори відкриті й вода має повну свободу руху. У глинистих породах частина пор закриті й вода пересувається тільки через відкриті пори, тому у формулу вводять не n , а $n_{акт}$ (активну пористість)

$$n_{акт} = nW_{м.м.в.} \gamma_{к.},$$

де $W_{м.м.в.}$ – максимальна молекулярна вологоємність (у частках одиниці);

$\gamma_{к.}$ – щільність кістяка.

Коефіцієнт фільтрації. Майже в усі формули, використовувані в гідрогеології, входить коефіцієнт фільтрації. Величину K_{ϕ} необхідно визначати залежно від точності розрахунку тих або інших формул.

Для орієнтовних підрахунків, наприклад, притоку води в траншею або котлован, можна використовувати дані, що приводяться в літературі (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Орієнтовні значення коефіцієнта фільтрації порід (за М.М. Біндерманом)

Порода	Коефіцієнт фільтрації, м/добу
Суглинок	Менш 0,05
Пісковина	0,1...5
Лес	0,05...0,5
Пісок пилюватий	0,5...1
Пісок дрібнозернистий	1...5
Пісок середньозернистий	5...20
Пісок крупнозернистий	20...50
Гравій	50...150
Галечник крупний	100...1000

В інших випадках буває необхідно одержати більше достовірні значення коефіцієнта фільтрації. Для цього існують різні методи, які можна розділити на

три групи: розрахункове, лабораторні й польові. Найбільш точні значення K_ϕ можна одержати за допомогою польових методів, наближені значення – розрахунковим шляхом.

Розрахунковим шляхом коефіцієнт фільтрації визначається, головним образом, для пісків. Для цього використовується одна з численних емпіричних формул, що зв'язують K_ϕ породи з її гранулометричним складом. Відомі формули Хазена, Замаріна, Терцагі та ін. Найбільш простою формулою є $K_\phi = 1500d_{10}^2$, м/добу, де d_{10} – діючий діаметр, мм, тобто d_{10} відповідає тому діаметру часток, дрібніше яких у піску втримується 10% від загальної його ваги.

Напрямок, швидкість і витрата потоку ґрунтових вод. На різних будівельних або господарських площадках при рішенні практичних завдань по водопостачанню або пристрою дренажів майже завжди необхідно знати напрямок і швидкість руху ґрунтових вод. Визначення напрямку й швидкості руху ґрунтових вод (дійсної швидкості v_d) виробляється в польових умовах за допомогою різних способів і індикаторів.

Напрямок потоку. Ґрунтові води роблять складні рухи залежно від місцевих геологічних умов, рельєфу місцевості та інших факторів. Розрізняють потоки плоскі, радіальні (збіжні й розбіжні) та криволінійні (рис. 6.11).

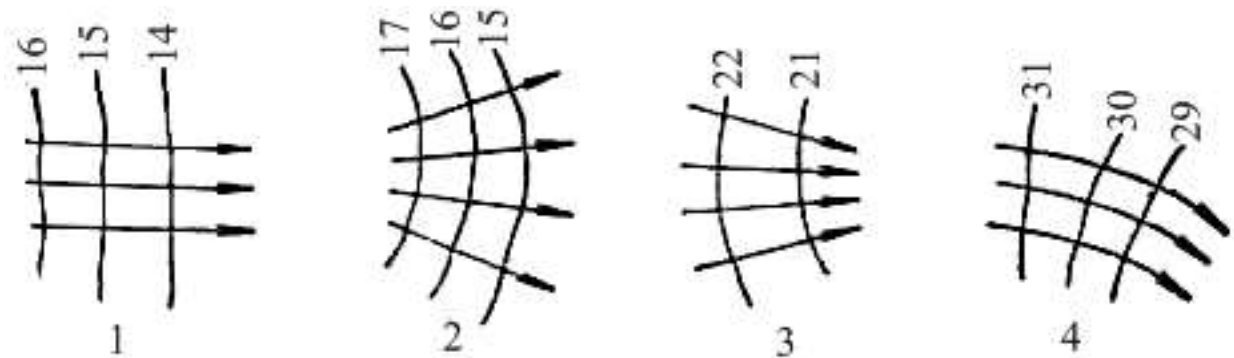


Рис. 6.11. Форма потоків ґрунтових вод: 1 – плоский; 2 – радіальний (розбіжний); 3 – радіальний (збіжний); 4 – криволінійний

При визначенні напрямку потоків варто пам'ятати, що встановлений напрямок може бути справедливий лише для порівняно обмеженої території

(ділянки). Нижче приводяться деякі способи визначення напрямку руху ґрунтових вод.

За картою гідроізогіпс напрямлення потоку установлюється за висотними відмітками гідроізогіпс (рис. 6.12).

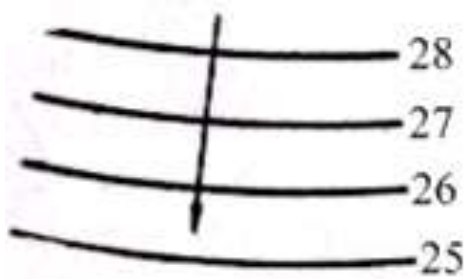


Рис. 6.12. Визначення напрямку потоку за картою гідроізогіпс

Більш точні дані для окремої ділянки одержують методом трьох свердловин. Беруть відмітки рівнів води трьох свердловин, розташованих на вершинах рівностороннього трикутника, наприклад, 128, 138 і 126 м (рис. 6.13).

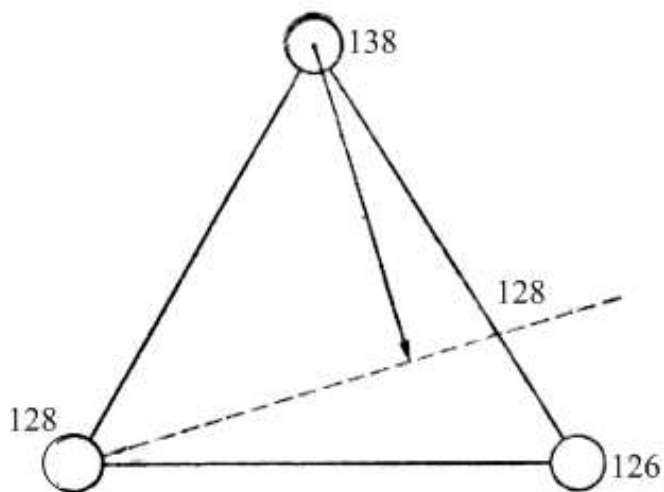


Рис. 6.13. Визначення напрямку потоку за трьома свердловинами

Між найбільшою й найменшою відміткою, тобто 138 і 126 м шляхом лінійної інтерполяції знаходять точку з відміткою води 128 м. Дві однакові відмітки з'єднують лінією. На цю лінію з найбільшої відмітки опускають перпендикуляр, що і вказує напрямок потоку води.

Для визначення напрямку руху потоку використовують метод барвників (або солей). Для цього необхідно мати кілька свердловин. У центральну

свердловину (дослідну) вводять сильний органічний барвник (для кислих вод, наприклад, метиленовий блакитний, лужних – флюоресцеїн та ін.). Поява барвника в одній зі спостережливих свердловин указує напрямок потоку води.

Швидкість руху ґрунтової води. Рух води в породі відбувається з неоднаковою швидкістю. Тому, при розгляді питань про рух підземних вод, можна говорити лише про їхню середню швидкість руху. Знаючи напрямок руху потоку ґрунтових вод, можна визначити швидкість їхнього руху. Для цього використовують методи барвників (солей) і електрометрію.

Крім вищевказаних методів швидкість води можна визначати за допомогою карти гідроізогіпс, використовуючи формулу $v = K_{\phi} I$. Для цього по карті необхідно встановити гідравлічний градієнт I та знати (або визначити) величину K_{ϕ} для порід ділянки, яка цікавить.

Контрольні питання до перевірки

1. Дати визначення поняття «підземні води».
2. Як називається наука про підземні води, їхнє походження, умови залягання, закони руху, фізичні і хімічні властивості, зв'язок з атмосферними й поверхневими водами?
3. Перерахувати основні класифікації підземних вод.
4. Як класифікуються підземні води залежно від походження?
5. Охарактеризувати умови утворення верховодки.
6. Якими ознаками характеризуються ґрунтові води?
7. Охарактеризувати міжпластові води.
8. За якими ознаками підрозділяють міжпластові води?
9. Умови утворення напірних міжпластових вод.
10. Дати визначення поняття «режим ґрунтових вод».
11. Назвати фактори, що впливають на рівень і якість ґрунтових вод.
12. Дати визначення поняття «гідроізогіпса», «карта гідроізогіпс».

13. З якою метою виробляється побудова карти гідроізогіпс?
14. Якому закону підкоряється рух ґрунтового потоку?
15. Який характер має рух ґрунтового потоку?
16. Як визначається напрямок потоків ґрунтових вод?
17. Як розрізняються потоки ґрунтових вод?
18. Назвати способи визначення напрямку руху ґрунтових вод?
19. Назвати методи визначення швидкості руху ґрунтових вод.
20. Що називається витратою потоку?

ТЕМА 7

ГЕОЛОГІЧНІ ТА ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ЯВИЩА

План:

- 7.1. Тектонічні рухи в земній корі
- 7.2. Сейсмічні явища. Землетруси
- 7.3. Екзогенні процеси
 - 7.3.1. Процеси вивітрювання
 - 7.3.2. Геологічна діяльність вітру
 - 7.3.3. Геологічна діяльність атмосферних опадів
 - 7.3.4. Геологічна діяльність річок
 - 7.3.5. Геологічна діяльність в болотах
 - 7.3.6. Рух мас гірських порід на схилах рельєфу
 - 7.3.7. Геологічна діяльність підземних вод
 - 7.3.8. Просадність лесових ґрунтів

Залежно від джерел енергії всі геологічні та інженерно-геологічні процеси діляться на ендогенні (внутрішні), обумовлені енергією, що виділяється Землею і екзогенні, що змінюють верхню частину земної кори, її рельєф (просадки, карст, суфозія, пливунів та ін.).

При вивченні геологічних процесів особливу увагу слід приділяти причин їх виникнення, розвитку в часі, кількісній оцінці, вибору заходів, що усувають їх шкідливий вплив на будівництво і нормальну роботу будівель і споруд.

Ендогенними процесами називаються геологічні процеси, походження яких пов'язане із глибокими надрами Землі, зі складними фізико-механічними й фізико-хімічними перетвореннями речовини. На поверхні Землі постійно виникають гірські системи й океанічні западини. Процеси, які приводять до їх утворення, викликані внутрішніми силами Землі й називаються процесами внутрішньої динаміки Землі (ендогенні процеси).

Найбільше чітко ендогенні процеси виражаються в явищах магматизму, під якими розуміються процеси, пов'язані з переміщенням магми у верхні шари земної кори та на її поверхню.

Другим видом ендогенних процесів є землетруси, що проявляються у вигляді короткочасних поштовхів або струсів.

Третім видом ендогенних процесів є коливальні рухи.

Вигляд поверхні Землі постійно змінюється. Процеси, що змінюють вигляд Землі, вивчає динамічна геологія.

Гірські системи під дією сонця, води й вітри постійно руйнуються. Западини заносяться уламками зруйнованих порід. Процеси, які діють на поверхні Землі й прагнуть згладити її нерівності й вирівняти рельєф, називаються процесами зовнішньої динаміки Землі (екзогенні процеси).

Ендогенні й екзогенні процеси діють одночасно й постійно. Там, де переважають процеси внутрішньої динаміки, панують гори, а там, де протягом тривалого часу після горотворення діють процеси зовнішньої динаміки, розкинулися великі рівнини. Зміни в співвідношенні між внутрішніми й зовнішніми силами створюють всю розмаїтість структури земної кори й форм на її поверхні.

7.1. Тектонічні рухи в земній корі

На поверхні Землі постійно виникають гірські системи і океанічні западини. Процеси, які призводять до їх утворення, викликані внутрішніми силами Землі (землетрусу, вулканізм) і називаються процесами внутрішньої динаміки Землі. Рухи земної кори, пов'язані з цими процесами, називають тектонічними, вони викликають зміна залягання геологічних шарів. Тектоніка – наука, вивчає рух земної кори, форми залягання, створювані цими рухами і історію їх розвитку. Вона вивчає структурні утворення Землі в їх русі і розвитку. Розрізняють тектонічні рухи – повільний коливальний рух земної кори, складчастий і розривний рух.

Процеси гороутворення на земній поверхні протікають постійно, але проявляється це у вигляді повільних, непомітних для ока рухів земної кори (епохи спокою) або у вигляді інтенсивних бурхливих процесів (епохи тектонічних революцій або гороутворення й складчастості).

Термін «тектонічні явища» має широке застосування при характеристиці умов залягання порід і їх стану. Гороутворення змінює первісні умови залягання порід, викликає появи тріщин, роздрібнює породи, переміщає з місця на місце матеріал земної кори.

Земна кора має різну рухливість. Основною частиною земної кори є платформи, між ними розташовуються геосинклінали.

Колівальні тектонічні рухи – вертикальні рухи земної кори невеликої амплітуди, які полягають у повільному піднятті й опусканні.

Окремі ділянки платформи протягом багатьох десятиліть (століть, тисячоліть) піднімаються, інші в цей же час опускаються. Згодом підняття змінюються опусканнями, і навпаки. Колівальні рухи не змінюють первісних умов залягання порід, але геологічне їхнє значення величезне. Від них залежить інтенсивність накопичення осадів, положення границь між сушею та морями, обміління або посилення діяльності рік, що розмиває, і багато чого іншого.

Розрізняють наступні види коливальних рухів: минулих геологічних

періодів, новітні та сучасні. Коливальні рухи минулих геологічних періодів виявляються в перервах відкладень осадів, у зміні складу шарів у вертикальному й горизонтальному напрямках, у перерозподілі суші й моря.

Коливальні рухи можуть бути позитивними і негативними, так як одна і та ж ділянка може відчувати спочатку коливальні рухи одного знаку, потім іншого. Порушення залягання гірських порід при цьому не відбувається (монокліналі).

Коливальні рухи складаються з піднять і опускань суші. Найбільш інтенсивними підняттями охоплена Північна частина Європи (Фінляндія, Скандинавія, Нова Земля). Територія Фінляндії за 100 років збільшилася на 700 км². Найбільшим опусканням схильна Голландія, 2/5 її території поширені нижче рівня моря.

У районах піднять море відступає (регресія моря), морське дно стає сушею. При опусканні місцевості море наступає (трансгресія моря). На цій ділянці накопичуються морські осади.

Новітні коливальні рухи відносяться до четвертинного періоду та кінця неогену. Про них судять по висоті морських терас, затопленню морем усть рік, що приводить до утворення лиманів і губ, підняття й опусканню русел рік.

Сучасні коливальні рухи відбуваються в історичний період і в цей час. Про їхній прояв судять за історичними документами, археологічними даними, геодезичними спостереженнями. Сучасні коливальні рухи охоплюють всю поверхню землі. Новітні й сучасні тектонічні рухи земної кори вивчає наука неотоніка. Для інженерної геології особливий інтерес представляють сучасні коливальні рухи, що викликають зміну висот поверхні землі в даному районі. Їх необхідно враховувати при будівництві гідротехнічних споруд типу водоймищ, гребель, морських портів, а також міст у моря та ін.

Складчасто-розривні рухи властиві геосинкліналям і викликають зміну первісного залягання й стану порід. Горизонтальні пласти одержують згини, розриви, окремі їх частини зміщаються по тріщинах розривів. Порушення первісних форм залягання порід одержало назву дислокації.

Залягання гірських порід. Елементи, форми та сполучення шарів осадових порід

Головною ознакою осадових порід є шаруватість, що утворюється в процесі періодичного накопичення осадів і являє собою послідовне чергування різних гірських порід у вигляді шарів.

У складі шару може бути мікروشаруватість, що відбиває залежність осадонакопичення від зміни сезонів на суші. Мікروشаруватість характерна для озерних порід, зустрічається серед річкових і іноді морських відкладень.

При різкому розходженні шарів по їхньому складу, наприклад, вапняку та піску, шари називають пластами. У цих випадках шари звичайно обмежені із двох сторін чітко вираженими поверхнями, які прийнято називати площинами напластування.

До елементів шару (рис. 7.1) відносять площини нашарування, з яких верхня називається покрівлею, нижня – підшовою. Відстань між покрівлею й підшовою називають потужністю шару (пласту).

