

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

КАФЕДРА БУДІВНИЦТВА, УРБАНІСТИКИ ТА ПРОСТОРОВОГО ПЛАНУВАННЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять

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

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни **«Інженерна геологія та вишукування»** для здобувачів вищої освіти спеціальності **G 19 «Будівництво та цивільна інженерія»** / Укл.: Білошицька Н.І. – Київ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2025. – 145 с.

Методичне видання спрямоване на виконання студентами практичних завдань на підставі лекційного та самостійно засвоєного матеріалу з дисципліни «Інженерна геологія та вишукування». Методичні вказівки охоплюють широкий спектр тем з інженерної геології, гідрогеології, петрографії та інженерно-геологічних вишукувань, вивчення яких є обов'язковим для фахівців зі спеціальності G 19 «Будівництво та цивільна інженерія»: будова Землі, геохронологія, мінерали та їх класифікація, генетична класифікація гірських порід, рельєф, класифікація підземних вод, інженерно-геологічні вишукування та ін.

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

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

ВСТУП

Проектування і будівництво будівель та інженерних споруд може бути ефективним і довгостроковим, а їх експлуатація завдасть мінімальної шкоди навколишньому середовищу тільки за умови надійного інженерно-геологічного і гідрогеологічного обґрунтування проектів.

Основна мета цих методичних вказівок – навчити майбутнього інженера розуміти й читати інженерно-геологічну і гідрогеологічну документацію, аналізувати її з метою вибору найбільш перспективних ділянок для будівництва тих або інших будівель та споруд, правильної їх експлуатації, надання рекомендацій з охорони навколишнього середовища.

Дані методичні вказівки призначені для студентів, які вивчають дисципліну «Інженерна геологія та вишукування». Вказівки містять теоретичний матеріал у стислій формі, питання до закріплення матеріалу та практичні завдання. Кожне завдання подане в декількох варіантах.

Відповіді на завдання повинні бути чіткими, ясними, по можливості короткими та в обов'язковому порядку супроводжуватися схемами і рисунками. При необхідності відповіді на завдання можна оформляти у табличній формі. Їх слід формулювати своїми словами, а не переписувати один за одним розділи підручника.

Виконання конкретного завдання вимагає попереднього вивчення відповідного розділу теоретичного курсу. Наприкінці кожного завдання треба надати список літератури з нумерацією сторінок, де це питання висвітлено більш повно. Якщо теоретичного матеріалу в підручнику або навчальному посібнику для відповіді недостатньо, то на додаток до літератури надані ці методичні вказівки, у найбільш важких випадках в них наведено приклади виконання завдання.

ТЕМА 1

СКЛАД І БУДОВА ЗЕМЛІ. ГЕОХРОНОЛОГІЯ

Геологія (від грец. «гео» – Земля, «логос» – вчення) – наука про Землю, її складі, будову і розвиток, про процеси, що протікають на ній, в її повітряній, водній та кам'яній оболонках. Геологія являє собою сукупність багатьох геологічних дисциплін, що виділилися з її в результаті поглибленої розробки окремих галузей геологічних знань: мінералогія, петрографія (наука про горні породи, їх мінералогічні та хімічні склади, структури і текстури, умови залягання, закономірності залягання, походження та зміни у земній корі та на поверхні землі), кристалографія, геохімія, тектоніка, динамічна геологія, стратиграфія, палеонтологія, інженерна геологія та ін.

1.1. Будова Землі

Земля складається з декількох оболонок, хімічний склад, фізичний стан і властивості яких різні. Геологія вивчає головним чином зовнішню оболонку – земну кору або літосферу (від грец. «літос» – камінь) в тісній співпраці з іншими науками – біологією, ґрунтознавством, геофізикою, географією та ін. При геологічних дослідженнях вивчаються, перш за все, верхні горизонти земної кори в природних відслоненнях (виходах на поверхню Землі гірських порід з-під наносів) і в відслоненнях штучних – гірських виробках (канавах, шурфах, шахтах, свердловинах). Для дослідження глибинних частин земної кори використовуються геофізичні методи.

Форма Землі зазвичай іменується Земним кулею або геоїдом, схожим на тривісний еліпсоїд обертання. Маса Землі дорівнює 6×10^{21} т, середній радіус 6371 км, середня щільність $5,52 \text{ г/см}^3$, довжина екватора близько 40000 км. Поверхня земної кулі на 71% зайнята поверхневими водами (океанами, морями, озерами, річками та ін.) і на 29% сушею.

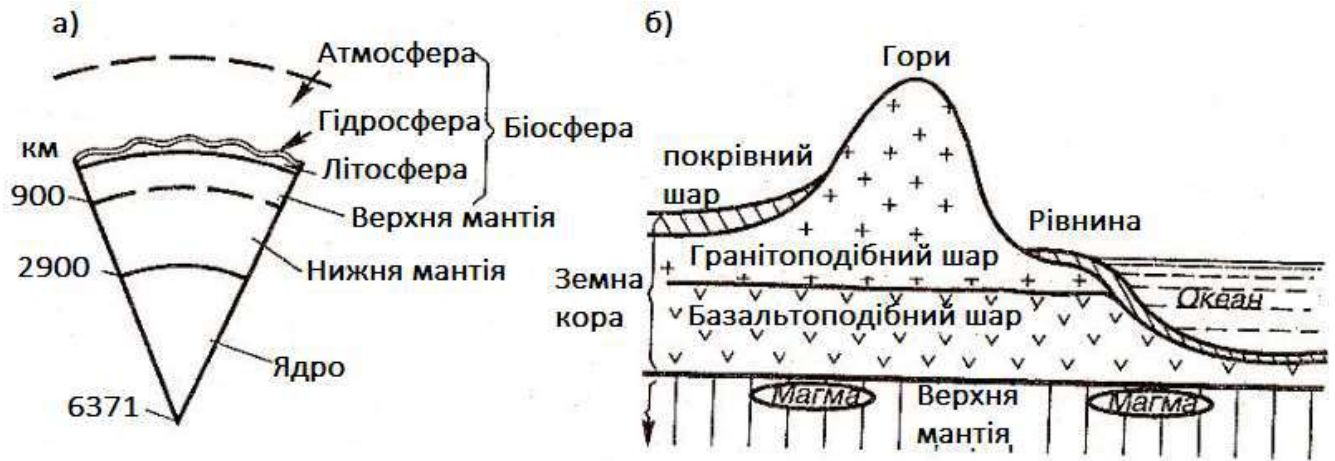


Рис. 1.1. Геосфери Землі (а) і будова земної кулі (б)

Земля складена декількома концентричними оболонками: зовнішніми – атмосфера (газова оболонка), гідросфера (водна оболонка), біосфера (область поширення живої речовини) і внутрішніми, які називають геосферами – ядро, мантія і літосфера.

Для безпосереднього спостереження доступні атмосфера, гідросфера, біосфера і сама верхня частина земної кори. За допомогою бурових свердловин вдається вивчати глибини до 8 км. Будова глибших надр Землі вивчається геофізичними методами, у тому числі найбільше значення мають сейсмічні та гравіметричні.

Земне ядро складається з зовнішнього (рідкого) і внутрішнього (твердого) ядра. Глибина ядра – 2900 км, щільність речовини зростає з глибиною з 9,5 до 14 г/см³, і маса земного ядра складає 32% всієї маси Землі. Ядро на 90% складається з заліза з нікелем, кисню, сірки, вуглецю, і його склад повністю відповідає складу ряду метеоритів.

Мантія розташовується під земною корою в інтервалі глибин від 8-80 до 2900 км. Температура у верхніх шарах (до 100 км) – 1000...1300°C, з глибиною підвищується і біля нижньої границі досягає 2300°C. Однак речовина там знаходиться в твердому стані внаслідок тиску, який на великих глибинах становить сотні тисяч і мільйони атмосфер. Мантія має потужність 2000...2800 км і її маса складає 67,8% від загальної маси Землі. Мантія складена силікатними ультраосновними породами з щільністю 4,5...6 г/см³.

Земна кора являє собою верхній шар Землі. Потужність кори коливається від 5 до 25...40 км. Для інженера-геолога земна кора є основним об'єктом досліджень, саме на її поверхні і в її надрах зводяться інженерні споруди, тобто здійснюється будівельна діяльність. Земна кора найбільш неоднорідна. За глибиною в ній виділяється 3 шари (зверху вниз): осадовий, гранітний і базальтовий.

Осадовий шар утворений м'якими, а іноді і рихлими гірськими породами, що виникли шляхом осадження речовини у водному або повітряному середовищі на поверхні Землі. Осадові породи зазвичай розташовані у вигляді пластів, обмежених паралельними площинами.

Потужність шару коливається від декількох метрів до 10...15 км. Є ділянки, де осадовий шар практично повністю відсутній.