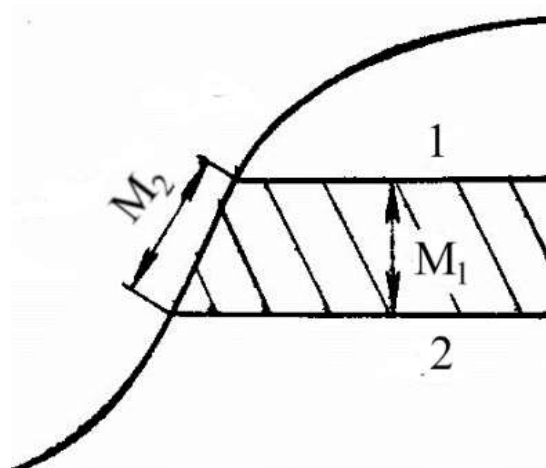


Рис. 7.1. Елементи шару: 1 – покрівля; 2 – підшова; M_1 – істинна потужність; M_2 – гадана потужність

Для того, щоб при огляді природних оголень не допускати помилок, розрізняють потужність істинну та гадану (рис. 7.1). Істинна являє собою найкоротшу відстань між покрівлею та підшовою шару, а гадана – спостережувана безпосередньо в оголенні.

Форма шарів. Умови осадонакопичення досить різноманітні. Осади накопичуються в морях, озерах, у процесі діяльності рік та ін. Це зумовлює утворення шарів різної форми в плані та по вертикалі (рис. 7.2). Нормальними називають шари великої потужності та довжини. Покрівля в них паралельна підшві.

Для лінз характерно різке падіння потужності від центра до периферії на порівняно невеликій площі. Часто зустрічаються шари з виклинцюванням, пережимами, у вигляді пропластків, яким властива невелика потужність, але велика довжина, і прошарків, що мають обмежене поширення й невелику потужність.

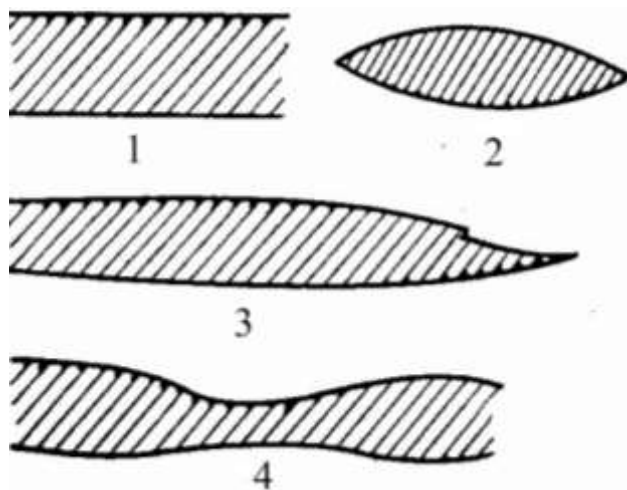


Рис. 7.2. Форма шарів осадових порід: 1 – нормальний шар; 2 – лінза; 3 – шар з виклинцюванням; 4 – з пережимом

Сполучення шарів. Накопичення осадів є тривалим процесом, який відбувається на фоні палеогеографічної і тектонічної обстановки, що постійно змінюється. За особливостями процесу осадонакопичення формуються два основних типи співвідношення шарів або їх сукупності: згідне (узгоджене) та незгідне (неузгоджене).

Згідне (узгоджене) нашаруванням шарів відображає безперервність процесу накопичення опадів і відсутність у ньому різких і тривалих перерв. При згідному заляганні границі шарів паралельні між собою, а зміна складу вказує на поступову закономірну зміну умов накопичення осадів.

При цьому всередині шарів може спостерігатися непаралельна орієнтування меж окремих дрібних прошарків та шарів (коса, хвиляста шаруватість).

Первинне залягання осадів при відповідному заляганні може бути горизонтальним, похилим або складчастим (рис. 7.3).

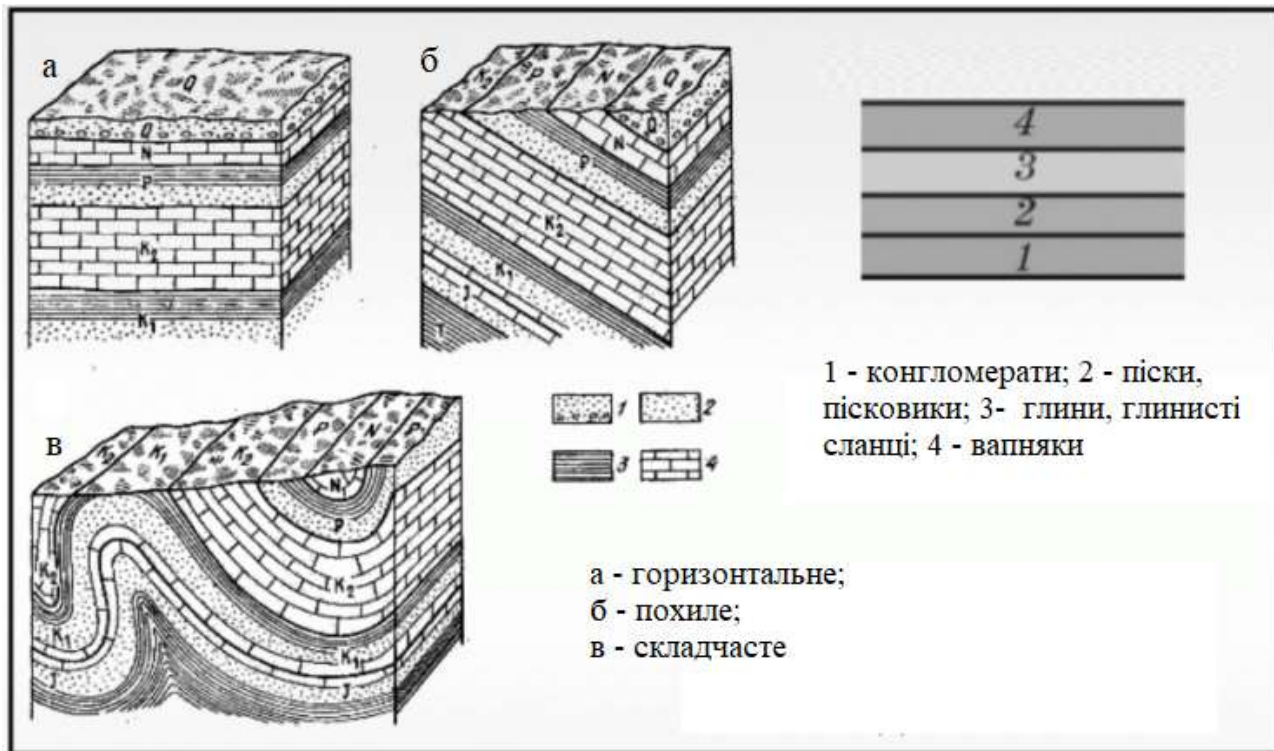


Рис. 7.3. Згідне залягання осадових порід

Незгідне (неузгоджене) залягання відображає перерву осадонакопичення, яка фіксується по різкій зміні складу осадів і зміну їх первинного залягання. Перерва в осадонакопиченні нерідко супроводжується розмивом раніше утворених осадів і формуванням поверхні неузгодження що являє собою поверхню древнього наземного або підводного рельєфу.

Розрізняють два види незгодного залягання: стратиграфічне та тектонічне. У стратиграфічному виділяється паралельна, азимутальна та кутова незгода.

Паралельна незгода характеризується паралельним орієнтуванням шарів, що сформувалися до і після перерви (рис. 7.3). На поверхні незгоди в основі нової серії осадів залягають, зазвичай, грубоуламкові утворення, що містять уламки порід нижчої товщі. До такого типу осадів належать конгломерати та брекчії. Однією з форм паралельної незгоди є прихована незгода, для якої характерна

відсутність чітко вираженої поверхні незгоди та слідів розмиву та денудації.

Кутова незгода виявлена у перерві осадонакопичення між двома товщами шарів, що мають різний кут нахилу. У цьому випадку поверхня незгоди під кутом перетинає нижні шари (старіші) і розташовується паралельно нашаруванню верхньої, молодшої товщі. Ці співвідношення спостерігаються як на поверхні, і у вертикальних розрізах (рис. 7.4, 7.5).

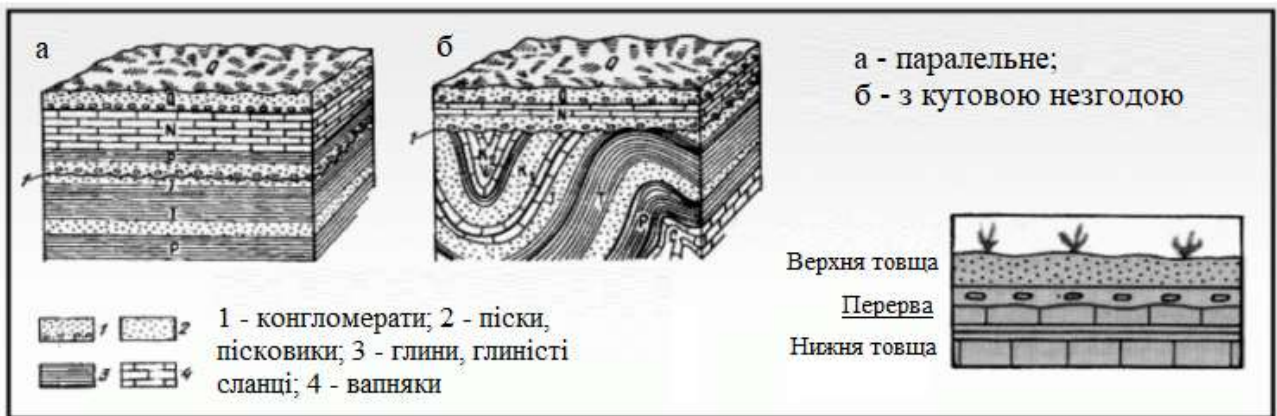


Рис. 7.4. Незгідне залягання осадових порід

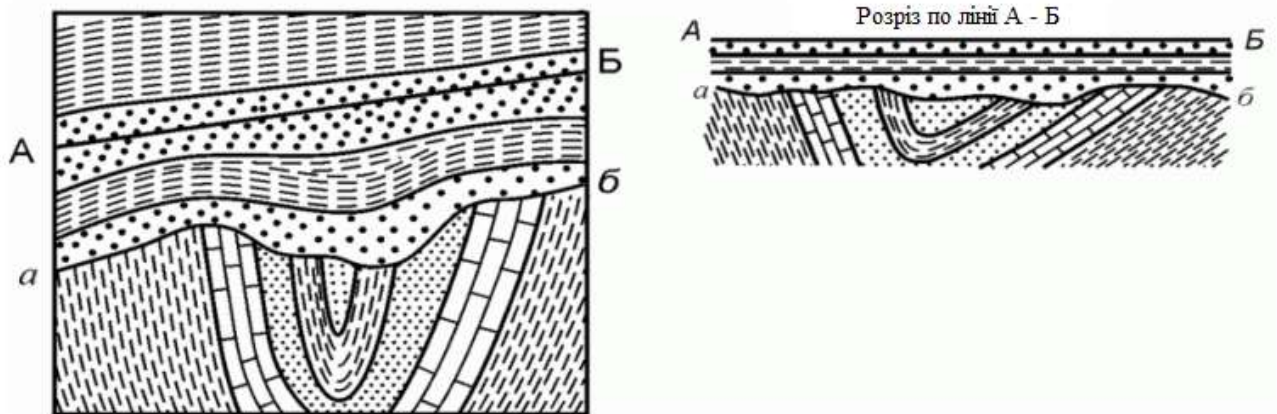


Рис. 7.5. Кутова незгода на плані та геологічному розрізі

Осадіві породи спочатку залягають горизонтально або майже горизонтально. Це положення зберігається навіть при коливальних рухах земної кори.

Тектонічні рухи виводять шари з горизонтального положення, порушують їхнє первісне залягання. Виникають дислокації.

Дислокації залежно від виду тектонічних рухів розділяють на складчасті й розривні.

Складчасті дислокації. Всі форми дислокацій утворюються без розриву суцільності шарів (пластів). Це є їх характерною рисою. До складчастих дислокацій відносяться монокліналь, складка та флексура.

Монокліналь є найпростішою формою порушення первісного залягання порід і виражається в загальному нахилі шарів стосовно горизонту (рис. 7.6). Розрізняють шари слабо нахилені ($0...16^\circ$), полого нахилені ($16...31^\circ$), сильно нахилені ($31...76^\circ$), круті ($76...81^\circ$) і поставлені на голову ($81...90^\circ$).

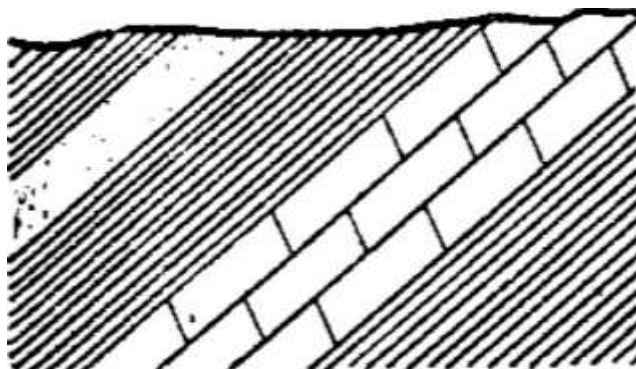


Рис. 7.6. Монокліналь

Складка являє собою один суцільний перегин шарів, що виникає в результаті впливу на породи тангенціальних тектонічних сил. Виділяють два головних типи: антикліналь – складка, звернена своєю вершиною нагору; і синкліналь – вершина, звернена вниз (рис. 7.7). Боки складок називають крилами, а вершину – замком. В антикліналях замок одержав найменування сідла, а в синкліналях – мульди. Виділяють також вісь складки.

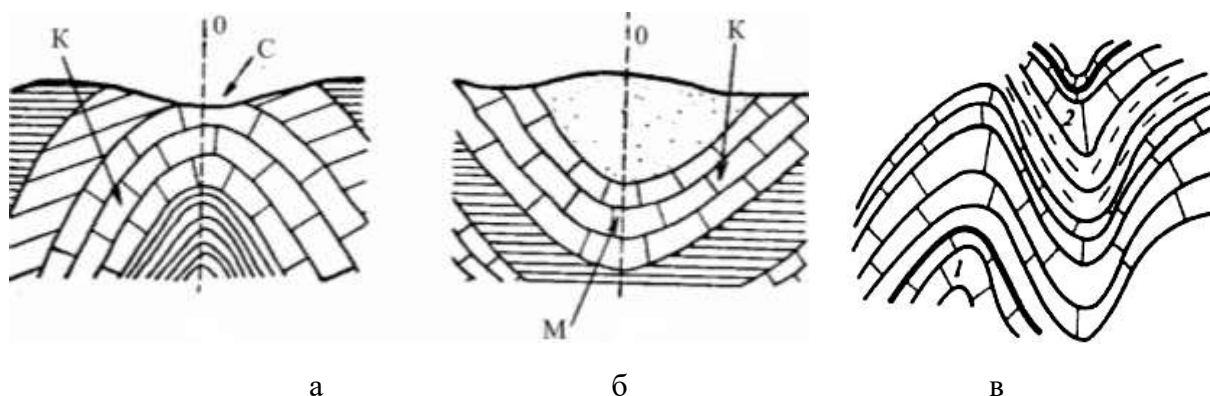


Рис. 7.7. Складки та їхні елементи: а – антикліналь; б – синкліналь; в – сполучення антикліналі (1) та синкліналі (2); К – крило; О – вісь складки; С – сідло; М – мульда

Залежно від форми й кута нахилу крил і положення осьової площини складки ділять на прямі, косі, лежачі, перекинуті, а також віялоподібні, сундучні та ін. (рис. 7.8).

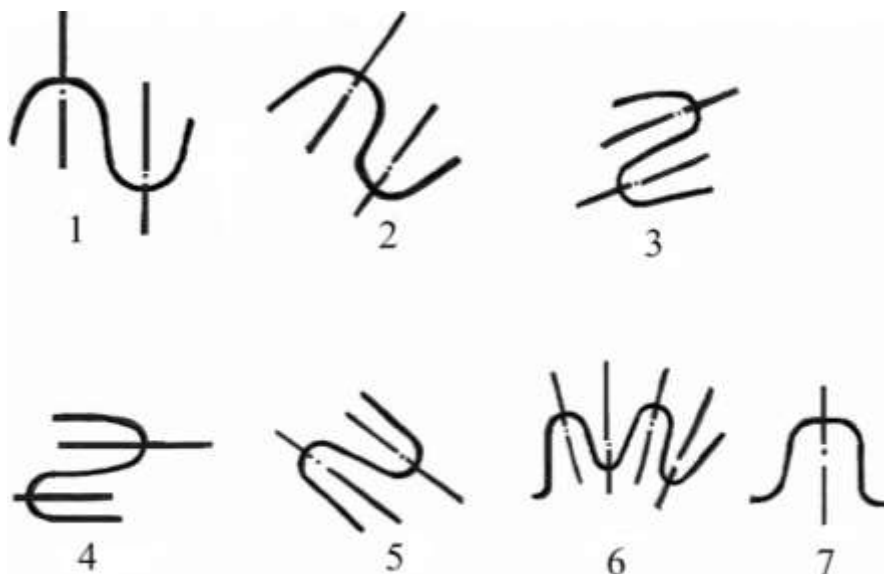


Рис. 7.8. Форми складок: 1 – пряма; 2, 3 – похила; 4 – лежача; 5 – перекинута; 6 – віялоподібна; 7 – сундучна

Флексура являє собою коліноподібну складку, що утворилася при зсуві однієї частини товщі порід щодо іншої без розриву суцільності (рис. 7.9).

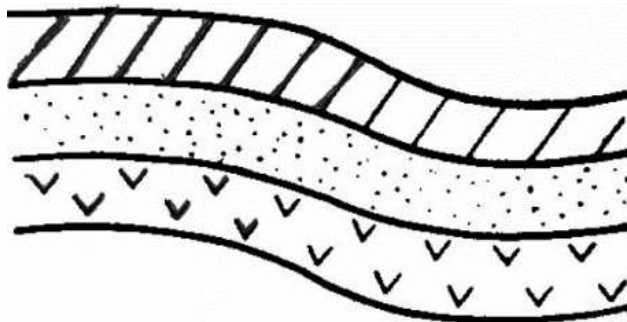


Рис. 7.9. Флексура

При оцінці будівельних майданчиків зі складчастими дислокаціями слід пам'ятати, що породи в (вершинах складок завжди тріщинуваті, а іноді навіть роздроблені.

Розривні дислокації виникають у результаті інтенсивних тектонічних рухів, які приводять до розриву суцільності порід і зсуву розірваних частин шарів одна відносно одної (рис. 7.10).

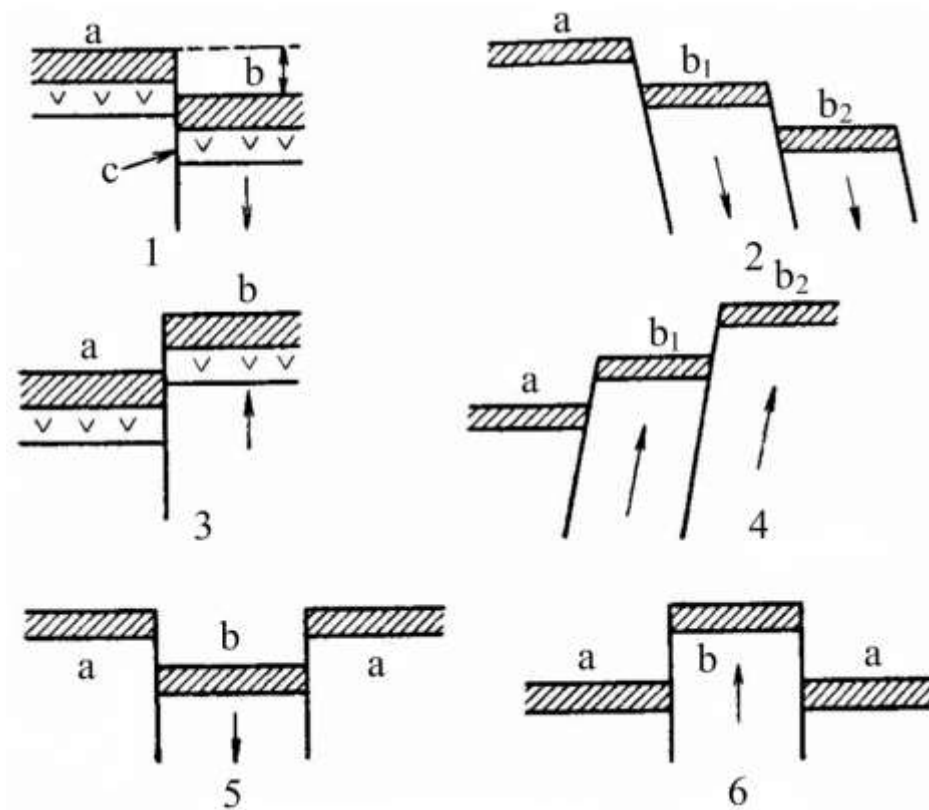


Рис. 7.10. Форми розривних дислокацій, утворених вертикальними переміщеннями шарів: 1 – скид; 2 – східчастий скид; 3 – підкид; 4 – східчастий підкид; 5 – грабен; 6 – горст; а – нерухома частина товщі; b – зміщена частина; с – площина розриву

Зсув відбувається по площині розриву, що проявляється у вигляді тріщин. Величина амплітуди зсуву буває різною – від сантиметрів до кілометрів (при ширині тріщин – від сантиметрів до метрів). Тріщини майже завжди виявляються заповненими уламками руйнування гірських порід.

До розривних дислокацій відносять скиди та підкиди, горсти та грабени, зсуви та насуви.

Скид утворюється в результаті опускання однієї частини товщі порід щодо іншої (рис. 7.10). Якщо при розриві відбувається підняття, то утворюється **підкид**. Іноді на одній ділянці утворюється серія розривів, що слідує один за одним. У цьому випадку виникають східчасті скиди (або підкиди).

Грабен виникає, коли ділянка земної кори опускається між двома великими розривами (рис. 7.10). Таким шляхом утворилися Байкал і западина, де розташовується Червоне море.

Горст – форма, зворотна грабену (рис. 7.10).

Зсув та **насув** на відміну від попередніх форм розривних дислокацій виникають при зсувах товщ порід у горизонтальній (зсув) і по порівняно похилій (насув) площини (рис. 7.11). У результаті насуву молоді відкладення можуть бути перекриті породами більше древнього віку.

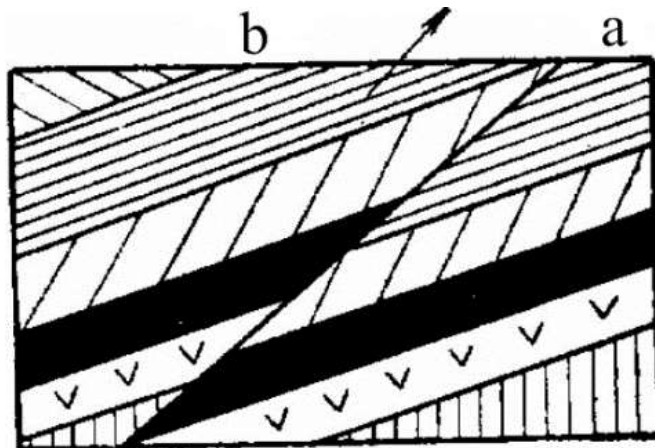


Рис. 7.11. Схема насуву

7.2. Сейсмічні явища. Землетруси

Сейсмічні явища проявляються у вигляді пружних коливань земної кори. Це грізне явище природи типове районам геосинкліналей, де активно діють сучасні гірськотвірні процеси.

Найбільш виразна дія внутрішніх сил Землі виявляється в явищі землетрусів, під якими розуміються струси земної кори, викликані зсувами гірських порід у надрах Землі.

Землетрус – явище достатньо розповсюджене. Воно спостерігається на багатьох ділянках материків, а також на дні океанів і морів (в останньому випадку говорять про «моретрус»).

Міжнародна мережа спостережень за землетрусами реєструє навіть самі віддалені й малопотужні з них.

Землетруси можна підрозділити на ендегенні, пов'язані із процесами, що відбуваються в глибині Землі, і екзогенні, залежні від процесів, що відбуваються поблизу поверхні Землі.

До ендегенних землетрусів відносяться вулканічні землетруси, викликані процесами виверження вулканів, і тектонічними, обумовленими переміщенням речовини в глибоких надрах Землі.

До екзогенних землетрусів відносяться землетруси, що відбуваються в результаті підземних обвалів, пов'язаних з карстовими та деякими іншими явищами, вибухами газів та ін. Екзогенні землетруси можуть викликатися також процесами, що відбуваються на самій поверхні Землі: обвалами скель, ударами метеоритів, падінням води з великої висоти та іншими явищами, а також факторами, пов'язаними з діяльністю людини (штучними вибухами, роботою машин та ін.).

Генетично землетруси можна класифікувати в такий спосіб:

I. Природні

Ендегенні: а) тектонічні; б) вулканічні.

Екзогенні: а) карстово-обвальні; б) атмосферні; в) від ударів хвиль, водоспадів та ін.

II. Штучні

а) від вибухів; б) від артилерійської стрілянини; в) від штучного обвалення гірських порід; г) від транспорту та ін.

У курсі геології розглядаються тільки землетруси, пов'язані з ендегенними процесами.

В Україні землетруси неодноразово виникали в Криму.

Тектонічні сейсмічні явища виникають як на дні океанів, так і на суші. У зв'язку із цим розрізняють моретруси (цунамі) і землетруси.

Подібні хвилі досить часто виникають при моретрусах, вони називаються цунамі. Швидкість поширення цих хвиль коливається від 20 до 300 м/с у залежності від глибини океану висота хвиль досягає 30 м.

Моретруси (цунамі) виникають у глибоких океанічних западинах Тихого, рідше Індійського й Атлантичного океанів.

Від цунамі найчастіше страждають Японські, Індонезійські, Філіппінські й

Гавайські острови, а також тихоокеанське узбережжя Південної Америки.

Сейсмічні хвилі та їх вимір. Ковзанню порід уздовж розлому спочатку перешкоджає тертя. Внаслідок цього, енергія, що викликає рух, накопичується у формі пружних напружень порід. Коли напруга досягає критичної точки, що перевищує силу тертя, відбувається різкий розрив порід з їхнім взаємним зсувом; накопичена енергія, звільняючись, викликає хвильові коливання поверхні землі – землетруси. Землетруси можуть виникати також при зминанні порід у складки, коли величина пружного напруження перевершує межу міцності порід, і вони розколюються, утворюючи розлам.

Сейсмічні хвилі, породжувані землетрусами, поширюються в усі сторони від осередку подібно звуковим хвилям. Точка, у якій починається рух порід називається *фокусом*, *осередком* або *гіпоцентром*, а точка на земній поверхні над осередком – *епіцентром* землетрусу (рис. 7.12).

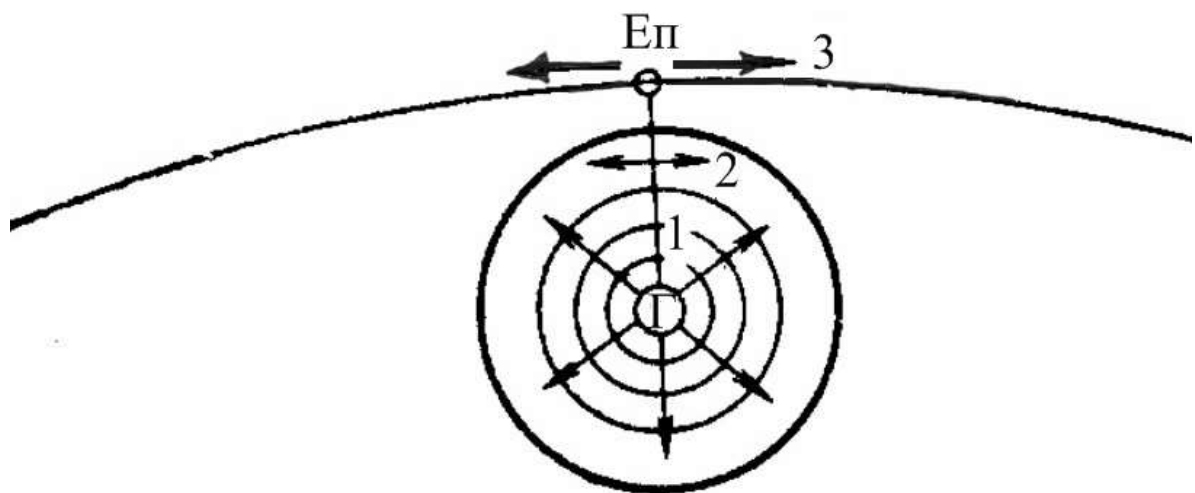


Рис. 7.12. Гіпоцентр (Г), епіцентр (Еп) і сейсмічні хвилі: 1 – поздовжні (Р-хвилі); 2 – поперечні (S-хвилі); 3 – поверхневі (L-хвилі)

За глибиною залягання гіпоцентру розрізняють землетруси поверхневі – від 1 до 10 км глибини, корові – 30...50 км і глибокі (або плутонічні) – від 100...300 до 700 км. Останні перебувають уже в мантії землі та пов'язані з рухами, що відбуваються в глибинних зонах планети. Такі землетруси спостерігалися на Далекому Сході, в Іспанії й Афганістані. Найбільш руйнівними є поверхневі й корові землетруси.

Безпосередньо над гіпоцентром на поверхні землі розташовується епіцентр. На цій ділянці струс поверхні відбувається в першу чергу й з найбільшою силою.

Ударні хвилі поширюються в усі сторони від осередку, у міру видалення від нього їхня інтенсивність зменшується.

Швидкості сейсмічних хвиль можуть досягати 8 км/с.

Від гіпоцентру в усі сторони розходяться сейсмічні хвилі, що по своїй природі є пружними коливаннями. Розрізняють два основних типи хвиль: *поздовжні й поперечні*. Хвилі стиску (1), або поздовжні сейсмічні хвилі, викликають коливання часток порід, крізь які вони проходять, уздовж напрямку поширення хвилі, спричиняючись чергування ділянок стиску й розширення в породах. Вони поширюються у всіх середовищах – твердих, рідких і газоподібних. Швидкість їх залежить від речовини порід. Хвилі стиску також називають *первинними* (Р-хвилі). Швидкість Р-хвилі дорівнює швидкості звуку у відповідній гірській породі. При частотах Р-хвиль, більших 15 Гц, ці хвилі можуть бути сприйняті на слух як підземний гул і гуркіт.

Хвилі зсуву (2), або поперечні сейсмічні хвилі, змушують частки порід коливатися перпендикулярно напрямку поширення хвилі. Хвилі зсуву також називають *вторинними* (S-хвилі). Поширюються тільки у твердому середовищі й викликають у породах деформації зсуву. Швидкість поширення хвиль стиску в 1,7 рази більше швидкості хвиль зсуву, тому їх першими реєструють сейсмічні станції.

На поверхні землі від епіцентру в усі сторони розходяться хвилі особливого роду – *довгі або поверхневі* (L-хвилі) (3), що є по своїй природі хвилями тяжкості (подібно морським валам). Швидкість їх поширення більше низка, чим у поперечних. Але саме вони викликають найдужчі руйнування, тому що мають період коливання більше, ніж хвилі поздовжні і поперечні.

Дія сейсмічних хвиль або, інакше кажучи, тривалість землетрусів, звичайно проявляється протягом декількох секунд, рідше хвилин.

Вимір сили й вплив землетрусів. Для оцінки й порівняння землетрусів використовуються шкала магнітуд і шкала інтенсивності.

Інші види землетрусів. Вулканічні землетруси. Вулканічні землетруси – різновид землетрусів, при яких землетрус виникає в результаті високої напруги в надрах вулкану. Причина таких землетрусів – лава, вулканічний газ. Землетруси цього типу слабкі, але тривають довго, багаторазово – тижні й місяці. Проте, небезпеки для людей цього виду землетрус не представляє.

Техногенні землетруси. Останнім часом з'явилися відомості, що землетруси можуть викликатися діяльністю людини. Так, наприклад, у районах затоплення при будівництві великих водоймищ, підсилюється тектонічна активність – збільшується частота землетрусів і їх магнітуда. Це пов'язано з тим, що маса води, накопичена у водоймищах, своєю вагою збільшує тиск у гірських породах, а вода, що просочується, знижує межу міцності гірських порід. Аналогічні явища відбуваються при виїмці великих кількостей породи із шахт, кар'єрів, при будівництві великих міст із привізних матеріалів.

Обвальні землетруси. Землетруси також можуть бути викликані обвалами і великими зсувами. Такі землетруси називаються обвальними, вони мають локальний характер і мають невелику силу.