Гранітний шар складений в основному магматичними і метаморфічними породами, багатими Al і Si. Середній вміст SiO_2 в них більше 60%, тому їх відносять до кислих порід. Щільність порід шару 2,65...2,80 г/см³, потужність 20...40 км. У складі океанічної кори (наприклад, на дні Тихого океану) гранітний шар відсутній, будучи, таким чином, невід'ємною частиною саме континентальної земної кори.

Базальтовий шар лежить в основі земної кори і є суцільним, тобто, на відміну від гранітного шару, присутній в складі і континентальної, і океанічної кори. Речовини, що складають базальтовий шар, за хімічним складом і фізичними властивостями близько до базальтів (менш багатим SiO_2 , ніж граніти). Щільність речовини досягає 3,32 г/см³.

1.2. Хімічний склад земної кори

Земна кора в хімічному відношенні з усіх внутрішніх геосфер Землі вивчена найбільш детально. Але і в її межах достовірні дані про хімічний склад гірських порід отримані лише для самої верхньої, доступної для спостережень частини материків, тобто до глибини 10...15 км. Перші відомості про хімічний склад земної кори належать американському вченому Ф. Кларку, який базуючись на результатах 6000 хімічних аналізів різних гірських порід у 1889 році вираховував і

опублікував середні вмісти 50 основних хімічних елементів земної кори. Пізніше ці результати уточнювалися багатьма вченими, зокрема, В.І. Вернадським, О.П. Виноградовим, Г.В. Войткевичем, О.Б. Роновим, Р. Тейлером, О.О. Ярошевським та іншими, які не тільки суттєво доповнили знання про хімічний склад земної кори, але й за пропозицією О.Є. Ферсмана ввели поняття кларків.

Кларк – це середній вміст хімічного елемента у земній корі. Розрізняють масові (вагові), атомні та об’ємні кларки. Масові кларки – це середні масові вмісти елементів, виражені у відсотках або грамах на тону. Атомні кларки відображають процентну кількість числа атомів, а об’ємні показують, який об’єм породи у відсотках займає даний елемент. Найпоширенішими хімічними елементами в земній корі, кларки яких перевищують одиницю або близькі до неї, є кисень, кремній, алюміній, залізо, кальцій, натрій, магній, калій та водень. Вони складають більше 98% земної кори, при цьому близько 80% припадає на долю кисню, кремнію та алюмінію (табл. 1.1).

Таблиця 3.1

Середній хімічний склад земної кори (хімічні елементи, %)

Елементи	За Ф.В. Кларком (1924)	За О.П. Виноградовим (1962)	За О.О. Ярошевським (1988)
O	49,52	49,13	47,90
Si	25,75	26,00	29,50
Al	7,51	7,45	8,14
Fe	4,70	4,20	4,37
Mg	1,94	2,35	1,79
Ca	3,29	3,25	2,71
Na	2,64	2,40	2,01
K	2,40	2,35	2,40
H	0,88	0,15	0,16

Зазначені вище елементи (окрім водню), а також вуглець, фосфор, хлор та фтор є головними складовими гірських порід, у зв’язку з чим їх називають породоутворюючими, або петрогенними. Елементи, які характеризуються

незначними кларками, утворюють групу рідкісних або розсіяних елементів. Окрім цього виділяють ще металогенні елементи, що складають, головним чином, руди металевих корисних копалин. До них відносяться мідь, свинець, цинк, молібден, ртуть та інші. Проте, існують також елементи, які в природі відіграють подвійну роль: з однієї сторони вони можуть виступати як петрогенні, і входять до основного складу гірських порід, а з другої – утворюють типові сполуки металів як рудогенні. Прикладом їх можуть слугувати залізо, марганець, алюміній та інші.

Нерівномірність поширення хімічних елементів у земній корі є однією з особливостей її хімізму. Це також знайшло відображення в періодичній системі Д.І. Менделєєва. Так, кларки перших 30 елементів системи (від водню до цинку), здебільшого, складають цілі і десяті частки відсотків, кларки ж інших елементів лише в поодиноких випадках досягають тисячних часток відсотка.

1.3. Геологічна хронологія земної кори

Велике наукове та практичне значення має встановлення віку гірських порід. Це необхідно, зокрема, для оцінки властивостей порід і визначення їх положення серед інших порід. Так, наприклад, породи, що утворилися в той саме час в однакових умовах, мають звичайно однаковий склад. Якщо тотожність умов збереглася й надалі, то подібні породи володіють і однаковими будівельними властивостями.

Земля має дуже тривалу і складну історію розвитку, яка відображена в гірських породах, що послідовно виникали в надрах Землі і на її поверхні. Відновлення історії Землі і пояснення причин її розвитку становить предмет історичної геології. Ця наука встановлює зв'язок розвитку органічного світу з розвитком всієї земної кори. Спеціальними її дисциплінами є **стратиграфія, палеонтологія, палеогеографія.**

Встановлення віку гірських порід необхідно для оцінки їх властивостей і визначення положення серед інших порід. Вік гірських порід визначається за допомогою 2-х методів: **абсолютної і відносної** геохронології. Геохронологія – шкала геологічного часу або схема послідовності подій в історії Землі.

Метод абсолютної геохронології заснований на вивченні швидкості розпаду радіоактивних ізотопів різних хімічних елементів.

Відносна геохронологія – це визначення віку однієї породи відносно іншої породи, старше вона або молодший за неї. Для визначення відносного віку використовують два методи: стратиграфічний і палеонтологічний.

Стратиграфічний метод застосовують для товщ із непорушеним горизонтальним заляганням шарів. При цьому вважають, що шари (породи), які лежать нижче, є більше древніми, чим ті, що лежать вище. Цей метод мало застосовується при заляганні шарів у вигляді складок.

Визначення відносного віку породи вирішується наукою палеонтологією, на підставі вивчення відкладень древніх тварин і рослин, відкладених в гірських породах. В основу методу покладена історія розвитку органічного життя на Землі. В історії землі відбувалася постійна зміна тваринного і рослинного світу від примітивного до досконалішого. Кожному відрізку геологічного часу були характерні певні групи рослинного і тваринного світу. Залишки вимерлих організмів були поховані у тих осадах, які накопичувалися в той відрізок часу, коли вони жили. Знаючи послідовність і період життя вимерлих організмів, по їхнім залишкам можна визначити вік шарів осадових порід.

Відкладення, що складають відому нам частину земної кори, діляться на 5 груп: архейську, протерозойську, палеозойську, мезозойську і кайнозойську. Групи – це найбільш великі підрозділи товщ гірських порід, що складають земну кору, кожна з яких по часу формування відповідає своїй епосі.

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 хвоці, 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 червононогих 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.

Таблиця 1.2

Геохронологічна (стратиграфічна) шкала

Ера (група). Индекс. Тривалість в млн. років	Період (система). Индекс. 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	Крейдвий (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 мають: 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, K₂ значить, що порода утворилась в пізньокрейдovu епоху крейдового періоду та відноситься до верхньокрейдового відділу крейдової системи.

3. Епохи підрозділяються на століття (яруси).

1.4. Контрольні завдання за темою

Завдання 1. Розташуйте геологічні періоди у хронологічному порядку та напишіть їх умовні літерні позначення – геологічні індекси. Між породами якого віку мається стратиграфічна перерва? При складанні відповіді користуватися табл. 1.2.

Варіанти	Геологічні періоди	Варіанти	Геологічні періоди
1	карбон, неоген, перм, четвертинний	11	палеоген, девон, неоген, сілур
2	перм, палеоген, тріас, неоген	12	крейда, неоген, карбон, палеоген
3	крейда, палеоген, девон, карбон	13	тріас, ордовік, юра, перм
4	перм, кембрій, тріас, ордовік	14	кембрій, четвертинний, неоген, тріас
5	перм, кембрій, тріас, ордовік	15	юра, четвертинний, крейда, палеоген
6	карбон, тріас, перм, неоген	16	девон, ордовік, кембрій, сілур
7	юра, девон, крейда, карбон	17	юра, тріас, перм, неоген
8	ордовік, сілур, юра, кембрій	18	четвертинний, палеоген, сілур, ордовік
9	сілур, юра, тріас, ордовік	19	палеоген, карбон, девон, неоген
10	девон, палеоген, крейда, кембрій	20	неоген, юра, перм, кембрій

Завдання 2. Палеозойська ера у геохронологічній шкалі розділена на шість періодів. Назвіть ці періоди та розташуйте у стратиграфічній послідовності від більш древніх до молодих.

Завдання 3. Назвіть позначені нижче геологічні ери та періоди, розташували їх у хронологічному порядку. Між породами якого віку є стратиграфічна перерва?