Землетруси штучного характеру. Землетрус може бути викликаний і штучно: наприклад, вибухом великої кількості вибухових речовин або ж при ядерному вибуху. Такі землетруси залежать від кількості висадженої речовини. Наприклад, при випробуванні КНДР ядерної бомби в 2006 році відбувся землетрус помірної сили, який було зафіксовано в багатьох країнах.

7.3. Екзогенні процеси

Екзогенні процеси представляють процеси зовнішньої динаміки землі (екзодинаміки). Вони викликані переважно зовнішніми впливами на земну кулю й проявляються на її поверхні.

Екзогенні процеси включають зміни, що складаються в безперервних переміщеннях водних і повітряних мас, у циркуляції води, у хімічних і фізичних перетвореннях речовин під впливом реакцій вивітрювання, у руйнуванні, переносі й вторинному відкладенні гірських порід, у життєдіяльності організмів та ін. Виявляються вони у верхній частині земної кори і чинять певний вплив на будівлі і споруди. Інженерні споруди, як і техногенна діяльність людини, в свою чергу впливають на земну кору і теж викликають геологічні процеси, які називають інженерно-геологічними. Природні геологічні і інженерно-геологічні процеси за своїм походженням і вмістом схожі і взаємно обумовлені. Головним природним фактором, що визначає розвиток інженерно-геологічних і геологічних процесів, є середовище їх виникнення, тобто гірські породи. Стійкість будь-якої будівельної площадки повинна розглядатися в залежності від того, якими породами вона складена.

7.3.1. Процеси вивітрювання

Під процесом вивітрювання розуміють руйнування і зміну складу гірських порід, що відбуваються під впливом різних агентів, що діють на поверхні, серед яких основну роль грають коливання температур, замерзання вод, кислот, лугів, вуглекислоти, дія вітру, організмів та ін. Процес вивітрювання впливає не тільки на природні тіла (мінерали, гірські породи), а також і на штучно створені будівельні матеріали і споруди. Головною особливістю процесу вивітрювання є поступове і постійне руйнування верхніх шарів літосфери. Внаслідок цього гірські породи і матеріали дробляться, змінюють свій хіміко-мінеральний склад, внаслідок чого погіршуються їх будівельні властивості або вони повністю руйнуються. Процес вивітрювання протікає при одночасній участі багатьох

агентів, але роль їх при цьому далеко неоднакова. При інтенсивності впливу тих або інших агентів вивітрювання та характеру змін гірських порід прийнято виділяти три види вивітрювання: фізичне, хімічне та біологічне (органічне).

Фізичне вивітрювання виражається переважно в механічному дробленні порід без істотної зміни їх мінерального складу. Породи дробляться в результаті коливання температур, замерзання води в тріщинах, механічної сили вітру і ударів піщинок, які переносяться вітром та ін.

Хімічне вивітрювання виражається в руйнуванні гірських порід шляхом розчинення і зміни їх складу. Найбільш активними хімічними реагентами в цьому процесі є вода, кисень, вуглекислота і органічні кислоти.

Біологічне (органічне) вивітрювання проявляється в руйнуванні гірських порід в процесі життєдіяльності живих організмів і рослин. Породи дробляться і в значній мірі піддаються впливу органічних кислот. Механічне руйнування виробляють рослини своєю кореневою системою. Рослини і тварини, особливо мікроорганізми (бактерії, мікроби та ін.) і нижчі рослини (водорості, мохи, лишайники) виділяють різні кислоти і соки, які в свою чергу досить активно взаємодіють з мінералами гірських порід, руйнують їх, формують мінеральні новоутворення.

Боротьба з процесом вивітрювання. При виборі основи для будівель і споруд кору вивітрювання прорізають фундаментом до не вивітрілої породи, або використовують її як основу після відповідного зміцнення.

Для запобігання вивітрювання або поліпшення властивостей вже вивітрілих порід застосовують заходи:

– покриття гірських порід непроникними для агентів вивітрювання матеріалами (бетон, цементний склад, гудрон, геосинтетики, глина та ін.);

– просочування порід різними складами (рідке скло, гудрон, цемент та ін.). Наприклад, рідке скло – для зміцнення піщаних і піщано-глинистих порід, гудрон – для зміцнення щербенистих відкладень;

- нейтралізація агентів вивітрювання (зниження хімічної активності підземних вод шляхом насичення солями та ін.);
- планування територій та відведення вод.

Будівельні вироби необхідно ізолювати від впливу агентів вивітрювання різними покриттями – фарбами, лаками, штукатуркою, рідким склом, органічними плівками та ін.

7.3.2. Геологічна діяльність вітру

На земній поверхні постійно дмуть вітри. Вітер здійснює велику геологічну роботу: руйнування земної поверхні (видування або дефляція, обточування або корозія), перенесення продуктів руйнування і відкладення (аккумуляції) цих продуктів у вигляді скупчень різної форми. Всі ці процеси носять спільну назву **еолових**.

Найбільш яскраво еолові процеси проявляються в межах пустель, напівпустель, долин річок і морських узбережь.

Видування (дефляція) виникає в результаті впливу механічної сили вітру. Найбільш яскраво цей процес проявляється в районах, складених рихлими або м'якими породами. Від порід відриваються і зникають частки. Вітер видуває улоговини, борозни і траншеї в суглинках, пісках.

Механічна сила вітру істотно впливає на будівлі і споруди, які є для нього перешкодою. Створюється так зване вітрове навантаження, що виражається в додатковому бічному тиску на будівельні конструкції. Висотні будівлі, димові труби під дією вітрового навантаження постійно коливаються. Рух вітру супроводжується перенесенням пилу, піску і навіть гравію. Б'ючись об тверді породи і будівельні конструкції, вони перетирають, свердлять і обточують їх поверхню. Процес обточування отримав назву **коразії**.

Еолові відкладення. Перенесення частинок вітром відбувається у підвішеному стані або шляхом перекочування в залежності від швидкості вітру і розміру часток. У підвішеному стані переносяться глинисті, пилюваті і

тонкопіщані частки. При зменшенні швидкості вітру та інших сприятливих умовах відбувається відкладення матеріалу, що переноситься (акумуляція). Так утворюються вітрові (еолові) утворення. У більшості випадків це накопичення піску: рухливі (дюни, бархани) і закріплені (грядові, горбисті) піски.

За межами пустель зазвичай зустрічаються пилюваті накопичення. Такі накопичення стародавнього віку взяли участь у формуванні лесових утворень, широко поширених на земній поверхні.

7.3.3. Геологічна діяльність атмосферних опадів

На поверхню материків постійно випадають атмосферні опади у вигляді дощів, снігу та льоду в кількості до 112 тис. км³ на рік. Найбільшу геологічну роботу при цьому здійснює текуча вода, яка, розтікаючись по поверхні в бік падіння рельєфу, руйнує гірські породи, переносе і відкладає продукти руйнування.

Руйнівна робота текучих вод носить назву **ерозії**. Після дощу (або танення снігу) вода розтікається по поверхні землі у вигляді численних мікроструменів, кожний з яких не має фіксованого шляху. Утворюється суцільний поверхневий потік і руйнівна дія води здійснюється на всій поверхні землі. Так відбувається площинний змив (площинна ерозія), який веде до виположування місцевості. Площинний потік відповідно до рельєфу місцевості поступово розбивається на окремі струмені, створюються великі потоки (струмки), які здійснюють струменеву ерозію. Це веде утворення вимоїн, ярів та ін.

Утворення наносів. Продукти вивітрювання порід (елювій) площинними потоками змиваються з височин на схили та до їх підніжжя. Залежно від сили потоків і крутизни схилів в переміщенні беруть участь частки глинисті, пилюваті, піщані і навіть крупні уламки.

Із часом на схилах і в знижених частинах рельєфу накопичуються відкладення наносів: на схилах і біля їх підшви – делювій, в зниженнях, що примикають до схилів, – пролювій (рис. 7.13).

Елювій – продукт вивітрювання гірських порід, що залишився на своєму місці, він представлений уламковим матеріалом різної крупності: від великих брил до глинистого найтоншого матеріалу. Залягає головним чином на високих частинах рельєфу, на вододілах. Елювій по глибині поступово переходить в корінні породи.

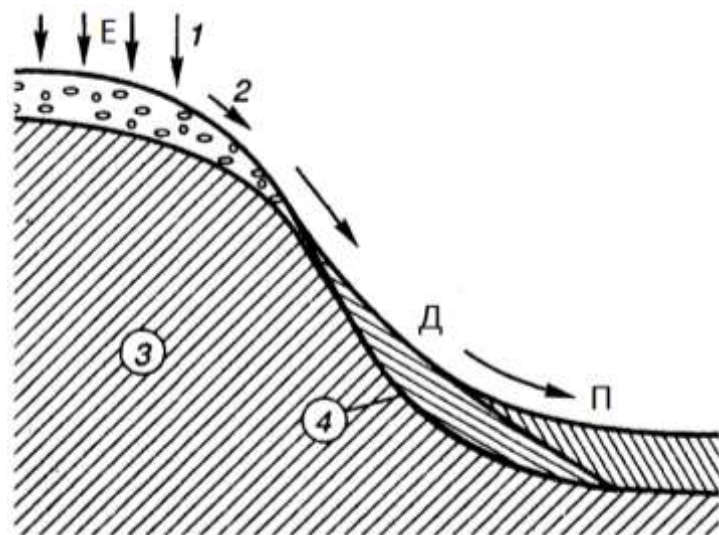


Рис. 7.13. Схема утворення наносів на схилі рельєфу: Е – елювій; Д – делювій; П – пролювій; 1 – атмосферні опади; 2 – площинний злив; 3 – корінні породи; 4 – первісна поверхня схилу

Делювій – матеріал, перенесений і відкладений тимчасовими водотоками в основі схилів та їх підшви (в зниженнях, що примикають до схилів – **пролювій**) – суглинки, супісок і щебінь. Потужність відкладень вимірюється від часток метра до 15...20 м. У мінералогічному відношенні яр пов'язаний з породами, розташованими вище по схилу. Делювій більш відсортований матеріал, є хорошою, надійною основою для споруд. Негативною властивістю є здатність до сповзання вниз по схилах. **Пролувій** - являє собою комплекс рихлих утворень неоднорідного складу, особливо по вертикалі. У товщах пролювію суглинки і супіски можуть перешаровуватися з грубозернистим матеріалом.

Утворення ярів. При таненні снігу та дощу на схилах рельєфу окремі струмені утворюють тимчасові струмки. Виникає струменева ерозія, що призводить до утворення витягнутих знижень рельєфу – рів (рис. 7.14).

Яр може розкрити ґрунтову воду. В цьому випадку виникає постійний водотік, який, в свою чергу, посилює ріст яру. Сприяє розвитку ярів пристрій

неукріплених канав на схилі, порушення дернового покриву і вирубка рослинності.

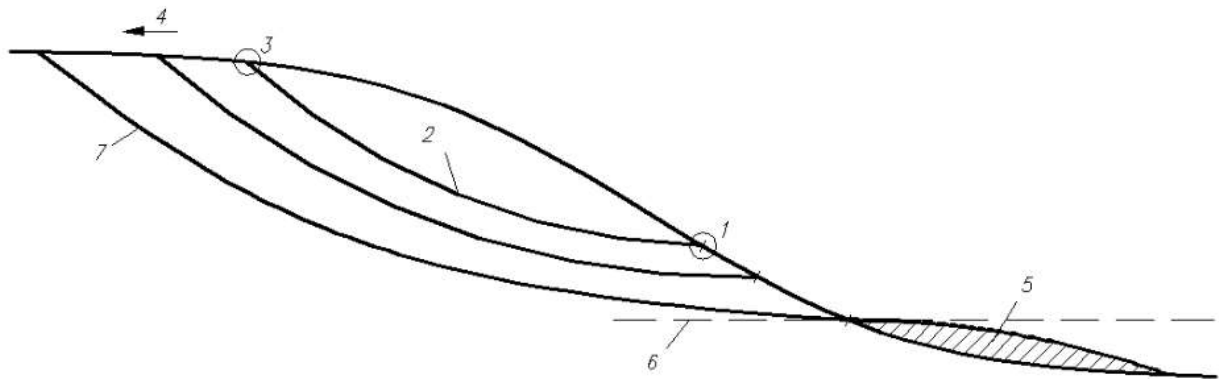


Рис. 7.14. Поздовжній розріз яру: 1 – устя; 2 – ложе; 3 – вершина; 4 – напрямок росту яру; 5 – конус виносу; 6 – базис ерозії; 7 – максимальна глибина яру

В яру розрізняють устя, ложе і вершину (рис. 7.14). Яр росте вершиною вгору по схилу. Одночасно відбувається і його поглиблення, і розширення за рахунок розмиву схилів яру. Граничною відміткою, до якої можливий розмив ложа яру, є рівень басейну (озеро, річка та ін.), в який впадає водотік яру. Цей рівень називають **базисом ерозії**. Розмиваюча діяльність яружних водотоків призводить до накопичення наносів – яружного алювію, який накопичується в районі устя яру у вигляді конуса виносу.

Розміри ярів і балок найрізноманітніші. Довжина їх коливається від десятків метрів до багатьох кілометрів. Глибина до 30...40 м. Швидкість зростання ярів залежить від активності водотоків і характеру порід, які розмиваються, і коливається від 0,5...1 до 40 м на рік. Запобігти появі ярів можна проведенням ряду профілактичних заходів. Слід забороняти розорювати схили і влаштовувати не облицьовані канави, орієнтовані вниз по схилу, вирубувати на схилах рослинність і порушувати дерновий покрив.

Меліоративні заходи на землях, схильних до яружної ерозії, включають:

– планування прияружних і прибалкових схилів, засипку дрібних ярів глибиною 1,5...2 м;

- виположування ярів з пристроєм гідротехнічних споруд (лотків, швидкотоків, перепадів);
- створення протияружних лісових смуг;
- будівництво на базі ярів і балок водойм, дорожньої мережі.

Селеві потоки. Сель – з арабської означає гірський, швидко мчить потік. Дійсно, селі представляють собою тимчасові, але бурхливі брудокам'яні потоки, що виникають в гірських районах. Це грізне явище природи часто має катастрофічний характер. Селі викликаються дощовими зливами або швидким таненням снігів і льодовиків в горах. Величезна маса води спрямовується вниз ущелинами, змиваючи і захоплюючи по дорозі елювій і делювій. В результаті водний потік перетворюється в брудокам'яний. Великий руйнівний вплив селевих потоків обумовлений великими швидкостями руху і наявністю в них уламків гірських порід. Середня швидкість руху селевих потоків досягає до 8 м/с. На своєму шляху селі прокладають глибокі русла, які в звичайний час бувають сухими або містять невеликі струмки. Твердий матеріал селів відкладається в передгір'ях. Корисні площі виявляються похованими під товщею бруду, піску і каменів.

7.3.4. Геологічна діяльність річок

Підземні води і тимчасові струмки атмосферних опадів, стікаючи по ярах і балках, збираються в постійні водопотоки – річки. Площа, з якої до річки стікає вода, називають басейном річки. Повноводні річки роблять велику геологічну роботу – руйнування гірських порід (ерозія), перенесення і відкладення (аккумуляція) продуктів руйнування.

Ерозійна діяльність річок. Ерозія здійснюється динамічним впливом води на гірські породи. Крім того, річковий потік стирає породи уламками, які несе вода, та й самі уламки руйнуються і руйнують ложе потоку тертям при перекочуванні. Одночасно вода чинить на гірські породи розчинну дію. Перенесення продуктів ерозії здійснюється різними способами: в розчиненому

вигляді, в підвішеному стані, перекочування уламків по дну, сальтація (підстрибування). При певних умовах річка відкладає уламковий матеріал. Річкові відкладення називають **алювіальними** (аQ).

Будова річкових долин. Долини річок мають такі елементи: дно долини, русло, заплаву і тераси (рис. 7.15). Дно – нижча частина долини, укладена між підошвами схилів. Русло – частина долини, зайнята водним потоком. Заплава – частина річкової долини, що заливається водою в період паводку в силу танення снігу навесні. Стариці – ізольовані старі русла річок, в яких вода не рухається, а стоїть як в озерах. Тераси – уступи на схилах долин річок. Поздовжні тераси розташовуються уздовж схилів долин у вигляді горизонтальних або майже горизонтальних майданчиків. Їх називають надзаплавних. При паводках вони не заливаються водою. Кожна надзаплавна тераса свого часу була заплавою. Відлік надзаплавних терас ведуть знизу вгору (I надзаплавна, II надзаплавна та ін.).

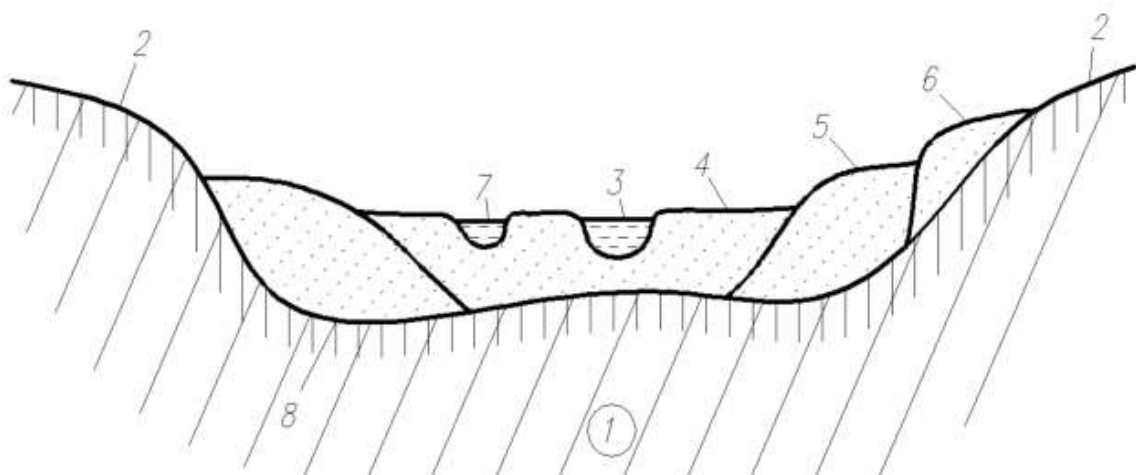


Рис. 7.15. Елементи будови долини річки: 1 – корінні породи; 2 – схил; 3 – русло; 4 – заплава; 5 – перша надзаплавна тераса; 6 – те ж, друга; 7 – стариця; 8 – дно долини

Алювіальні відкладення річок та їх будівельні властивості. Значна частина алювіальних відкладень накопичується в руслі річок і на заплавах. Загальна потужність алювіальних відкладень в долинах річок різна – від декількох метрів до десятків метрів. За характером осадів і місцем їх накопичення річкові відкладення поділяють на дельтові, руслових, заплавні.

У дельтах накопичуються піщано-глинисті осади. Матеріал, який відкладається в руслах річок, називають руслових алювієм. В його склад входять піски і більш грубі уламки – галечник, гравій, валуни.

Заплавний алювій відкладається в період паводку і являє собою суглинки різного складу, глини і дрібнозернисті піски. Відкладення заплави зазвичай збагачені органічним матеріалом. В межах річкових долин можуть залягати відкладення неалювіального характеру. До їх числа відносяться делювій, конуси виносу пролювіальних наносів і еолові накопичення.

У річкових долинах, на заплавах і надзаплавних терасах часто доводиться будувати великі будівлі і споруди, що передають значні навантаження на ґрунт. Прикладом можуть служити елеватори, річкові вокзали, різні портові споруди та ін. В якості основ для них беруть древній ущільнений алювій акумулятивних терас і руслові відкладення, такі як русловий алювій, представлений крупними уламками і піском, здатний витримувати важкі споруди. Руслові відкладення в долинах великих річок служать хорошою основою для мостових переходів. У випадках, коли русловий алювій перекривається заплавними і старичними відкладеннями, використовують пальові фундаменти.

Древній заплавний алювій в вигляді суглинків і глин твердої консистенції є хорошою основою. Однак слід мати на увазі, що на древніх терасах алювіальні суглинки часто мають лесовидний вигляд і можуть володіти просадними властивостями. В цьому випадку будівництво слід вести як на лесових ґрунтах.

Сучасний заплавний алювій має високу вологість, або взагалі знаходиться в насиченому стані з низькою несучою здатністю. Суглинки і глини легко переходять в пластичний, і навіть текучий стан.

Слід враховувати і таку характерну особливість алювіальних відкладень, як багатошаровість їх товщ з наявністю лінз і прошарків. Шари і прошарки під навантаженням можуть мати різну стискальність, що значно ускладнює розрахунок осадки споруд. З алювіальними відкладеннями пов'язані такі явища, як пливуні піщаних і набухання глинистих ґрунтів.

7.3.5. Геологічна діяльність в болотах

Надмірно зволожені ділянки земної поверхні з розвиненою на них специфічною рослинністю називають **болотами**. Болота більш властиві берегам річок, старицям, узбережжям озер, вічній мерзлоті.

За походженням, тобто за умовами живлення водою, болота підрозділяють на низинні, верхові та перехідні (рис. 7.16).

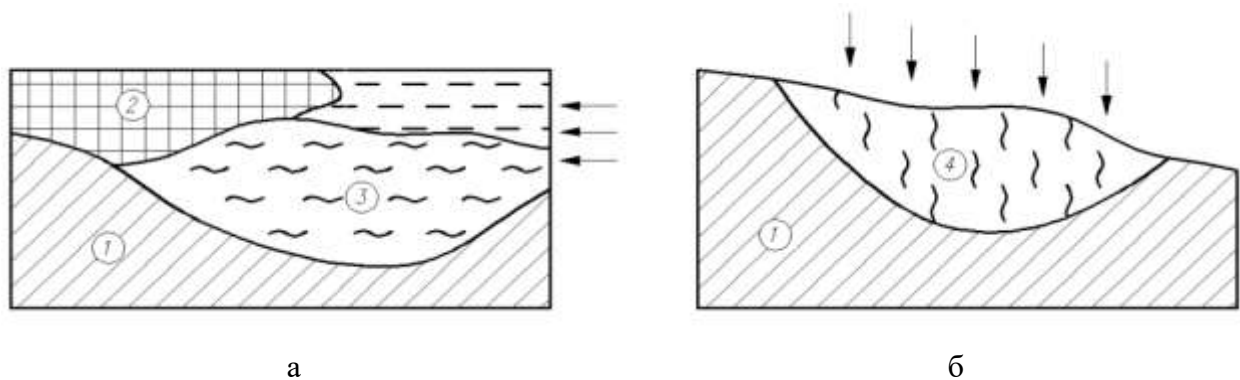


Рис. 7.16. Типи боліт: а – низинне; б – верхове; 1 – мінеральне дно; 2 – торф; 3 – мул; 4 – заболочений ґрунт (стрілки показують джерела живлення боліт водою)

Низинні болота живляться ґрунтовими, частково річковими або озерними, а також дощовими і талими водами. Для верхових боліт основним постачальником води є атмосферні опади і танення снігу. Болота перехідного типу мають змішане живлення. Відповідно до умов живлення водою низинні болота утворюються заторфуванням водойм, а верхові болота – заболочуванням суші.

Заболочені землі формуються на тих ділянках земної поверхні, де спостерігається зменшення водопроникності ґрунтів або погіршення умов випаровування води, поверхневого її стоку і підземного дренажу. На цих ділянках ґрунтові води постійно зберігають свій високий рівень. Їх дзеркало майже збігається з поверхнею землі. Часті випадки появи боліт в місцях виходу на поверхню підземних вод, де відсутня можливість відтоку.

Будівельна оцінка боліт. Болота є несприятливими місцями для зведення будівель і споруд. Для визначення можливості будівництва на болотах необхідно встановити походження болота і його основні характеристики (глибину, рельєф

мінерального дна, площу). Знаючи походження болота, можна розробити заходи щодо його осушення. Найбільш легко осушуються верхові болота. Глибина болотних відкладень має вирішальне значення для вибору типу фундаменту і всієї конструкції споруди. За глибиною болота поділяють на дрібні (до 2 м), середні (2...4 м) і глибокі (понад 4 м).

7.3.6. Рух мас гірських порід на схилах рельєфу

Гірські породи, що складають схили, дуже часто знаходяться в нестійкому положенні. При певних умовах і під впливом гравітації вони починають зміщуватися вниз по схилах рельєфу. Внаслідок цього виникають осипи, куруми, обвали і зсуви.

Осипи. На крутих схилах, особливо в гірських районах, де розвинені скельні породи, активно діє процес фізичного вивітрювання. Породи розтріскуються, і уламки скочуються вниз по схилах до місця, де схил виположується. Цей процес називається осипанням. Так, біля підніжжя схилів накопичуються продукти осипання – брили, щебінь, більш дрібні уламки, і утворюються вали – осипи. Потужність осипів різна і коливається від декількох до десятків метрів.

Рух осипів відбувається в міру накопичення уламків, при рясному зволоженні та інших причинах. При малих осипах вдаються до розчищення від них доріг, споруд, при великих застосовують вловлючі та підпірні стінки.

Куруми. В результаті руйнування гірських порід біля підніжжя схилів скупчуються великі уламки і брили. Так утворюються кам'яні розсипи або куруми. Потужність кам'яних розсипів коливається від декількох метрів до 15 м на дні долин. Характерною особливістю курумів є їх пересування. Маса уламків, величезних брил постійно повзе вниз по схилу, так як лежать на глинисто-суглинному шарі.

Обвал. Обвалення більш-менш великих мас гірських порід з перекиданням і дробленням отримало назву обвалу. Обвали виникають на крутих схилах

(більше 45...50°), обривах природних форм і рельєфу (схили річкових долин, ущелини, узбережжя морів та ін.), а також в будівельних котлованах, траншеях, кар'єрах. Найбільш часто обвали бувають пов'язані з тріщинуватістю порід, підмивом або підрізкою схилів, надлишковим зволоженням порід, перевантаженнями обривів, землетрусами. Для попередження обвалів на скельних схилах, при розробці кар'єрів будівельних матеріалів, в будівельних котлованах практикується штучне обвалення, заливка тріщин цементом, влаштування підпірних споруд, виположування схилів та ін.

Зсуви – це ковзне зміщення гірських порід на схилах під дією гравітації і за участю поверхневих або підземних вод на нижчий рівень без втрати контакту зі схилом (рис. 7.17). Для виникнення і розвитку зсувів необхідні деякі певні умови. Серед них найбільше значення мають: висота, крутизна і форма, геологічна будова, гідрогеологічні умови. Причиною виникнення зсувів, як правило (найчастіше), бувають надмірне перевантаження і обводнення схилів, підрізування їх в нижній частині і додатковий тиск на породи, що складають схил.

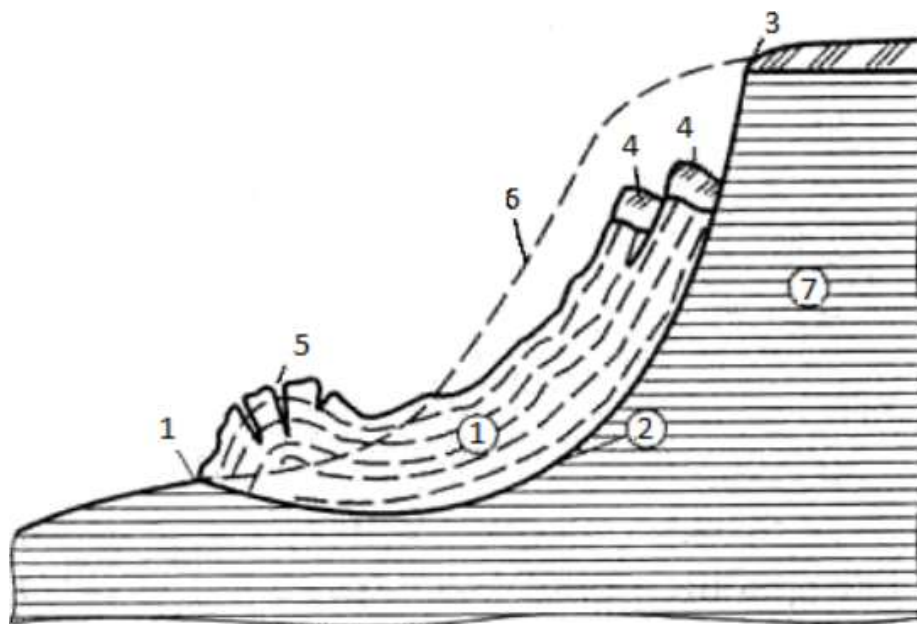


Рис. 7.17. Елементи зсуву: 1 – обвальне тіло; 2 – поверхні ковзання; 3 – брівка зриву; 4 – зсувні тераси; 5 – вал випучування; 6 – форма схилу до зсуву; 7 – корінні породи

Протизсувні заходи поділяють на два види: активні – здатні впливати на основну причину зсуву шляхом повного припинення або деякого ослаблення її дії, зокрема, зняття перенапруги ґрунтової товщі за рахунок розвантаження будь-якого виду; пасивні – спрямовані на підвищення значущості факторів опору, що впливають позитивним чином на ступінь стійкості, наприклад, привантаження основи схилу, закріплення будь-якими способами та ін.

7.3.7. Геологічна діяльність підземних вод

На умови будівництва несприятливо впливає руйнівна робота підземних вод, що призводить до зниження стійкості гірських порід, що залягають під фундаментами будівель і споруд. З руйнівних процесів, пов'язаних з діяльністю підземних вод, найбільше значення мають карст, суфозія, пливуни.

Карст – процес розчинення і вилуговування розчинних гірських порід (карбонати, сульфати, галоїди) поверхневими і підземними водами з утворенням карстових пустот, печер, воронок та ін.

Виникнення і розвиток карстового процесу обумовлено, крім здатності порід до розчинення, наявністю припливної води, ступеня її мінералізації, геологічною будовою ділянки забудови, рельєфом, тріщинуватістю порід та ін. Можливість зведення споруд в карстовому районі регулюється терміном їх служби, складом і швидкістю вилуговування порід, ступенем їх ураженості процесом. Карстові райони за ступенем стійкості можна розділити на п'ять категорій:

- 1) досить нестійкі, утворюється по 5...10 воронок на рік на 1 км²;
- 2) нестійкі, утворюється по 1...5 воронок на рік на 1 км²;
- 3) середньої стійкості, 1 воронка на 1 км² за час від одного року до 20 років;
- 4) стійкі, 1 воронка на 1 км² за 20...50 років;
- 5) дуже стійкі, на яких відсутні або є лише старі воронки; свіжих провалів не зафіксовано за останні 50 років.

Будівництво в карстових районах здійснюється тільки після проведення ряду конструктивних інженерних заходів, спрямованих на підвищення стійкості та міцності порід.

Суфозія. При інфільтрації і фільтрації підземна вода здійснює руйнівну роботу. З порід вимиваються дрібні частинки, що їх складають. Це супроводжується осіданням поверхні землі, утворенням великих провалів, воронок. Цей процес виносу частинок, а не його наслідки, називають суфозією.

Часто суфозії передують або супроводжують процес вилуговування або виносу в розчиненому вигляді легко- і середньорозчинних солей, тобто суфозія тісно пов'язана з карстом. Це дозволяє говорити про суфозно-карстові процеси і явища.

Такому процесу схильні глинисті піски, лесові та інші породи, які залягають на схилах річкових долин, на схилах будівельних котлованів, в підземних виробках (метро, шахти та ін.).

В результаті суфозії в породах з'являються пустоти, товщі порід ущільнюються, а це призводить до осідання поверхні землі і деформацій побудованих на цих ділянках будівель і споруд. При інженерно-геологічних дослідженнях будівельних майданчиків необхідно виявити здатність порід до суфозії. Вибір того або іншого прийому будівництва залежить від геологічної будови, геологічної обстановки будівельного майданчика, типу і виду ґрунтів основ, характеру засолення, конструкції об'єкта і технічних можливостей будівельної організації.

Основою всіх заходів є припинення різними шляхами фільтрації води.

Пливуни – водонасичені піски, супіски та інші рихлі скупчення, здатні переходити в текучий стан при русі води або механічних впливах (розкритті виробками, канавами, свердловинами, котлованами та ін.). Перехід порід в пливунний стан, обумовлений відсутністю в них структурних зв'язків або таким їх ослабленням, що вони не здатні протистояти напруженням, що викликають їх рух. Частинки переходять у завислий стан. Основною причиною пливунних

властивостей є гідродинамічний тиск порової води, яка створюється в результаті тиску при розкритті котловану. Тиск води обумовлює рух частинок піску в сторону розвантаження, тобто котловану, частинки піску тимчасово переходять у завислий стан.

Пливунні піски сильно ускладнюють будівництво – затоплюють котловани, призводять до провалів поверхні землі, нетерпимі до вібраційних і динамічних впливів. При вишукуванні визначають наявність пливунних пісків, їх типи, геологічне залягання. При будівництві на пливунних ґрунтах відмовляються від пристрою котлованів, застосовують пальовий варіант фундаментів, підосшву фундаменту не доводять до шару пливунних порід.