Варіанти	Індекси	Варіанти	Індекси
1	D, J, O, S	11	O, T, C, P
2	P, N, T, Q	12	K, D, Q, J
3	C, P, D, K	13	Q, N, A, O
4	K, Q, T, J	14	KZ, MZ, D, C
5	T, D, C, J	15	C, J, P, S
6	C, S, P, O	16	K, T, N, PR
7	P, K, C, J	17	S, Q, O, A
8	J, Q, T, N	18	N, P, J, D
9	T, P, N, C	19	O, A, T, K
10	O, J, C, K	20	D, S, N, Q,

Завдання 4. Геологічна історія Землі у геохронологічній шкалі розділена на п'ять ер (груп). Як вони називаються? Якими індексами позначаються? Розташуйте індекси ер у геохронологічному порядку від найдавнішої до сучасної.

Завдання 5. Кайнозойська та мезозойська ери у геохронологічній шкалі розділені на три періоди кожна. Назвіть їх та розташуйте у стратиграфічній послідовності.

Контрольні питання до перевірки:

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 2

ПОРОДОТВІРНІ МІНЕРАЛИ

Мінерали – природні хімічні сполуки, які є продуктом різних фізико-хімічних процесів, що протікають в земній корі. Всі гірські породи являють собою щільні або рихлі агрегати, що складаються з мінералів. Сучасна мінералогія (наука, що вивчає мінерали) налічує кілька тисяч мінералів. Однак в гірських породах постійно зустрічаються всього близько 100 мінералів.

Мінерали, що входять до складу гірських порід в кількості, більшій, ніж 1%, називаються породотвірними.

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 кришталі).

Аморфні мінерали (наприклад, кремій, вулканічне скло) кристалічної структури не мають. Їхні 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.

2.1. 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.

Зовнішня форма мінералів різноманітна. Тверді мінерали зустрічаються в природі або в вигляді кристалів, що мають форму багатогранників, або у вигляді

неправильних за формою зерен або суцільних мас, також складених кристалічною речовиною, або у вигляді аморфних (некристалічних) мас.

Колір залежить від хімічного агента – носія забарвлення. Колір для дуже багатьох мінералів строго постійний. Їх умовно поділяють на світлі (кварц, польові шпати, гіпс, кальцит та ін.) і темні (рогова обманка, авгіт та ін.). Забарвлення одного і того ж мінералу може бути дуже мінливим, що залежить від сторонніх домішок: наприклад, кварц може бути безбарвним і прозорим (гірський криштал), непрозорим (молочний кварц), фіолетовим (аметист), сірим (димчастий кварц), чорним (моріон) та ін. Деякі мінерали (лабрадор) змінюють колір в залежності від умов освітлення, набуваючи красиве райдужне забарвлення.

Прозорість – здатність мінералів пропускати крізь себе світло.

Виділяють три групи мінералів: прозорі (кварц, мусковіт та ін.), напівпрозорі (гіпс, халцедон та ін.) і непрозорі (пірит, графіт та ін.).

Блиск – здатність поверхні мінералів відбивати в різному ступені світло. Блиск може бути металевим і неметалевим, який в свою чергу може бути скляним (кварц, силікати), жирним (тальк), шовковистим (селеніт, азбест), матовим, перламутровим (слюда), алмазним та ін.

Твердість – здатність мінералів протистояти зовнішнім механічним впливам. Твердість мінералів оцінюється відносно твердості еталонних мінералів, розташованих в порядку зростання, за 10-бальною шкалою твердості Мооса:

- | | |
|------------|---------------|
| 1. Тальк | 6. Плагіоклаз |
| 2. Гіпс | 7. Кварц |
| 3. Кальцит | 8. Топаз |
| 4. Флюорит | 9. Корунд |
| 5. Апатит | 10. Алмаз |

Спайність – здатність мінералів розколюватися або розщеплюватися за певними напрямками з утворенням рівних, гладеньких площин розколу.

Злам характеризує вид поверхні мінералу, що виходить при розбиванні і розколюванні. Розрізняють злам по спайності (кальцит), раковистий (кварц), землистий (каолініт) та ін.

Щільність мінералів різна і коливається в межах від 0,6 до 19 г/см³. До легких відносяться мінерали з щільністю 0,6...2,5 г/см³: нафта, вугілля, сірка, гіпс. Середні мають щільність до 4 г/см³ – кальцит, кварц. До важких мінералів відносяться руди металів.

Мінерали можуть володіти рядом інших фізичних властивостей: крихкістю, плавкістю, магнітністю, смаком, запахом та ін.

2.2. Класифікація мінералів

Класифікація мінералів заснована в основному на їх хімічному складі:

- 1) самородні елементи;
- 2) сульфідні;
- 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.

Сульфідні – до цієї групи належить численна кількість мінералів, що представляють сполуки металів, переважно кольорових, з сіркою (пірит FeS₂). Всі

сульфіди 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 гідроксиди – до цього класу належать оксиди, тобто сполуки елементів з киснем, і гідроксиди, в складі яких присутні, крім оксиду, ще елементи води у вигляді OH або H_2O : кварц SiO_2 , опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, лимоніт $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. 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 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, 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.

2.3. Контрольні завдання за темою

Завдання 1. Дайте характеристику вказаних нижче мінералів. До складу яких гірських порід вони можуть входити? Наведіть приклади.

Варіанти	Мінерали	Варіанти	Мінерали
1	плагіоклаз, сірка	11	тальк, кальцит
2	хлорит, мікроклін	12	халцедон, гранат
3	альбіт, гіпс	13	лабрадор, доломіт
4	глауконіт, кварц	14	ортоклаз, монтморилоніт
5	мусковіт, сильвін	15	азбест, мусковіт
6	лімоніт, біотит	16	кремінь, ангідрит
7	авгіт, каолініт	17	галіт, кварцит
8	рогова обманка, галіт	18	гематит, ортоклаз
9	опал, олівін	19	сірка, лабрадор
10	пірит, ангідрит	20	тальк, монтморилоніт

Приклад відповіді. Анортит $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ (кальцієвий основний плагіоклаз) за хімічним складом належить до групи польових шпатів класу силікатів. Переважають білий, сірий, блакитний, жовтий та інші світлі тони, що залежать від домішок. Характеризується твердістю 6...6,5, скляним блиском, досконалою або середньою спайністю за двома напрямками під кутом 87° , відсутністю риси або її білим кольором. Утворюється анортит при кристалізації основної магми, рідше

при контактово-метаморфічних процесах. Зустрічається у вигляді дрібних кристалів і зернистих мас в основних магматичних породах (габро, базальт, діабаз).

Графіт (С) відноситься до класу самородних елементів. Характеризується твердістю 1, сталевим-сірим до чорного кольором, металопоподібним жирним (іноді матовим) блиском, сірувато-чорною блискучою рисою, досконалою спайністю в одному напрямку, дрібнозернистим зламом. На дотик графіт жирний, бруднить руки, пише на папері, розтирається пальцями в чорний пил. Вогнетривкий і кислотоупорний, проводить електрику. Утворюється в процесі контактового і регіонального метаморфізму осадових карбонатних і органічних відкладень.

Зустрічається в метаморфічних породах у вигляді суцільних лускатих, щільних аморфних або землястих мас, а також у вигляді включень в мраморах, гнейсах, слюдяних та інших кристалічних сланцях, гранулітах.

Коротка відповідь: анортит – плагіоклаз основний, класу силікатів, утворює магматичні породи спільно з іншими мінералами.

Графіт (формула С) – самородний елемент, зустрічається в метаморфічних гірських породах.

Завдання 2. До складу яких гірських порід входять перераховані мінерали у якості породотвірних? Дайте порівняльну оцінку їх стійкості при вивітрюванні та розчиненні.

Варіант	Мінерали	Варіант	Мінерали
1	альбіт, лімоніт	11	опал, кварцит
2	лабрадор, серицит	12	халцедон, магнезит
3	сильвін, ортоклаз	13	мусковіт, циркон
4	хлорит, мікроклін	14	малахіт, хризоліт
5	ангідрит, авгіт	15	флюорит, селеніт
6	мусковіт, галіт	16	мікроклін, графіт
7	гіпс, рогова обманка	17	анортит, пірит
8	кальцит, біотит	18	монтморилоніт, глауконіт
9	глауконіт, кварц	19	ангідрит, сірка
10	олівін, доломіт	20	ортоклаз, мікроклін

Завдання 3. Які з перерахованих мінералів є головними породотвірними магматичних, осадових й обох класів гірських порід? Навести приклади.

Варіант	Мінерали	Варіант	Мінерали
1	халцедон, кварц, олівін	11	плагіоклаз, мікроклін, кварц
2	лабрадор, мусковіт, кальцит	12	доломіт, мусковіт, магнезит
3	ортоклаз, каолініт, біотит	13	рогова обманка, лімоніт, гіпс
4	гіпс, рогова обманка, авгіт	14	галіт, монтморилоніт, опал
5	мікроклін, опал, авгіт	15	біотит, хлорит, анортит
6	лімоніт, доломіт, плагіоклаз	16	лімоніт, альбіт, ортоклаз
7	магнезит, альбіт, олігоклаз	17	магнезит, авгіт, мусковіт
8	біотит, анортит, монтморилоніт	18	анортит, лабрадор, мусковіт
9	хлорит, гіпс, кальцит	19	мікроклін, авгіт, біотит
10	опал, халцедон, сільвін	20	халцедон, ортоклаз, доломіт

Завдання 4. Які з перерахованих мінералів є головними породотвірними магматичних, метаморфічних й обох класів гірських порід. Навести приклади.

Варіант	Мінерали	Варіант	Мінерали
1	лабрадор, ортоклаз, тальк	11	піроксен, гранат, кальцит
2	олівін, біотит, кальцит	12	біотит, авгіт, піроксен
3	мусковіт, хлорит, авгіт	13	кальцит, елеоліт, тальк
4	гранат, кварц, нефелін	14	ільменіт, мікроклін, біотит
5	елеоліт, ортоклаз, мусковіт	15	піроксен, лабрадор, ортоклаз
6	мікроклін, авгіт, опал	16	мікроклін, авгіт, олівін
7	лімоніт, магнезит, пірит	17	апатит, біотит, лабрадор
8	плагіоклаз, піроксен, гематит	18	магнезит, елеоліт, олівін
9	гематит, кальцит, мікроклін	19	серпентин, мікроклін, опал
10	сфен, ортоклаз, кальцит	20	галеніт, тальк, ортоклаз

Завдання 5. Які з перерахованих мінералів є головними породотвірними осадових, метаморфічних та обох класів гірських порід? Навести приклади.

Варіант	Мінерали	Варіант	Мінерали
1	лімоніт, мікроклін, гранат	11	лімоніт, монтморилоніт
2	ангідрит, серицит, кварц	12	азбест, галіт, кварц
3	кальцит, монтморилоніт, хлорит	13	пірит, каолініт, мусковіт
4	азбест, мусковіт, гіпс	14	монтморилоніт, доломіт
5	ортоклаз, опал, доломіт	15	ангідрит, кварц, ортоклаз
6	тальк, каолініт, кварц	16	пірит, лімоніт, азбест
7	галіт, кварц ортоклаз	17	галіт, мусковіт, хлорит
8	гранат, азбест, ангідрит	18	каолініт, доломіт, серицит
9	доломіт, серицит, пірит	19	серицит, пірит, опал
10	опал, каолініт, галіт	20	гранат, ортоклаз, хлорит

Завдання 6. З числа названих нижче мінералів виділіть розчинні у воді. Розташуйте їх у порядку зростання розчинності.

Варіант	Мінерали	Варіант	Мінерали
1	кварц, каолініт, галіт, кальцит	11	доломіт, галіт, гематит, графіт
2	мусковіт, гіпс, доломіт, опал	12	кальцит, доломіт, кварц, галіт
3	кремій, лімоніт, ангідрит, галіт	13	гіпс, ортоклаз, пірит, опал
4	біотит, графіт, доломіт, гіпс	14	каолініт, галіт, кварц, графіт
5	кварц, пірит, галіт, кальцит	15	азбест, опал, ангідрит, лімоніт
6	гематит, кальцит, гіпс, пірит	16	лімоніт, біотит, ортоклаз, пірит
7	доломіт, кальцит, ангідрит, галіт	17	гіпс, гематит, азбест, ангідрит
8	ортоклаз, галіт, азбест, кальцит	18	кальцит, лімоніт, доломіт, опал
9	графіт, кальцит, лімоніт, доломіт	19	азбест, гіпс, галіт, гематит
10	азбест, біотит, каолініт, пірит	20	ортоклаз, опал, кварц, азбест

Відносна стійкість головних породотвірних мінералів при вивітрюванні та характеристика їх розчинності

Стійкість при вивітрюванні	Розчинність у воді			
	нерозчинні	слабкорозчинні	середньорозчинні	сильнорозчинні
Дуже стійкі	кварц, лімоніт, каолін, гранат, графіт, хлорит, монтморилоніт, халцедон	–	–	–
Стійкі	ортоклаз, альбіт, мікроклін, мусковіт	кальцит, доломіт	–	–
Помірно стійкі	рогова обманка, авгіт, біотит	–	гіпс, ангідрит	–
Нестійкі	лабрадор, анортит, олівін, нефелін, глауконіт, пірит, сірка			галіт, сильвін

2.4. Контрольні питання до перевірки:

1. Дати визначення терміну «мінерал».
2. Охарактеризувати процеси, при яких утворюються мінерали.
3. Охарактеризувати хімічний склад мінералів.
4. Охарактеризувати фізичні властивості мінералів.
5. За якою шкалою оцінюється твердість мінералів? Назвати еталонні мінерали.

ТЕМА 3

ГІРСЬКІ ПОРОДИ. ГЕНЕТИЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ГІРСЬКИХ ПОРОД

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.

3.1. Магматичні гірські породи

Магматичні породи – це породи, що утворилися при охолодженні магми. Залежно від умов застигання магми всі 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...65%), основні (45...52%) і ультраосновних (<45%).

Класифікацію магматичних порід за хімічним складом та умовами утворення наведено в табл. 3.1.

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	–	–

3.1.1. 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.

3.1.2. Форми залягання магматичних порід

Магма на глибині твердне в різні за формою магматичні тіла: батоліти, лаколіти, штоки і жили (рис. 3.1).

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.

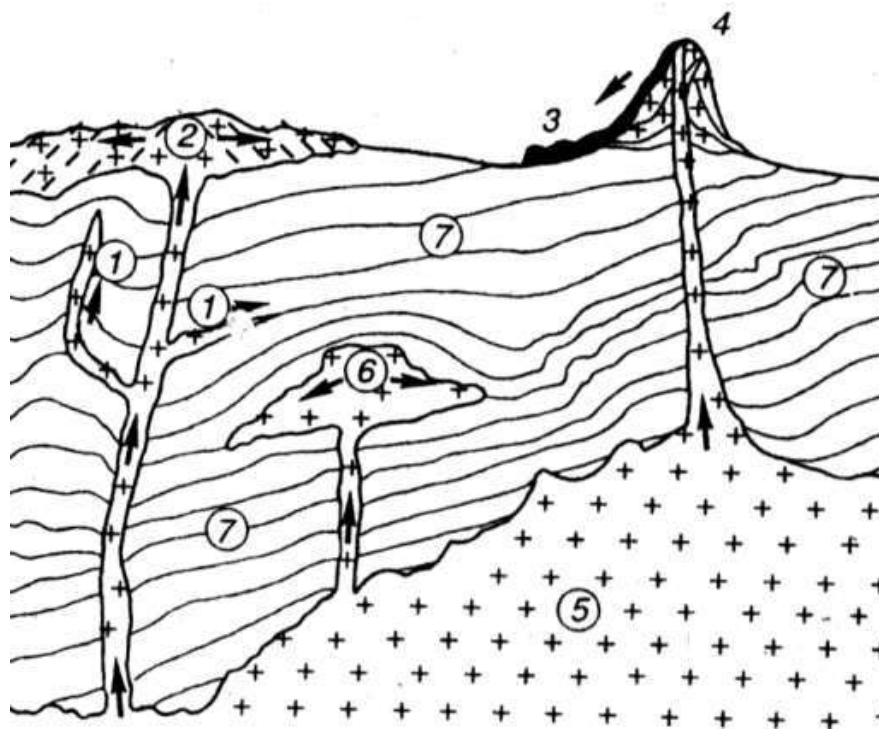


Рис. 3.1. Основні форми залягання магматичних порід: 1 – жили; 2 – покрив; 3 – потік; 4 – вулканічний конус; 5 – батоліт; 6 – лаколіт; 7 – товща осадових порід

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 плинущі магми з вулканів.

3.2. 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 температурі 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 роздавлювання 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 контакті 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.

3.3. 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.

3.3.1. 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. 3.2.

Таблиця 3.2

Класифікація уламкових порід

Розмір зерен або уламків, мм		Наявність цементу			
		нецементовані		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	
Пилуваті 0,05...0,005 мм		лес		алевроліт	

Нецементовані породи можуть бути рихлими – зерна не пов'язані між собою

або зв'язними. До рихлим відносяться крупноуламкові і піщані породи, до зв'язним відносяться пілуваті і глинисті.

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.

3.3.2. 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 – підшвою. Найкоротша відстань між ними називається потужністю шару. Якщо шар швидко виклинюється, то він називається лінзою (рис. 3.2).