7.3.8. Просадність лесових ґрунтів

Просадність – явище, характерне в основному для лесових порід, пов'язане з впливом води на структуру ґрунту з подальшим її руйнуванням і ущільненням навіть під вагою самого ґрунту або ж при сумарному тиску власної ваги і ваги споруди.

Інтенсивність ущільнення залежить від характеру структурних зв'язків, їх міцності, складу, солей, що містяться, вологості, пористості порід, величини навантаження (в тому числі і власної ваги на товщу, що ущільнюється). Залежно від цієї дії факторів процес ущільнення може відбуватися швидко або затягуватися на тривалий час. Цим пояснюється те, що осідання в окремих випадках починаються значно пізніше зволоження породи. Для будівельної оцінки важливу роль грає величина осідання, тобто величина опускання поверхні землі.

Сучасні способи будівництва на лесових породах дозволяють успішно протидіяти виникненню просадних явищ. Найбільший ефект боротьби з просадністю досягається при комбінуванні 2...3 різних заходів. Всі методи поділяються на три групи: водозахисні, конструктивні і ті, що усувають просадні властивості порід.

Контрольні питання до перевірки

1. Охарактеризувати ендогенні процеси.
2. Назвіть види ендогенних процесів.
3. Охарактеризувати тектонічні явища в земній корі.
4. Дати визначення терміну «тектонічні явища».
5. Дати визначення, що таке платформи?
6. Дати визначення, що таке геосинкліналі?
7. Яка наука вивчає новітні та сучасні тектонічні рухи земної кори?
8. Охарактеризувати згідне та незгідне сполучення шарів осадових порід.
9. Охарактеризувати складчасті дислокації (монокліналь, складка, флексура) та умови їх виникнення.
10. Охарактеризувати розривні дислокації та умови їх виникнення.
11. Що таке сейсмічні явища?
12. Дати характеристику явища землетрусу.
13. Дати характеристику явища моретрусу.
14. Надати класифікацію землетрусів.
15. Охарактеризувати сейсмічні хвилі.
16. Що таке гіпоцентр?
17. Що таке епіцентр?
18. Як розрізняють землетруси за глибиною залягання гіпоцентру?
19. За допомогою яких приладів відбувається спостереження за землетрусами?
20. Охарактеризувати вулканічні землетруси. Як вони виникають?
21. Охарактеризувати техногенні землетруси. Як вони виникають?
22. Охарактеризувати обвальні землетруси. Як вони виникають?
23. Охарактеризувати землетруси штучного характеру. Як вони виникають?
24. Охарактеризувати екзогенні процеси.
25. Охарактеризувати процеси вивітрювання («еолові процеси»).

26. Охарактеризувати геологічну діяльність поверхневих текучих вод та її наслідки.

27. Охарактеризувати геологічну діяльність тимчасових гірських потоків та її наслідки.

28. Охарактеризувати геологічну діяльність моря та її наслідки.

29. Охарактеризувати геологічну діяльність підземних вод та її наслідки.

30. Охарактеризувати геологічну діяльність льодовиків та її наслідки.

31. Назвати умови утворення ярів.

32. Охарактеризувати суфозію та карст. Їх наслідки.

ТЕМА 8

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ВИШУКУВАННЯ ДЛЯ РІЗНИХ ВИДІВ БУДІВНИЦТВА

План:

8.1. Зміст та задачі інженерно-геологічних вишукувань

8.2. Комплексні інженерно-геологічні вишукування

8.3. Геотехнічні вишукування

8.4. Гідрогеологічні вишукування

8.5. Інженерно-геологічні вишукування для реконструкції

8.6. Інженерно-геологічні вишукування в процесі будівництва

8.7. Інженерно-геологічні вишукування для підземного будівництва

8.8. Інженерно-геологічні вишукування у складних умовах

8.9. Технічні вимоги до результатів інженерно-геологічних вишукувань

8.1. Зміст та задачі інженерно-геологічних вишукувань

Інженерно-геологічні вишукування виконують з метою вивчення та оцінки інженерно-геологічних умов території (ділянки) будівництва для:

– оцінки складності, характеристики інженерно-геологічних умов території та отримання вихідних даних для проєктів будівництва;

– прогнозування змін інженерно-геологічних умов під дією природних і техногенних факторів, визначення допустимих впливів на елементи геологічного середовища та способів досягнення стану цього середовища, який вимагається;

– оцінювання ризику життєдіяльності людини на конкретних територіях;

– розроблення проєктів захисту територій та окремих об'єктів від несприятливих і небезпечних процесів.

Інженерно-геологічні вишукування виконують також з метою вивчення та оцінки геоморфологічної, стратиграфічної та тектонічної будови, літологічного складу, стану та фізико-механічних властивостей ґрунтів, гідрологічні умови, несприятливі фізико-геологічні процеси та явища, а також складання прогнозу змін геологічних та гідрологічних умов при будівництві та експлуатації будівель та споруд.

До **несприятливих і небезпечних фізико-геологічних процесів** відносяться: просідання лесовидних порід, механічна або хімічна суфозія, зсуви, обвали, болото, промерзання ґрунту та тектонічні явища.

Програма інженерно-геологічних вишукувань складається на основі технічного завдання, оцінки категорії складності інженерно-геологічних умов, складності геотехнічного будівництва, ступеня вивченості ділянки (території) і порядку розроблення проєктної документації.

ФОРМА ТА СКЛАД ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ
ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ВИШУКУВАНЬ

Шифр замовлення _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

(найменування організації замовника)

(підпис керівника) (прізвище)

_____ 20__ р.
(число) (місяць прописом) (рік)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на виконання інженерно-геологічних вишукувань

1. Повне найменування об'єкта _____

2. Місцезнаходження об'єкта (за адміністративним поділом) _____

3. Замовник _____

4. Стадія проектування _____

5. Відомості про наявність матеріалів інженерно-геологічних вишукувань
минулих
років _____

6. Особливі вимоги до результатів вишукувань _____

Додатки:

1. Основні відомості про конструктивні особливості проєктованих будівель і споруд, трас комунікацій.
2. Топографічний план з нанесенням проєктованих будівель, споруд та трас.
3. Копія рішення про відведення земельної ділянки (або іншого правостановлюючого документа).
4. Інші документи, надані замовником (за згодою) на прохання виконавця робіт.

Головний інженер проєкту _____
підпис _____ прізвище _____

тел. _____

Відповідальний представник замовника _____
посада _____ прізвище _____

тел. _____

Технічне завдання на виконання інженерно-геологічних вишукувань

для будівництва повинно містити:

- найменування об'єкта;
- дані про місце розташування та межі ділянки будівництва;
- цілі та види вишукувань;
- вид будівництва (нове будівництво, реконструкція, технічне переоснащення) або вид робіт на існуючому об'єкті (консервація, ліквідація тощо);
- інформацію про стадійність проектування і будівництва;
- клас наслідків (відповідальності) та категорію складності об'єкта будівництва;
- характеристику проєктованих об'єктів: дані про конструктивні рішення надземної частини, типи фундаментів, глибини їх закладання, орієнтовні навантаження на основи;
- відомості про необхідні заходи інженерного захисту об'єктів і території;
- відомості про раніше виконані інженерні вишукувань та дослідження на території проєктованого будівництва;
- відомості про необхідність проведення вишукувань у процесі будівництва;
- додаткові вимоги, обумовлені галузевою специфікою проєктованого об'єкта.

Програму виконання інженерно-геологічних вишукувань складають на основі відповідного технічного завдання, оцінки категорії складності інженерно-геологічних умов, складності геотехнічного будівництва, ступеня вивченості ділянки (території) і порядку розроблення проєктної документації. У випадку, коли будівництво передбачають в простих інженерно-геологічних умовах, на достатньо вивченій території чи планують будівництво будівель і споруд, що

відносяться до класу незначних наслідків (відповідальності) та I...III категорій складності, замість програми робіт допускається складати технічний припис.

Програма інженерно-геологічних вишукувань містить такі відомості:

– найменування та місце розташування об'єкта з визначенням адміністративної належності району вишукувань;

– коротку фізико-географічну характеристику району та місцевих природних умов, що впливають на організацію та виконання вишукувань;

– відомості про геоморфологічні та геологічні дані району, гідрогеологічні умови, несприятливі фізико-геологічні процеси та явища, склад, стан та властивості ґрунтів району будівництва;

– обґрунтування категорій складності природних умов, складу, об'ємів та методів, послідовності виконання вишукувань;

– обґрунтування площ, місць та масштабів інженерно-геологічної зйомки та систем випробовування ґрунтів та підземних вод з врахуванням складності інженерно-геологічних умов та типу будівель, що проєктуються, термінів, та частоти проведення стаціонарних спостережень;

– вимоги, пов'язані з охороною навколишнього середовища, при виконанні вишукувань;

– особливі вимоги, які висуваються до складу, об'ємів та методів робіт на ділянках розвитку несприятливих фізико-геологічних процесів та явищ, а також розповсюдження специфічних за складом та станом ґрунтів.

За складом інженерно-геологічні вишукування є комплексними і включають види робіт, які направлені на вивчення геологічної будови, стану та властивостей ґрунтів, гідрогеологічних умов, інженерно-геологічних процесів і явищ, а також розроблення основних видів прогнозів – пошукового і нормативного.

Види та обсяги інженерно-геологічних робіт визначають залежно від:

– ступеня інженерно-геологічної вивченості території;

– цільового призначення вишукувань;

- складності геологічних умов;
- наявності ґрунтів із особливими властивостями;
- глибини залягання та режиму підземних вод;
- зони активної взаємодії з геологічним середовищем;
- категорії складності об'єктів будівництва та класу наслідків (відповідальності).

8.2. Комплексні інженерно-геологічні вишукування

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

- оцінка вивченості території;
- рекогносцирувальне обстеження;
- геофізичні роботи;
- бурові та гірничопрохідницькі роботи;
- геотехнічні вишукування, які включають лабораторні та польові дослідні роботи;
- гідрогеологічні вишукування;
- стаціонарні спостереження;
- вивчення інженерно-геологічних процесів і явищ;
- камеральне опрацювання матеріалів.

Додатково можуть виконуватись види робіт, якщо це передбачається замовленням та технічним завданням:

- інженерно-геологічна та інженерно-гідрогеологічна зйомки різних масштабів;
- сейсмічне мікрорайонування;
- розвідка місцевих ґрунтових матеріалів для зведення споруд;
- моніторинг на стадіях вишукувань для будівництва;
- інженерно-геодезичні вишукування.

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

Попередню оцінку складності інженерно-геологічних умов і вивченості території наводять у програмі виконання робіт (технічному приписі).

У звіті про інженерно-геологічні вишукування наводять посилання на використані матеріали та існуючий досвід будівництва на цій території. Порядок отримання та використання відомчої інформації регулюється відповідними нормативно-правовими актами та нормативними документами.

Рекогносцирувальне обстеження території включає огляд ділянки планованої забудови та прилеглої території (у т.ч. опис відслонень, водотоків і виходів підземних вод, ознак прояву інженерно-геологічних процесів, візуальне обстеження існуючої забудови), а також результати опитування населення (працівників підприємства). Рекогносцирувальне обстеження проводять за попередньо наміченими маршрутами (обстеження може бути суміщеним з маршрутними спостереженнями), а результати наносять на топографічну основу.

Маршрутні спостереження включають описання та картування відслонень та індикаторів інженерно-геологічних процесів, уточнення меж геоморфологічних елементів і екзогенних форм рельєфу, замірювання елементів залягання гірських порід у відслоненнях, оцінювання ефективності інженерної підготовки території, уточнення доступності та умов проведення польових робіт.

Геофізичні роботи виконують з метою визначення структурно-тектонічної будови, меж розповсюдження та потужності ґрунтів різного літологічного складу і стану, властивостей ґрунтів, рівнів підземних вод, напрямку та швидкості водного потоку, виявлення інженерно-геологічних процесів і

геофізичних аномалій, а також для сейсмічного мікрорайонування. Геофізичні роботи виконують у комплексі з гірничопрохідницькими, геотехнічними та гідрогеологічними роботами або передують їм.

Бурові та гірничопрохідницькі роботи виконують для отримання інформації про склад ґрунтів і умови їх залягання, глибину залягання ґрунтових вод та інших водоносних горизонтів, наявність напору та особливості рівневого режиму; відбору зразків ґрунтів і проб води для лабораторних випробувань; виконання польових досліджень властивостей ґрунтів; обладнання системи спостережень за компонентами геологічного середовища; встановлення меж прояву інженерно-геологічних процесів.

Розміщення, кількість і глибину гірничих виробок (закопуш, розчисток, канав, шурфів та дудок, свердловин) призначають виходячи з необхідності повного та достовірного відображення інженерно-геологічних умов ділянки (майданчика) будівництва залежно від складності інженерно-геологічних умов і конструктивних особливостей проєктованих будівель (споруд).

Гірничі виробки розміщують по контурах і (або) осях проєктованих будівель та споруд. Крім того, у місцях різкої зміни навантажень на фундамент, глибини їх закладання, висоти споруд, а також на межах різних геоморфологічних елементів необхідно розміщувати додаткові виробки. За необхідності вивчення сфери взаємодії проєктованих будівель і споруд з геологічним середовищем, існуючою забудовою, а також за наявності небезпечних процесів необхідно розміщувати додаткові виробки за межами контуру проєктованої будівлі (споруди).

Мінімальну кількість гірничих виробок у межах контурів кожної будівлі (споруди) і відстань між ними визначають із урахуванням раніше пройдених виробок та суміжних (якщо проєктується група будівель та споруд) згідно з табл. 8.1.

При розташуванні групи проєктованих будівель і споруд класу наслідків (відповідальності) СС-1 та СС-2 на ділянках I й II категорії складності інженерно-геологічних умов розміщення гірничих виробок допускається поза

межами контурів будівель і споруд на відстанях, що не перевищують максимальні відстані, які вказані в табл. 8.1. Гірничі виробки у цьому разі розміщують за рівномірною сіткою.

Для оконтурення невитриманих у плані лінз і прошарків сильно стискуваних ґрунтів або неоднорідних ґрунтів (торф, мул, елювіальні, техногенні ґрунти тощо), при вивченні тектонічних порушень, виявленні карстових порожнеч і площин ковзання зсувних тіл, встановленні меж розвитку небезпечних геологічних процесів і явищ, а також при розміщенні виробок під окремі фундаменти (опори) допускається встановлювати відстані між виробками менше, ніж 20 м.

Таблиця 8.1

Мінімальна кількість гірничих виробок у межах контурів будівлі (споруди) і відстань між ними [9]

Категорія складності інженерно-геологічних умов	Відстань між гірничими виробками (м) – у чисельнику; мінімальна кількість (шт.) – у знаменнику		
	Клас наслідків (відповідальності) будівель та споруд		
	I	II	III
I (прості)	<u>75-50</u> не менше 3	<u>100-75</u> не менше 3	<u>100-75</u> 1-2
II (середньої складності)	<u>40-30</u> не менше 4-5	<u>50-40</u> не менше 3	<u>50-40</u> 1-2
III (складні)	<u>25-20</u> не менше 4-5	<u>30-25</u> не менше 3	<u>30-25</u> не менше 3
Примітка. Максимальні відстані між виробками треба приймати для будівель та споруд малочутливих до нерівномірних осідань, мінімальні – для чутливих.			

Глибини гірничих виробок при вишукуваннях для будівель і споруд на природній основі призначають із урахуванням зони взаємодії з геологічним середовищем і величини стискуваної товщі ґрунтів, що передбачаються, із заглибленням в підстильні ґрунти на 1...2 м.

Рекомендовані глибини гірничих виробок при зведенні будівель із різними основами допускається встановлювати відповідно до табл. 8.2.

На ділянках поширення скельних ґрунтів з тектонічними порушеннями глибину гірничих виробок встановлюють програмою вишукувань на підставі діючих нормативних документів.

При вишукуваннях під плитний тип фундаменту (ширина фундаменту більше 10 м) глибину гірничих виробок встановлюють розрахунком, а за відсутності необхідних даних глибину виробок приймають рівною половині ширини фундаменту, але не менше 20 м для нескельних ґрунтів. Відстань між виробками повинна бути не більше 50 м, число виробок під один фундамент – не менше трьох.

Таблиця 8.2

Рекомендована глибина гірничих виробок при зведенні будівель із різними основами [9]

Будівля на стрічкових фундаментах		Будівля на окремих опорах	
навантаження на фундамент, кН/м (поверховість)	глибина гірничої виробки від підшви фундаменту, м	навантаження на опору, кН	глибина гірничої виробки від підшви фундаменту, м
до 100 (1)	4-6	до 500	4-6
200 (2-3)	6-8	1000	5-7
500 (4-6)	9-12	2500	7-9
700 (7-10)	12-15	5000	9-13
1000 (11-16)	15-20	10000	11-15
2000 (понад 16)	Понад 20	15000	12-19
-	-	50000	понад 19

Глибину гірничих виробок для пальових фундаментів у нескельних ґрунтах приймають нижче проектованої глибини занурення нижнього кінця паль не менше, ніж на 5 м. При навантаженні на куцт висячих паль понад 3 000 кН, а також при суцільному полі паль під всією спорудою глибину 50 відсотків виробок у нескельних ґрунтах встановлюють нижче проектованої глибини занурення нижнього кінця паль не менше, ніж на 10 м. Глибину гірничих виробок при обпиранні або зануренні паль у скельні ґрунти приймають нижче

проектованої глибини занурення нижнього кінця паль не менше, ніж на 2 м. Для паль, що працюють тільки на висмикування, глибини виробок і зондування призначають нижче кінця паль на 1 м. За наявності в масиві скельного, напівскельного ґрунту, прошарків сильно вивітрілих різновидів і (або) прошарків нескельного (рихлого) ґрунту, а також заповнювача, глибину виробок встановлюють у програмі вишукувань, виходячи з особливостей інженерно-геологічних умов і проєктованих об'єктів.

Діаметр буріння розвідувальних свердловин повинен забезпечувати можливість опису ґрунтів, відбору проб порушеної структури, а також відбір проб води і обладнання свердловин для спостереження за рівнем підземних вод. Діаметр буріння технічних свердловин повинен забезпечувати можливість відбору проб ґрунтів непорушеної структури та обладнання свердловин для гідрогеологічних, геофізичних і польових дослідних робіт. Початковий та кінцевий діаметри розвідувальних і технічних свердловин у нескельних ґрунтах назначають залежно від призначення та глибини свердловини, складу і стану ґрунтів, що проходяться відповідно до табл. 8.3.

Таблиця 8.3

Залежність діаметрів свердловин від їх призначення

Свердловина	Початковий діаметр свердловини, мм, за глибини свердловини, м		Кінцевий діаметр свердловини, мм
	до 10	10...30	
Розвідувальна	до 127	до 168	до 89
Технічна	до 168	до 219	127

Примітка 1. Початковий діаметр розвідувальних та технічних свердловин глибиною більше 30 м, а також початковий та кінцевий діаметри спеціальних свердловин встановлюють у програмі виконання робіт.

Примітка 2. Під час буріння свердловин у великоуламкових, піщаних, пилюватих і глинистих ґрунтах із включеннями валунів і крупної гальки, а також для обґрунтування відповідно до завдання замовника проведення земляних робіт способом гідромеханізації допускається збільшувати їх початковий діаметр.

Кількість технічних свердловин повинна бути не менше 25 відсотків від загальної кількості свердловин, та не менше 30 відсотків для будівель і споруд із можливістю виникнення значних наслідків (відповідальності) на ділянках із складними інженерно-геологічними умовами.

8.3. Геотехнічні вишукування

До **геотехнічних вишукувань** відносять роботи, які пов'язані з вивченням складу, стану та властивостей ґрунтів як основ, середовища для влаштування підземних споруд, а також для оцінки стійкості природних або штучних масивів, що формуються, схилів і укосів.

Геотехнічні вишукування включають:

- визначення складу, стану і властивостей ґрунтів;
- прогноз змін стану і властивостей ґрунтів під впливом різних факторів (зволоження, обводнення та осушення, термічні впливи, статичні і динамічні навантаження);
- прогнозну оцінку стійкості схилів і укосів;
- моделювання та розроблення рекомендацій з підвищення стійкості природних і створення штучних геотехнічних масивів ґрунтів;
- розроблення рекомендацій із влаштування основ, фундаментів і захисних споруд;
- розроблення рекомендацій з використання природних і штучних ґрунтових матеріалів у будівництві.

Геотехнічні вишукування виконують як у складі інженерно-геологічних вишукувань, так і самостійно, на територіях, де вже вивчені інженерно-геологічні умови.

Лабораторні роботи виконують для визначення класифікаційних, фізичних, міцнісних, деформаційних і інших показників властивостей ґрунтів, а також хімічних властивостей ґрунтових вод, необхідних для прийняття

проектних рішень, виконання інженерно-технічних розрахунків з улаштування основ, фундаментів, захисних та інших споруд. Склад і обсяги лабораторних робіт устанавлюють, виходячи як із цільового призначення вишукувань, так і від наявності ґрунтів із особливими властивостями.

Методи виконання лабораторних робіт регламентуються відповідними нормативними документами. Кількість лабораторних випробувань встановлюють у програмі виконання робіт згідно з ДСТУ Б В.2.1-5-96 (ГОСТ 20522-96) «Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань» залежно від ступеня неоднорідності ґрунтів, класу наслідків (відповідальності) проєктованої будівлі (споруди), необхідної точності визначення характеристик ґрунтів та з урахуванням попередньо виконаних лабораторних випробувань.

Польові дослідні роботи виконують для отримання даних про властивості ґрунтів у масиві, на місці їх залягання, за неможливості отримання достовірних результатів лабораторними методами; для визначення (уточнення) перехідних коефіцієнтів від лабораторної до натурної моделі, а також під час будівництва будівель і споруд класу наслідків (відповідальності) СС-3 та у районах розповсюдження ґрунтів із особливими властивостями. Перелік польових і лабораторних методів випробувань ґрунтів наведено у додатку М [9]. Кількість випробувань із визначення характеристик ґрунтів обґрунтовують у програмі виконання робіт з урахуванням попередньо виконаних визначень і складності інженерно-геологічних умов. Мінімальна кількість випробувань для одного попередньо виділеного елемента повинна бути не менше трьох. У межах контурів кожної будівлі (споруди), що проєктується на пальовій основі, кількість випробувань зондуванням або еталонною палею згідно з діючими нормативними документами, має бути не менше шести, а статичними випробуваннями натурних паль – не менше двох.

Геотехнічні вишукування у процесі будівництва здійснюють для:

- визначення фактичної несучої здатності та розрахункового навантаження на натурні палі;
- визначення стану і властивостей переміщених ґрунтів або перетворених у природному заляганні (у т.ч. контроль ущільнення);
- контролю стану та властивостей ґрунтів у відкритих котлованах;
- розконсервації об'єктів будівництва;
- виявлення причин неприпустимих осідань і деформацій масивів ґрунтів і споруджуваних об'єктів.

Геотехнічні вишукування на ділянках поширення ґрунтів із особливими властивостями (просадні, набухаючі, слабкі, засолені, елювіальні, техногенні) виконують за спеціальною програмою (технічним приписом), що передбачає додаткові вимоги до складу робіт для забезпечення оптимальних будівельних рішень.

8.4. Гідрогеологічні вишукування

Гідрогеологічні вишукування виконують у складі комплексних інженерно-геологічних вишукувань, або окремо, для вирішення спеціальних гідрогеологічних задач.

Основний обсяг гідрогеологічних вишукувань проводиться, як правило, на початкових стадіях проектування (ТЕО, ТЕР, ЕП, П), з можливістю коригування і доповнення на більш детальних стадіях (РП, Р).

Об'єктом інженерно-гідрогеологічних вишукувань для будівництва є підземні води в усіх можливих станах (гравітаційні, капілярні, плівкові тощо), що впливають на інженерно-геологічні умови.

Вплив підземних вод на інженерно-геологічні умови створення об'єктів будівництва може мати прямий та опосередкований характер.

До видів впливу прямого характеру належать прояви безпосередньої дії підземних вод на умови будівництва та експлуатації будівель і споруд, а саме:

- підтоплення заглиблених частин інженерних споруд, комунікацій, будівельних котлованів;
- корозія матеріалів підземних конструкцій; – явища, пов'язані з гідростатичним та гідродинамічним тиском підземних вод;
- погіршення загальних екологічних, санітарно-епідеміологічних і агрометеліоративних умов територій та ділянок.

Впливи опосередкованого характеру проявляються у вигляді змінення міцнісних та деформаційних властивостей ґрунтів під дією підземних вод, а також спричинення й активізації інженерно-геологічних процесів, до яких належать:

- зсувні процеси;
- просадні явища;
- набухання глинистих ґрунтів;
- карст;
- суфозія;
- морозна здимальність;
- пливунні явища;
- зміна сейсмічних властивостей ґрунтів.

Гідрогеологічні дослідження у складі комплексних інженерно-геологічних вишукувань повинні враховувати наявність у межах ділянки (території) ґрунтів з особливими властивостями, здатними змінюватись під впливом підземних вод, а також можливість виникнення та інтенсифікації інженерно-геологічних процесів, викликану зміною гідрогеологічних умов.

Види і обсяги гідрогеологічних досліджень у складі комплексних інженерно-геологічних вишукувань повинні забезпечувати отримання вихідних даних, достатніх для прогнозування можливих змін гідрогеологічних умов та їх впливу на інженерно-геологічні умови території (ділянки), а також для прийняття проектно-технічних рішень із захисту територій та споруд.

Самостійні гідрогеологічні вишукування виконуються для вирішення завдань, пов'язаних з безпосереднім негативним впливом підземних вод на інженерно-геологічні умови та спрямовані, головним чином, на вирішення проблеми підтоплення територій, окремих ділянок і споруд.

Геоморфологічними чинниками підтоплення є наступні:

- недостатня природна дренальність території завдяки слабкій вертикальній розчленованості рельєфу;

- низьке розташування території відносно природного базису дренавання, яким є гідрографічна мережа;

- наявність негативних форм рельєфу, через які відбувається акумуляція поверхневого стоку та його трансформування у підземний.

До геолого-літологічних чинників підтоплення належать:

- неглибоке залягання регіонального водотривкого шару;

- рельєф поверхні водотривкого шару, наявність підземних улоговин стоку – понижень у покрівлі водоупорів, що слугують зонами акумуляції та транзиту підземних вод (згідно з ДБН В.1.1-46:2017 «Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення»);

- розвиток у зоні аерації слабкопроникних порід з низькою водовіддачею, що спричиняє формування зон надмірного зволоження та повного водонасичення;

- наявність у вертикальному розрізі прошарків слабкопроникних порід, що виконують роль локальних водотривких товщ;

- літолого-фаціальна мінливість порід водонасиченої товщі, що створює умови для підпору підземних вод за рахунок змінення фільтраційного опору на шляху руху підземного потоку;

- наявність зон тектонічних порушень, через які відбувається розвантаження напірних водоносних горизонтів;

– наявність зон ерозійного розмиву порід регіонального водотривкого шару, що обумовлюють зв'язок з напірними водоносними горизонтами, які залягають нижче;

– наявність слабкопроникних руслових відкладень у зонах розвантаження підземних вод

Гідрометеорологічними чинниками є:

– співвідношення річної кількості опадів і випаровування;

– тривалість періодів з інтенсивними атмосферними опадами та негативними температурами повітря;

– природні сезонні коливання рівня води у водоймах та водотоках.

До техногенних чинників належать:

– додаткове інфільтраційне живлення підземних вод за рахунок витоків із водонесучих мереж, його інтенсивність прямо залежить від кількісної характеристики водоспоживання об'єкту (території);

– змінення природного рельєфу територій з порушенням умов поверхневого стоку;

– екранування земної поверхні інженерними спорудами та штучним покриттям, що перешкоджає випаровуванню з вільної поверхні підземних вод;

– наявність зрошувальних систем;

– створення баражного ефекту в результаті підпору підземного потоку паливними фундаментами та іншими підземними спорудами;

– підпір ґрунтового потоку при влаштуванні водосховищ та ставків, штучному регулюванні рівневого режиму водних об'єктів;

– виведення з експлуатації підземних водозаборів;

– створення умов розвитку техногенних водоносних горизонтів у масивах насипних або намивних ґрунтів;

– техногенне забруднення геологічного середовища, внаслідок чого відбувається цементация порід мінеральними новоутвореннями та змінення

водно-фізичних властивостей порід під впливом хімічних та органічних речовин (наприклад, при нафтохімічному забрудненні); хімічне забруднення також може викликати появу агресивних властивостей підземних вод і ґрунтів щодо матеріалів заглиблених конструкцій.

Головною метою інженерно-гідрогеологічних вишукувань на підтоплених та потенційно підтоплюваних територіях є отримання вихідних даних для розробки заходів інженерного захисту територій (споруд) від шкідливої дії підземних вод. Перелік необхідних для цього даних погоджується з проектною організацією та вноситься до технічного завдання.

Види і обсяги вишукувань визначаються в залежності від складності інженерно-гідрогеологічних умов (додаток Р [9]) та ступеня вивченості території. У загальному випадку, інженерно-гідрогеологічні вишукування виконуються у певній послідовності та включають наступні види робіт:

- вивчення літературних і фондових матеріалів: відомостей про регіональні особливості гідрогеологічних умов території, результатів наукових досліджень, стаціонарних режимних спостережень, балансових розрахунків, матеріалів вишукувань та проектних розробок минулих років;

- рекогносцирувальне обстеження територій, з виявленням й оцінкою діючих природних і техногенних факторів підтоплення;

- розвідувальне гідрогеологічне буріння, що виконують з метою визначення літологічного складу порід зони аерації та водонасиченої товщі, положення рівня підземних вод та водотривкого ложа; буріння розвідувальних гідрогеологічних свердловин доцільно поєднувати з інженерно-геологічним бурінням;

- польові дослідно-фільтраційні роботи проводяться для визначення фільтраційних властивостей порід зони аерації, водонасиченої та водотривкої товщі, гідрогеологічних параметрів і граничних умов водоносного горизонту;

- лабораторні роботи включають визначення хімічного складу підземних вод; окремо виконуються лабораторні визначення гранулометричного складу,

вологості та фільтраційних властивостей ґрунтів, як природних геологічних ознак, ґрунтуючись на яких, оцінюється потенційна підтоплюваність території;

– стаціонарні спостереження за режимом підземних вод виконують за особливих умов, у складі вишукувань для будівництва споруд класу наслідків (відповідальності) СС-3, а також для інженерного освоєння значних за площею територій; необхідність проведення цього виду досліджень обґрунтовується в програмі виконання робіт;

– геофізичні роботи, як правило, є допоміжними методами досліджень, необхідність виконання яких потребує додаткового обґрунтування;

– моделювання гідродинамічних процесів з використанням як фізичних моделей, так і спеціального програмного забезпечення на ЕОМ, виконується для складних гідрогеологічних умов, при яких аналітичне рішення геофільтраційних задач за допомогою типових розрахункових схем є неможливим або допускає суттєві похибки;

– камеральна обробка фактичних даних, отриманих під час вишукувань, розробка пошукових і нормативних прогнозів, формулювання та обґрунтування висновків і рекомендацій для подальших проектних розробок.

Результати інженерно-гідрогеологічних вишукувань оформлюють у вигляді розділу в науково-технічному звіті про комплексні інженерно-геологічні вишукування або у вигляді окремого звіту. Звітна документація повинна містити наступні відомості та дані:

– методикку проведення інженерно-гідрогеологічних досліджень;

– регіональну характеристику гідрогеологічних умов території;

– визначення та оцінку основних факторів підтоплення;

– перелік і глибини залягання водоносних горизонтів у зоні активної існуючої та прогнозованої взаємодії об'єктів будівництва з підземною гідросферою;

– опис і графічне відображення граничних умов досліджуваної області фільтрації з оцінкою їх ролі у формуванні гідродинамічного режиму території;

- воднобалансові характеристики та особливості режиму підземних вод;
- гідрогеологічні параметри водоносних горизонтів і фільтраційні характеристики ґрунтів зони аерації і водотривкого шару;
- наявність і характеристику небезпечних інженерно-геологічних процесів, пов'язаних з дією підземних вод;
- оцінку хімічного складу та агресивності підземних вод;
- інженерно-гідрогеологічне районування (для великих за площею територій);
- пошуковий та нормативний прогнози зміни гідрогеологічних умов у зоні впливу проєктованої інженерної діяльності;
- висновки та рекомендації для прийняття проєктно-технічних рішень щодо попередження та (або) захисту території (споруди) від підтоплення й пов'язаних з ним небезпечних інженерно-геологічних процесів.

Стаціонарні спостереження за станом елементів геологічного середовища, конструкцій будівель і споруд здійснюють як у процесі моніторингу, так і у процесі виконання вишукувальних робіт, якщо це передбачено програмою. Стаціонарні спостереження проводять з метою отримання інформації про розвиток інженерно-геологічних та гідрогеологічних процесів, їх циклічність, вплив на стан і експлуатаційну придатність будівель і споруд, тривалість стаціонарних спостережень повинна буди обґрунтована програмою виконання робіт.