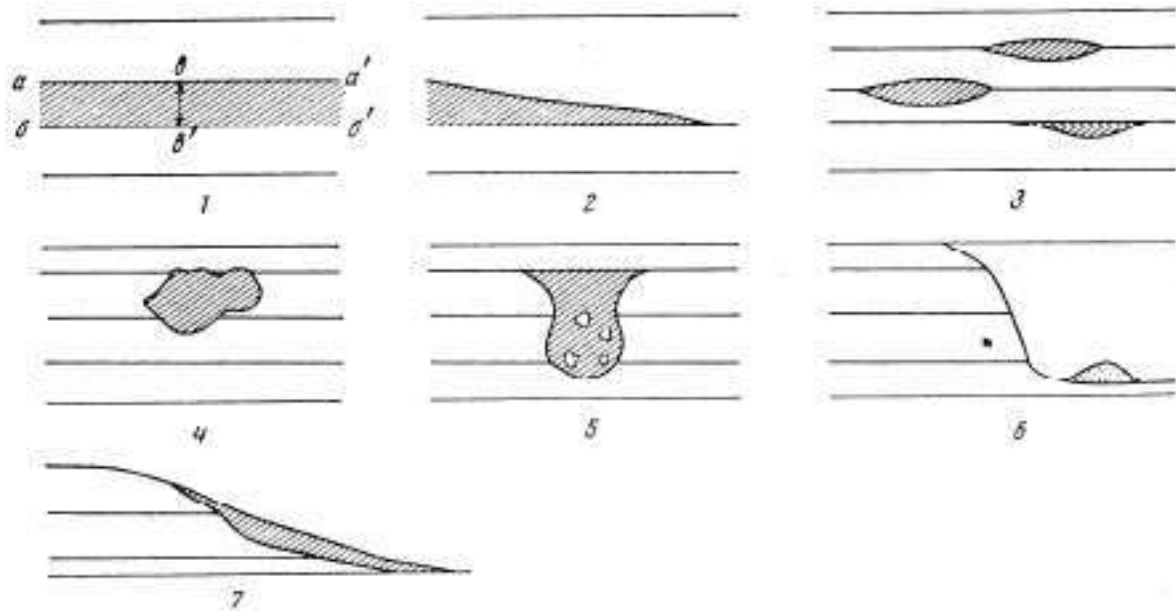


Рис. 3.2. Форми залягання осадових порід: 1 – паралельне нашарування: aa' – покрівля пласта; bb' – підшва пласта; vv' – потужність пласта; 2 – виклинювання пласта; 3 – лінзи; 4 – шток; 5 – мішок або кишенья; 6 – вал; 7 – шлейф

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 пилувато-глинистих порід).

3.3.3. Інженерно-геологічна характеристика осадових порід

Осадові 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.

3.4. Контрольні завдання за темою

Завдання 1. Вкажіть походження, мінеральний склад, структуру, текстуру гірських порід, відзначте їх основні властивості.

Варіанти	Гірські породи	Варіанти	Гірські породи
1	Гранодіорит, філіт	14	Граніт, піщаник
2	Опока, тальковий сланець	15	Доломіт, базальт
3	Вапняк-черепашник, скарн	16	Роговик, ліпарит
4	Слюдяний сланець, пемза	17	Пегматит, мергель
5	Трахіт, туф вулканічний	18	Трепел, перидотит
6	Лес, кварцовий порфір	19	Дацит, вапняк
7	Порфірит, гнейс	20	Гравеліт, мармур
8	Хлоритовий сланець, пісок	21	Сієніт, туфіт
9	Крейда, глинистий сланець	22	Глина, андезит
10	Серпентиніт, габро	23	Діорит, аргіліт
11	Мармур, конгломерат	24	Яшма, діабаз
12	Лабрадорит, кварцит	25	Брекчія, дуніт
13	Діатоміт, обсидіан	26	Грейзен, алевроліт

Завдання 2. До якого класу за вмістом кремнезему відноситься названа магматична гірська порода? Вкажіть їх аналоги, що вилилися (якщо вони є), мінеральний склад.

Варіант	Гірські породи	Варіант	Гірські породи
1	гранодіорит	11	норит
2	габро	12	граносієніт
3	сієніт	13	габродіорит
4	граніт	14	міаскіт
5	діорит	15	фергусіт
6	піроксеніт	16	тешеніт
7	перидотит	17	гарцбургіт
8	дуніт	18	шонкініт
9	лабрадорит	19	кварцовий діорит
10	олівініт	20	анортізіт

Завдання 3. Як класифікуються перераховані нижче гірські породи за походженням та вмістом кремнезему? Якими основними признаками вони характеризуються? Дайте опис однієї з порід. У чому схожість та різниця порід?

Варіант	Гірські породи	Варіант	Гірські породи
1	гранодіорит, обсидіан, трахіт	11	перидотит, лабрадорит, дуніт
2	андезит, граніт, діабаз	12	гранодіорит, ліпарит, пемза
3	піроксеніт, сієніт, базальт	13	трахіт, перидотит, габро
4	діорит, ліпарит, перидотит	14	кварцовий порфір, андезит, ліпарит
5	пегматит, габро, дуніт	15	діорит, базальт, дуніт
6	пемза, кварцовий порфір, граніт	16	андезит, піроксеніт, обсидіан
7	гранодіорит, андезит, обсидіан	17	обсидіан, пегматит, перидотит
8	лабрадорит, дуніт, трахіт	18	гранодіорит, базальт, дуніт
9	кварцовий порфір, обсидіан, ліпарит	19	кварцовий порфір, перидотит, габро
10	ліпарит, трахіт, піроксеніт	20	пегматит, дуніт, піроксеніт

Завдання 4. Назвіть магматичну гірську породу вказаного генетичного типу та надайте її характеристику.

Варіант	Генетичний тип гірської породи	Варіант	Генетичний тип гірської породи
1	глибинна кисла	11	жильна основна
2	жильна кисла	12	середня, що вилилася
3	глибинна середня	13	глибинна кисла
4	середня, що вилилася	14	глибинна середня
5	глибинна основна	15	глибинна ультраосновна
6	вулканічна	16	вулканічна
7	кисла, що вилилася	17	жильна середня
8	глибинна ультраосновна	18	середня, що вилилася
9	основна, що вилилася	19	основна, що вилилася
10	глибинна кисла	20	глибинна основна

Завдання 5. У результаті цементації яких рихлих або зв'язних відкладень утворилися перераховані нижче гірські породи? Вкажіть переважні розміри та форми уламків та форми уламків або часток, можливий мінеральний склад, структуру, текстуру.

Варіант	Гірські породи	Варіант	Гірські породи
1	дресвеліт, алевроліт	11	дресвеліт, туфіт,
2	туфіт, конгломерат	12	піщаник гіпсовий, гравеліт
3	брекчія, піщаник	13	вапняк-черепашник, мергель
4	аргіліт, гравеліт	14	конгломерат, алевроліт
5	алевроліт, мергель	15	вапняковий піщаник, брекчія
6	конгломерат, аргіліт	16	конгломерат, гравеліт
7	піщаник, аргіліт	17	брекчія, туфіт
8	гравеліт, вапняк-черепашник	18	туфіт, піщаник гіпсовий
9	брекчія, конгломерат	19	алевроліт, дресвеліт
10	аргіліт, піщаник глинистий	20	мергель, вапняковий піщаник

Завдання 6. Поставте у відповідність метаморфічним породам ті осадові або магматичні, з котрих вони могли утворитися. Вкажіть вид метаморфізму, характер змін, що трапилися, надайте характеристику однієї з метаморфічних порід.

Варіант	Гірські породи	Варіант	Гірські породи
1	талькіт, граніт, дуніт, слюдяний сланець	11	доломіт, скарн, мармур, доломіт
2	піщаник, філіт, алевроліт, кварцит	12	амфіболіт, глина, аргіліт, гнейс
3	аргіліт, скарн, слюдяний сланець, доломіт	13	пісок, мергелясті глини, амфіболіт, кварцит
4	гнейс, граніт, покрівельний сланець, аргіліт	14	аргіліт, вапняк, слюдяний сланець, тальковий сланець
5	сієніт, хлоритовий сланець, мармур, вапняк	15	глина, піщаник, хлоритовий сланець, кварц
6	роговик, тальковий сланець, вапняк, діорит	16	філіт, базальт, амфіболіт, алевроліт
7	доломіт, амфіболіт, мармур, габро	17	доломіт, філіт, мармур, гнейс ит
8	глина, піщаник, гнейс, роговик	18	доломіт, перидотит, амфіболіт, скарн
9	дуніт, глина, аргіліт, талькіт,	19	дуніт, піщаник, кварцит, талькіт
10	слюдяний сланець, граніт, піщаник, кварцит	20	алевроліт, піщаник, кварцит, філіт

Завдання 7. Піщаник складається з указаних нижче трьох мінералів. Які можуть бути цементуючою речовиною? Яка водостійкість піщаника? Чому?

Варіант	Мінерали	Варіант	Мінерали
1	кварц, кальцит, ортоклаз	11	лімоніт, кварц, мусковіт
2	лімоніт, мікроклін, кварц	12	кварц, опал, плагіоклази
3	польові шпати, кварц, гіпс	13	лімоніт, мікроклін, кварц
4	кварц, опал, плагіоклази	14	мусковіт, кварц, каолінит
5	мусковіт, кварц, каолінит	15	халцедон, біотит, кварц
6	халцедон, біотит, кварц	16	кварц, опал, плагіоклази
7	кварц, галіт, гіпс	17	польові шпати, кварц, гіпс
8	лімоніт, кварц, мусковіт	18	кварц, галіт, гіпс
9	кварц, опал, плагіоклази	19	халцедон, біотит, кварц
10	польові шпати, кварц, гіпс	20	кварц, кальцит, ортоклаз

Завдання 8. Для яких генетичних типів гірських порід характерна шаруватість, для яких сланцюватість, а для яких масивність? Що означають ці терміни? Наведіть приклади шаруватих, сланцюватих і масивних гірських порід.

Завдання 9. Упорядкуйте ряд – вихідна осадова гірська порода та продукти її видозмінення у процесі ущільнення, цементації, та метаморфізму. Поставте першою вихідну породу, останньою – максимально перетворену.

Варіант	Гірські породи	Варіант	Гірські породи
1	гнейс, алевроліт, слюдяний сланець	11	гнейс, глина, слюдяний сланець, глинистий сланець
2	кварцит, пісок, піщаник	12	гнейс, алевроліт, слюдяний сланець
3	аргіліт, слюдяний сланець, суглинок, роговик	13	кварцит, пісок, піщаник
4	конгломерат, грейзен, галька	14	доломіт, вапняк, мармур, мул вапняковий
5	гнейс, глина, слюдяний сланець, глинистий сланець	15	аргіліт, слюдяний сланець, суглинок, роговик
6	доломіт, вапняк, мармур, мул вапняковий	16	конгломерат, грейзен, галька
7	кварцит, пісок, піщаник	17	гнейс, алевроліт, слюдяний сланець
8	конгломерат, грейзен, галька	18	кварцит, пісок, піщаник
9	гнейс, глина, слюдяний сланець, глинистий сланець	19	конгломерат, грейзен, галька
10	аргіліт, слюдяний сланець, суглинок, роговик	20	гнейс, глина, слюдяний сланець, глинистий сланець

Завдання 10. З числа названих нижче гірських порід виділіть розчинні у воді та розташуйте у порядку зростання розчинності.

Варіант	Гірські породи	Варіант	Гірські породи
1	граніт, гіпс, пісок, вапняк, мергель, суглинок	11	кам'яна сіль, аргіліт, суглинок, трахіт, сієніт, базальт
2	вапняк, аргіліт, базальт, сланець, мармур, глина	12	граніт, мармур, кварцит, торф, гнейс, діабаз
3	доломіт, глина, алевроліт, гіпс, мул, пісок	13	глина, аргіліт, вапняк, базальт, сланець, гравій
4	глина, ангідрит, трахіт, доломіт, кам'яна сіль	14	граніт, аргіліт, мармур, суглинок, мул, трахіт
5	кварцит, сієніт, вапняк, кам'яна сіль, пісковина	15	кам'яна сіль, гнейс, вапняк, діабаз, сланець, гравій
6	гнейс, мармур, діабаз, ангідрит, глина, гравій	16	глина, мармур, трахіт, сієніт, кварцит, доломіт
7	вапняк, суглинок, порфірит, мергель, гіпс, торф	17	кам'яна сіль, суглинок, гнейс, вапняк, базальт, діабаз
8	опока, вапняк, габро, кам'яна сіль, кварцит, глина	18	граніт, мармур, трахіт, торф, сланець, доломіт
9	граніт, глина, мармур, мул, трахіт, сієніт	19	аргіліт, суглинок, сієніт, торф, вапняк, діабаз
10	аргіліт, суглинок, кварцит, торф, гнейс, вапняк	20	глина, мармур, кварцит, гнейс, базальт, сланець

Завдання 11. З числа порід, названих в завданні 10, виділіть скельні (включаючи напівскельні) і нескельні ґрунти.

Завдання 12. З числа порід, названих в завданні 10, виділіть магматичні, осадові та метаморфічні.

Завдання 13. Описати два породотвірних мінерали і дві гірські породи, що наведені у відповідному варіанті. Дати визначення понять «мінерал», «породотвірний мінерал», «гірська порода», навести генетичну класифікацію гірських порід. Завдання слід виконувати в табличній формі.

Варіант	Гірські породи, мінерали	Варіант	Гірські породи, мінерали
1	доломіт, граніт, кварц, галька	11	монтморилоніт, граніт, кварц, діорит
2	ангідрит, гнейс, біотит, піщаник	12	сієніт, каолініт, хлорит, конгломерат
3	гіпс, глина, ортоклаз, діорит	13	тальк, піщаник, базальт, опал
4	пірит, вапняк оолітовий, рогова обманка, пісок	14	алевроліт, мармур, олівін, плагіоклаз
5	монтморилоніт, суглинок, мікроклін, габро	15	гнейс, лімоніт, галіт, вапняк-черепашник
6	кальцит, конгломерат, лабрадор, сланці	16	філіт, пірит, діабаз, гіпс
7	лімоніт, вапняк-черепашник, альбіт, базальт	17	андезит, гідрослюда, авгіт, гнейс
8	авгіт, порфірит, олівін, лес	18	доломіт, мергель, лес, пірит
9	глауконіт, гравій, хлорит, кварцит	19	мусковіт, сланці, кальцит, піщаник
10	каолініт, мергель, тальк, мармур	20	ортоклаз, габро, актиноліт, діатоміт

Завдання 14. З числа зазначених порід необхідно виділити магматичні, осадові і метаморфічні породи. Дайте характеристику однієї з осадових порід, вкажіть застосовність в будівельній діяльності людини.

Варіант	Гірські породи	Варіант	Гірські породи
1	Діорит, діабаз, торф, вапняк, опока, супісок	11	Діорит, гіпс, пісок, опока, мергель, гнейс
2	Вапняк, аргіліт, базальт, сланець, мармур, глина	12	Трахіт, аргіліт, базальт, сланець, мармур, брекчія
3	Доломіт, глина, алевроліт, гіпс, мул, пісок	13	Опока, глина, діорит, гіпс, кварцит, пісок
4	Глина, ангідрит, трахіт, доломіт, кам'яна сіль	14	Ліпарит, доломіт, мармур, кам'яна сіль, сланець, аргіліт
5	Кварцит, сієніт, вапняк, кам'яна сіль, супісок	15	Обсидіан, пісок, сієніт, алевроліт, опока, діабаз
6	Гнейс, мармур, діабаз, ангідрит, глина, гравій	16	Мармур, ангідрит, діорит, базальт, гіпс
7	Вапняк, суглинок, порфірит, мергель, гіпс, торф	17	Трахіт, мул, опока, кварцит, гравій
8	Опока, вапняк, габро, кам'яна сіль, кварцит, глина	18	Гнейс, порфірит, діабаз, обсидіан, супісок
9	Гнейс, доломіт, конгломерат, базальт, трахіт, кварцит	19	Вапняк, ангідрит, глина, кварцит, гравій
10	Порфірит, брекчія, алевроліт, габро, сланець, лес	20	Алевроліт, брекчія, доломіт, кварцит, торф

Приклад відповіді. З перерахованих порід (граніт, гіпс, пісок, вапняк, мергель, суглинок) граніт відноситься до магматичних порід; пісок, суглинок, гіпс, вапняк і мергель відносяться до осадових порід. Суглинок відноситься до глинистих (частки менше 0,005 мм) зв'язних осадових гірських порід, містить кварц, польовий шпат, глинисті мінерали, гідроксиди заліза. Колір – буро-коричневий, структура – алевритова, текстура – масивна, шарувата, пориста. Суглинок міцний в сухому стані, але менш ніж глина, при зволоженні пластичний.

Застосовується для виготовлення цегли і в силікатної промисловості. Суглинки, що володіють лесоподібністю, є просадними ґрунтами.

3.5. 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 хомогенного 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 4

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.

4.1. Походження форм рельєфу

За своїм походженням форми рельєфу поділяють в залежності від переважаючого фактора – 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. 4.1), що складають форми рельєфу.