Вивчення інженерно-геологічних процесів і явищ виконують на основі аналізу і синтезу інформації, отримуваної на усіх етапах виконання польових, лабораторних і камеральних робіт. За відповідного обґрунтування у програмі виконання робіт передбачають спеціальні види робіт (у т.ч. аерокосмічна зйомка, стаціонарні наземні спостереження, геофізичні роботи, лабораторні випробування та моделювання). Додаткові вимоги до інженерно-геологічних вишукувань у районах розвитку небезпечних геологічних процесів (карст,

суфозія, зсуви, обвали, селі, перероблення берегів водосховищ, озер і рік, сейсмічність тощо):

Завершальний етап інженерно-геологічних вишукувань – **камеральне оброблення матеріалів**. Камеральне оброблення включає опис, аналіз та модельне відображення інформації про геологічну будову, властивості ґрунтів, стан та режим гідросфери, поширення та активність інженерно-геологічних процесів та явищ.

Під час камерального оброблення матеріалів на основі польових відомостей та матеріалів складають інженерно-геологічну карту, що являє собою зменшене зображення на площині геологічних факторів місцевості, відібраних, охарактеризованих та узагальнених відповідно до вимог проектування, будівництва та експлуатації будівель та споруд. Карти масштабу 1:1000 000 та дрібнішого призначені для вивчення загальних закономірностей інженерно-геологічних умов, а також складання робочих гіпотез про геологічну будову значною за площею території, а також вибір місця будівництва споруди в межах області. Карти масштабу 1:500000 – 1:50000 використовуються для розміщення значних за площею промислових та цивільних комплексів споруд, для вибору загального напрямку трас лінійних інженерних споруд, для складання схеми енергетичного використання рік. Карти масштабу 1:25000 та більшого призначені для вибору місця та розміщення об'єктів промислового та цивільного будівництва, складання генеральних планів та детального планування міст.

Результати камерального оброблення повинні відповідати технічному завданню, програмі виконання робіт і вимогам до звіту про вишукування. Обов'язковою складовою частиною інженерно-геологічних робіт та обов'язковим елементом звіту є розроблення пошукового та нормативного прогнозів.

8.5. Інженерно-геологічні вишукування для реконструкції

Інженерно-геологічні вишукування для реконструкції виконують у всіх випадках реконструкції будівель та споруд.

Технічне завдання на проведення інженерно-геологічних вишукувань для реконструкції існуючих будівель та споруд повинно містити:

- найменування і строки експлуатації об'єкта;
- найменування та адресу організації-виконавця першопочаткового проекту будівництва;
- відомості про цілі реконструкції;
- технічні характеристики споруд до і після реконструкції (розміри в плані, висота, поверховість, типи фундаментів, їх заглиблення і розміри);
- дані про навантаження на основу до і після реконструкції (величина статичного навантаження, наявність динамічних і змінних статичних навантажень);
- положення в плані частин будівлі, що відрізняються за навантаженнями, часом зведення, глибиною закладення та конструкцією фундаментів тощо;
- відомості про особливості технологічного процесу до і після реконструкції (можливість замочування ґрунтів основи водою або хімічними розчинами, впливу на ґрунти високих температур, промерзання тощо);
- дані про наявність у безпосередній близькості від споруди, що реконструюватимуть, водонесучих комунікацій, штучних та природних водойм, дамб, підпірних стінок та інших режимоутворювальних факторів;
- можливість і варіанти підсилення фундаментів або ґрунтів;
- особливі вимоги до матеріалів інженерно-геологічних вишукувань, точності та забезпеченості отримуваних даних.

Складанню програми виконання робіт передують збір та детальне вивчення архівних матеріалів з інженерних вишукувань, першопочаткового проекту будівництва та інженерної підготовки території, документів про наявність та

стан захисних споруд і підземних комунікацій, візуальний огляд споруди з метою виявлення деформацій конструкцій.

Склад, обсяг та методику робіт з інженерно-геологічних вишукувань визначають залежно від виду реконструкції, геотехнічної категорії, рівня відповідальності будівлі та її технічного стану.

Інженерно-геологічні вишукування для реконструкції повинні забезпечити комплексне вивчення умов ділянки з урахуванням техногенного впливу, прогнозування змін умов після реконструкції, бути достатніми для вибору та розроблення найбільш надійного і економічного доцільного проектного рішення при реконструкції будь-якого виду.

Проводячи польові вишуквальні роботи (бурові, гірничопрохідницькі тощо), необхідно виключити вплив на фундаменти та на ґрунти основи споруди, яку реконструюватимуть. Порушення покриття, вимощення, гідроізоляція повинні бути відновлені забудовником після закінчення польових вишуквальних робіт.

Число свердловин і точок зондування приймають у кількості, достатній для визначення умов залягання і фізико-механічних властивостей ґрунтів, виділення ділянок зі зміненим станом ґрунтів у результаті техногенного впливу.

Проходку шурфів здійснюють з метою визначення глибини закладання, конструкцій й стану фундаментів, відбору проб ґрунтів з активної зони під фундаменти. Розташування шурфів визначають разом із проектною організацією, виходячи з конструктивних особливостей фундаменту, схеми його заглиблення, положення зон деформування (осадок, кренів), ділянок особливих впливі на ґрунти основи. Глибина шурфу має забезпечувати можливість відбору моноліту з глибини не менше 0,5 м нижче підшви фундаменту.

Геофізичні методи застосовують з метою вивчення стану ґрунтів, картування аномальних зон, прогнозування розвитку природних і техногенних

процесів, визначення глибини закладання та стану фундаментів, пошуку похованих фундаментів, конструкцій, порожнин.

Результати інженерно-геологічних вишукувань для реконструкції будівель та споруд оформлюють у вигляді звіту. У звіті на підставі порівняння результатів вишукувань і архівних даних повинен бути зроблений висновок про зміну інженерно-геологічних умов майданчика, спричинених будівництвом та експлуатацією споруди, яку реконструюватимуть, зроблений прогноз можливості їх подальших змін після проведення реконструкції. На інженерно-геологічні розрізи виносять фундаменти існуючих і знесених будинків, котловани, поховані конструкції та порожнини, підпірні стінки, ділянки хімічного закріплення ґрунтів тощо. За необхідності до звіту включають розділи: «Результати спеціальних досліджень»; «Аналіз можливих причин деформацій будинків (споруд)».

8.6. Інженерно-геологічні вишукування в процесі будівництва

Вишукування в процесі будівництва виконують у випадку поетапного будівництва, яке викликає зміни умов у міру реалізації проєктних рішень, за відсутності доступу до місця робіт, а також як контроль за дотриманням проєктних рішень і нормативних вимог, при здійсненні функцій авторського нагляду. На цій стадії вишуквальна організація здійснює:

- геотехнічний контроль;
- обстеження котлованів, траншей, тунелів і інших будівельних виїмок, як основ для фундаментів;
- контрольні визначення характеристик властивостей ґрунтів після їх технічної меліорації (ущільнення, цементації, силікатизації тощо);
- визначення відповідності фактичних інженерно-геологічних умов, прийнятим у проєкті;
- контроль рівня підземних вод, у тому числі при будівельному водозниженні;

– спостереження за розвитком інженерно-геологічних процесів і факторів, обумовлених господарським освоєнням території, уточнення прогнозу розвитку небезпечних процесів.

8.7. Інженерно-геологічні вишукування для підземного будівництва

При виконанні інженерно-геологічних вишукувань для підземного будівництва до програми робіт, в залежності від специфіки об'єкта, включають наступне:

– вивчення геологічної будови, складу та властивостей ґрунтів в межах території можливого впливу при будівництві та експлуатації об'єкта;

– вивчення складу та властивостей ґрунтів в межах стискуваної товщі в основі споруди;

– випробування міцнісних властивостей ґрунтів за схемою дренажного неконсолідованого зрізу;

– за наявності ґрунтових вод (фактичному або прогнозованому), визначення польовими та лабораторними методами фільтраційних параметрів ґрунтів, і моделювання процесів при тимчасовому або постійному водозниженні, й за необхідності, проведення дослідних відкачувань для оцінки параметрів дегідратаційно-гравітаційного осідання поверхні;

– при застосуванні заморожування ґрунтів – виконання випробувань для оцінки здимальності ґрунтів;

– улаштування системи нагляду за станом ґрунтового масиву, підземних комунікацій, будівель та споруд;

– вивчення та оцінка суфозійної стійкості ґрунтів;

– на ділянках із розломно-блоковою структурою масиву порід, вивчення та оцінка параметрів можливих переміщень блоків на підроблюваних територіях.

Результати додаткових робіт повинні бути відображені у відповідних розділах науково-технічного звіту.

8.8. Інженерно-геологічні вишукування у складних умовах

Додаткові вимоги поширюються на інженерно-геологічні вишукування для територій з III категорією складності умов.

Склад і обсяг додаткових інженерно-геологічних робіт призначають залежно від факторів, які обумовлюють складність умов та за спеціальним завданням.

На ділянках зі складними рельєфом та геологічною будовою відстані між свердловинами та глибину буріння призначають, виходячи з необхідності обґрунтованого відображення наявних особливостей.

На ділянках поширення ґрунтів із особливими властивостями способи вивчення цих властивостей і обсяги визначень повинні забезпечувати одержання обґрунтованих характеристик для проектування.

На підтоплених і потенційно підтоплюваних територіях склад і обсяг інженерно-гідрогеологічних робіт повинен забезпечувати прийняття рішень з територіального або локального захисту.

На територіях формування і розвитку несприятливих та небезпечних інженерно-геологічних процесів вишукування виконують також поза контурами проекрованої споруди в обсягах, достатніх для прогнозування розвитку цих процесів, і додатково створюють системи відповідних спостережень.

Пошукові прогнози при інженерно-геологічних вишукуваннях розробляються з метою оцінки можливості (ризик) виходу умов в цілому або окремих компонентів із допустимих (нормативних) станів. Основні напрямки прогнозів полягають в наступному:

- оцінка можливих змін стану та властивостей ґрунтів;
- оцінка зміни гідрогеологічних умов;
- визначення характеру та інтенсивності розвитку інженерно-геологічних процесів.

Вибір методів розроблення прогнозів повинен виконуватися з урахуванням складності умов та цільового призначення вишуквальних робіт.

Оцінка ризику виходу умов із допустимого (нормативного) стану здійснюється шляхом співставлення прогнозованих і допустимих параметрів системи. За результатами оцінки визначається необхідність розроблення та склад нормативних прогнозів. Відповідно оцінці ризику складні інженерно-геологічні умови розподіляються на додаткові категорії:

III – ризик виходу системи із допустимого стану – слабкий, захисні заходи не потрібні;

IIIа – ризик виходу системи із допустимого стану – суттєвий, необхідні спеціальні профілактичні заходи з урегулювання впливів або захисту від небезпечних процесів;

IIIб – екстремальна ситуація. Необхідні спеціальні заходи щодо попередження катастрофічних наслідків.

8.9. Технічні вимоги до результатів інженерно-геологічних вишукувань

Результати інженерно-геологічних вишукувань повинні відповідати таким критеріям якості:

- відповідність проведених вишукувань технічному завданню замовника;
- відповідність складу та змісту звіту цільовому призначенню робіт і нормативним документам;
- наявність посилань на використані літературні і фондові матеріали (або вказівка на їх відсутність);
- наявність документів про метрологічну повірку та підтвердження відповідності приладів і устаткування, які використані при вишукуваннях;
- кількість і розміщення гірничих виробок, точок польових дослідних робіт забезпечують одержання обґрунтованої інформації про інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови території (ділянки) вишукувань і прогнозування можливих загроз від небезпечних процесів;
- глибини проходки гірничих виробок, зондування, каротажу забезпечують вивчення активної зони та можливість багатоваріантного проектування основ і фундаментів;

– відбір проб ґрунтів порушеної та непорушеної структури забезпечує вивчення фізико-механічних властивостей шарів ґрунту і виділення інженерно-геологічних елементів;

– відповідність методики та технології польових і лабораторних випробувань ґрунтів нормам національних стандартів;

– відповідність складу й обсягу гідрогеологічних робіт категорії складності гідрогеологічних умов території;

– обґрунтованість пошукового та нормативного прогнозів результатами вишукувань;

– відповідність складу й оформлення звітної документації нормативним вимогам.

Наведені технічні вимоги не поширюються на довідки про інженерно-геологічні умови території (ділянки), які складені на основі фондкових матеріалів і не є основою для розроблення проєкту.

Контрольні питання до перевірки

1. Дати визначення поняття «інженерно-геологічні вишукування».
2. Об'єм та зміст інженерно-геологічних вишукувань.
3. Програма інженерно-геологічних вишукувань.
4. Склад робіт при інженерно-геологічних вишукуваннях.
5. Для чого виконують геофізичні роботи?
6. Як і для чого виконують бурові та гірничопрохідницькі роботи?
7. Для чого виконують геотехнічні вишукування?
8. Які роботи включають геотехнічні вишукування?
9. Що таке стаціонарне спостереження?
10. Вивчення інженерно-геологічних процесів і явищ.
11. Що містить камеральне оброблення матеріалів при інженерно-геологічних вишукуваннях?
12. Склад робіт при інженерно-геологічній розвідці.
13. Особливості геофізичних методів розвідки.

14. Технічне завдання та програма гідрогеологічних вишукувань.
15. Зміст звіту про інженерно-гідрологічні вишукування.
16. Дослідження фізико-технічних властивостей ґрунтів.
17. Інженерно-геологічні вишукування для реконструкції будівель та споруд.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

БАЗОВА

1. Основи гідрогеології та інженерної геології: навч. посібник / М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников. – Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2023. – 258 с.

2. Інженерна геологія (з основами геотехніки): підручник / В.Г. Суярко, В.М. Величко, О.В. Гаврилюк, В.В. Сухов, О.В. Нижник, В.С. Білецький, А.В. Матвєєв, О.А. Улицький, О.В. Чуєнко. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2019. – 296 с.

3. Колодій В.В. Гідрогеологія : підручник для студ. геол. спец. вищ. навч. закл. / В.В. Колодій. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2010. – 368 с.

4. Костюченко М.М. Гідрогеологія та інженерна геологія: Підручник /М.М. Костюченко, В.С. Шабатін. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2005. – 144 с.

5. Мельничук В.Г. Інженерна геологія: навч. посібник /В.Г. Мельничук, Я.О. Новосад, Т.П. Міхницька. – Рівне: НУВГП, 2013. – 351 с.

6. Новосад Я.О. Гідрогеологія: навч. посібник / Я.О. Новосад. – Рівне: НУВГП, 2005. – 136 с.

ДОПОМІЖНА

1. ДБН А.2.-1-2008. Інженерні вишукування для будівництва.
2. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Ґрунти. Класифікація.
3. ДСТУ Б В.2.1-17: 2009. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей.
4. ДСТУ Б В.2.1-4-96. Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформативності.
5. ДСТУ Б В.2.1-5-96. Ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань.

6. ДСТУ-Н Б EN 1997-1:2010 Єврокод 7. Геотехнічне проектування. Частина 1. Загальні правила (EN 1997-1:2004, IDT).

7. Захист територій від зсувів: навч. посібник / Ю.Й. Великодний, С.В. Біда, В.М. Зоценко, І.І. Ларцева, А.М. Ягольник. – Х.: Друкарня «Мадрид», 2016. – 160 с., вид. друге переробл. і доповн.

8. Кошляков О.Є. Практикум з динаміки підземних вод / О.Є. Кошляков, В.І. Мокієнко. – К.: КНУ, 2006. – 76 с.

9. Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища : навчальний посібник / І. І. Ваганов, І. В. Маєвська, М. М. Попович. Вінниця : ВНТУ, 2014. – 267 с.

Навчальне видання

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни «Інженерна геологія та вишукування»

*(для здобувачів вищої освіти
спеціальності G 19 – «Будівництво та цивільна інженерія»)
(Електронне видання)*

Укладачі: БІЛОШИЦЬКА Наталія Іванівна
ТАТАРЧЕНКО Галина Олегівна
БІЛОШИЦЬКИЙ Микола Володимирович

Оригінал - макет Н.І. Білошицька

Підписано до друку _____

Формат 60×84¹/₁₆. Папір типограф. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Умов. друк. арк. ____ . Обл.-вид.арк. ____ .

Тираж ____ прим. Вид. № ____ . Замовл. № ____ . Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Адреса видавництва: м. Київ, вул. Іоанна Павла II буд 17, Телефон: +38(050)
218 04 78, факс (064 52) 4 03 42
E-mail: vidavnictvosnu.ua@gmail.com