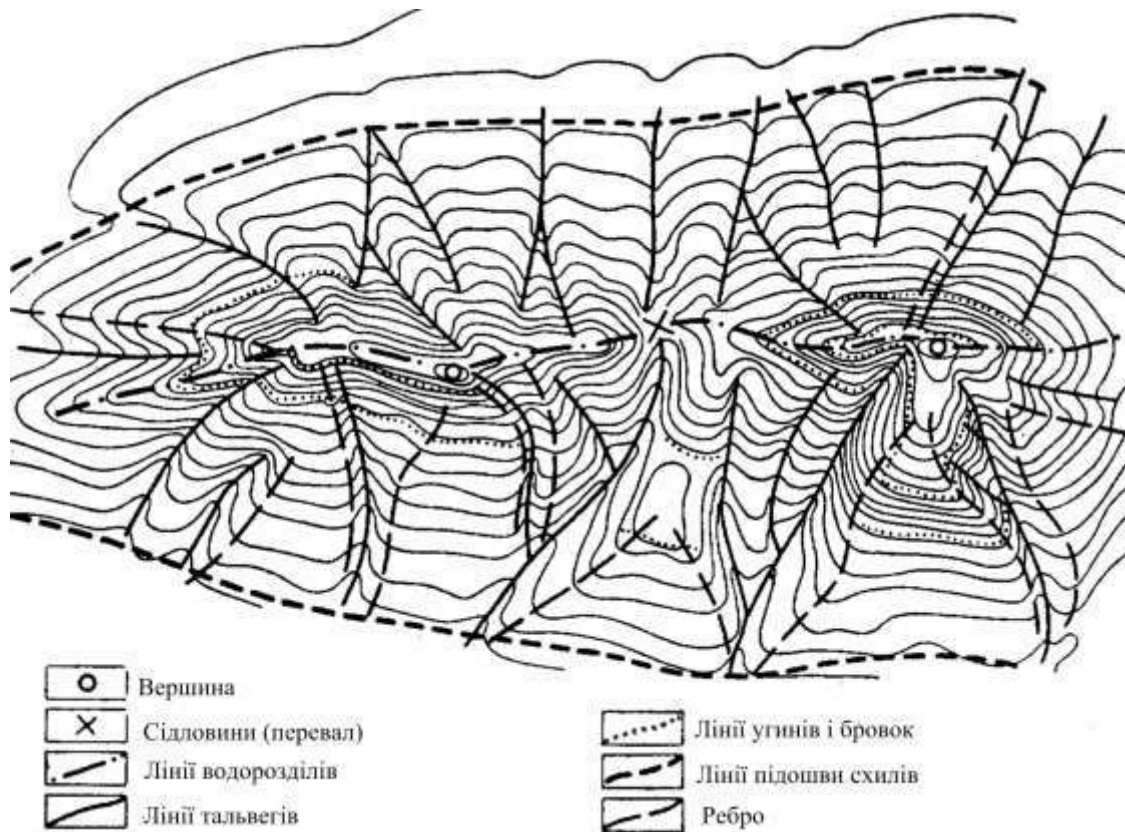


Рис. 4.1. Основні елементи рельєфу

Поверхні утворюють форми рельєфу. Вони можуть бути горизонтальними, похилими, випуклими, увігнутими й складними. Лінії є результатом перетинання поверхонь. Розрізняють лінії водороздільну, 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. 4.2).

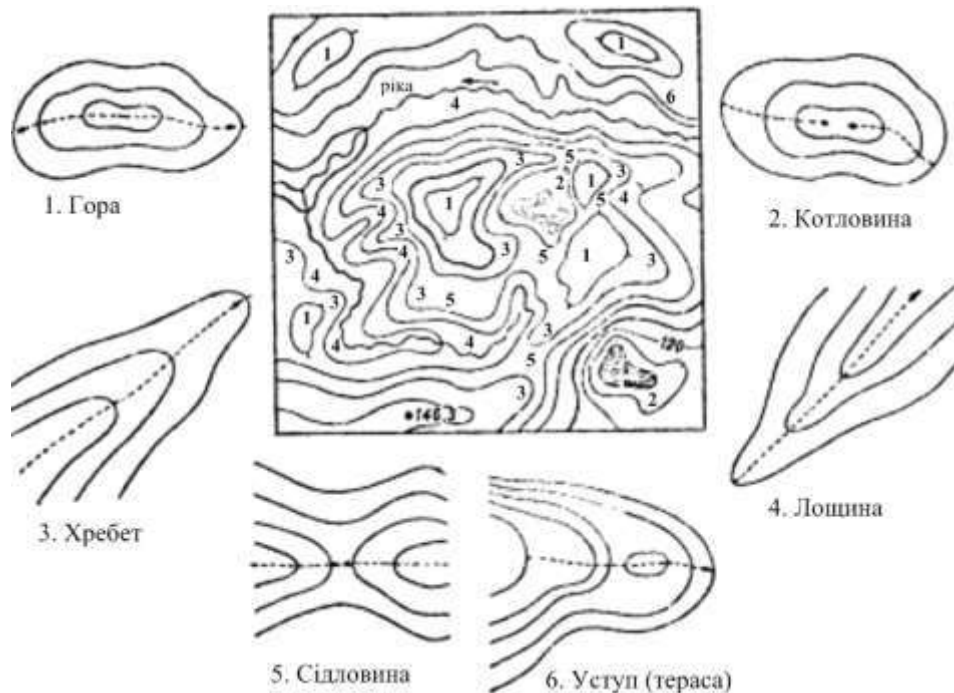


Рис. 4.2. Зображення горизонталями елементарних форм рельєфу

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 проектують 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 розчленовування 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 проектування.

5. Крупні форми рельєфу, або макрорельєф, характеризуються десятками, сотнями й рідше тисячами квадратних кілометрів у плані й розчленовуванням за глибиною на 200...2000 м. Такий рельєф зображується на картах 1:100000 та 1:1000000. 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 виміряються 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).

4.2. Контрольні питання до перевірки

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 5

ГІДРОГЕОЛОГІЯ

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 **гідрогеологією**.

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.

5.1. 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 ($+20...37^{\circ}$), гарячі ($+37...50^{\circ}$), дуже гарячі ($+50...100^{\circ}$), 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, CO₂, CH₄, H₂S 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. 5.1.

Таблиця 5.1

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. 5.2.

Таблиця 5.2

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 переважаючими 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 $7,1 < \text{pH} \leq 9$; високолуужні $\text{pH} > 9$ (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:



5.2. 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. 5.1):

- верховодка;
- ґрунтові води;

- міжпластові води;
- тріщинні води та ін.

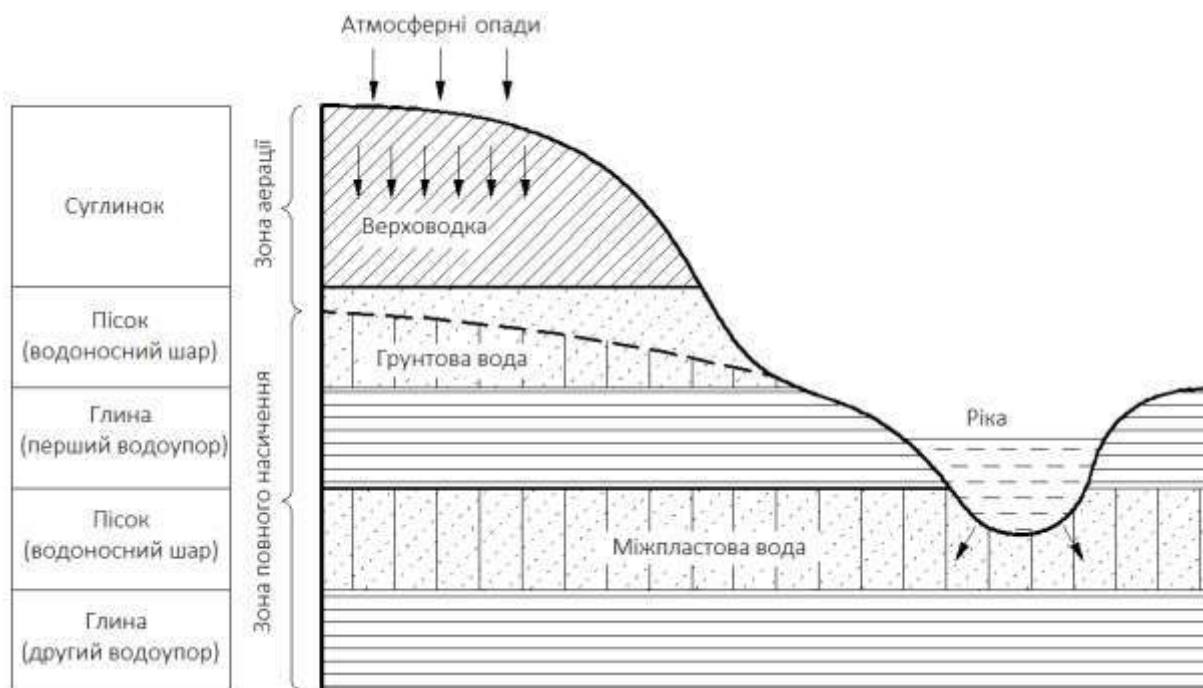


Рис. 5.1. Класифікація підземних вод за умовами залягання

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. 5.1). 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. 5.2).

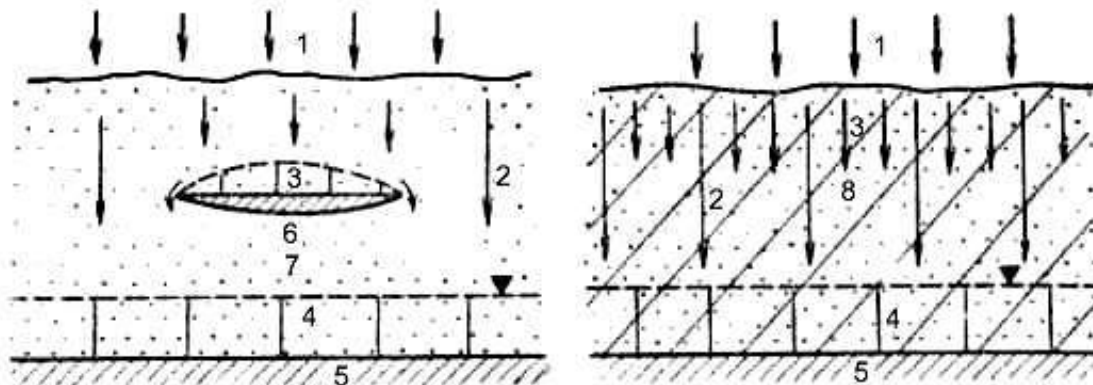


Рис. 5.2. Верховодка: 1 – атмосферні опади; 2 – інфільтрація води; 3 – верховодка; 4 – ґрунтова вода; 5 – водоупор; 6 – лінза глини; 7 – пісок; 8 – глинистий пісок

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. 5.3).

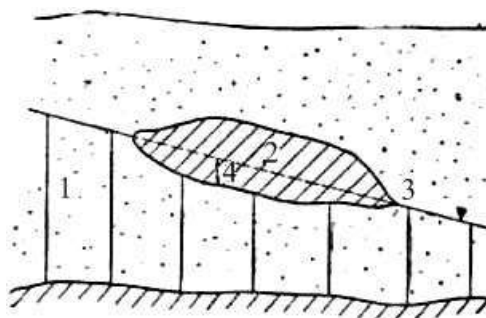


Рис. 5.3. Схема виникнення місцевого напору: 1 – ґрунтова вода; 2 – лінза глини; 3 – дзеркало ґрунтової води; 4 – висота місцевого напору

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. 5.4). За умовами переміщення ці води аналогічні ґрунтовим.

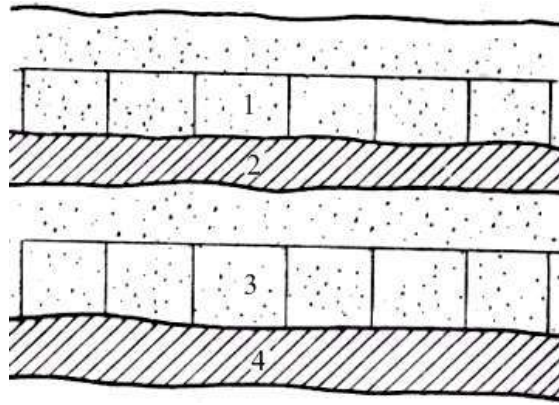


Рис. 5.4. Міжпластова ненапірна вода: 1 – ґрунтова вода; 2 – перший водоупор; 3 – міжпластова вода; 4 – другий водоупор

Напірні (артезіанські) води пов'язані з заляганням водоносних шарів у вигляді синкліналей або монокліналей (рис. 5.5, 5.6). Площа поширення напірних водоносних горизонтів називають артезіанським басейном.

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.

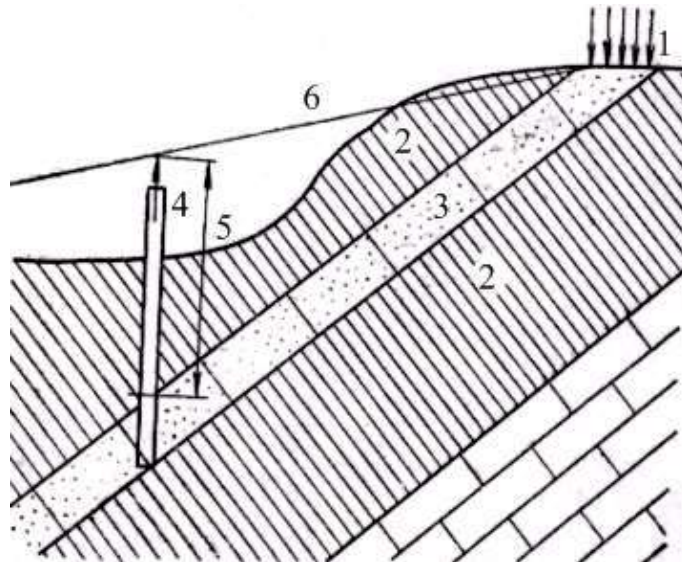


Рис. 5.5. Артезіанська вода при моноклінальному заляганні шарів: 1 – область живлення; 2 – водоупори; 3 – водоносний шар; 4 – бурова свердловина з фонтануючою водою; 5 – висота напору; 6 – п'єзометричний рівень

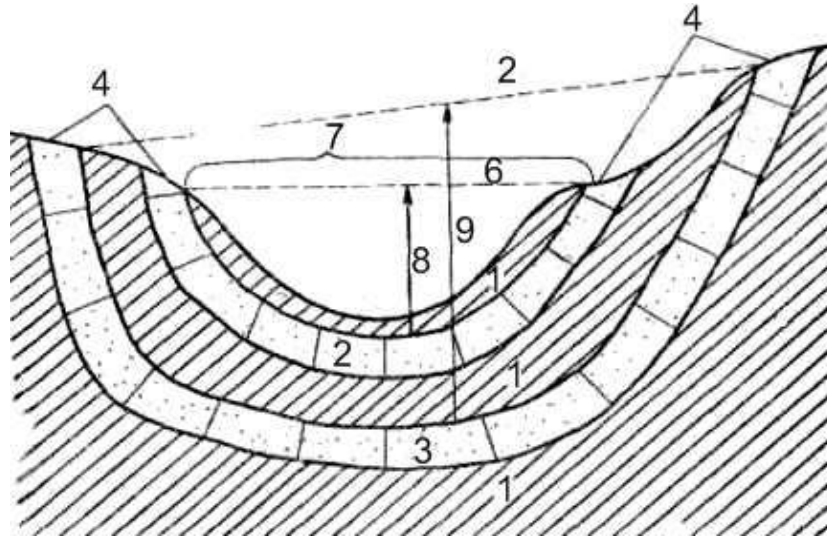


Рис. 5.6. Артезіанська вода при синклінальному заляганні шарів: 1 – водоупори; 2 – перший водоносний шар; 3 – другий водоносний шар; 4 – область живлення водоносних горизонтів; 5 – п'єзометричний рівень верхнього шару; 6 – п'єзометричний рівень нижнього водоносного шару; 7 – площа поширення верхнього водоносного шару; 8 – висота напору першого шару; 9 – висота напору другого водоносного шару

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. 5.7).

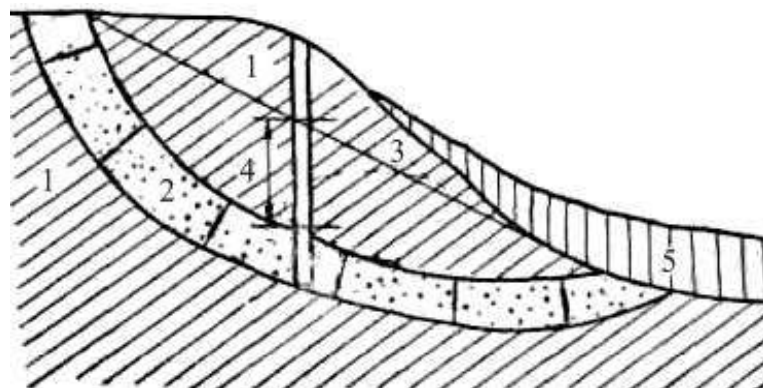


Рис. 5.7. Артезіанська вода з п'єзометричним рівнем нижче поверхні Землі: 1 – водоупори; 2 – водоносний шар; 3 – п'єзометричний рівень; 4 – висота напору

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 приходиться 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. 5.8). Рівні зберігаються протягом усього часу існування водоймища.

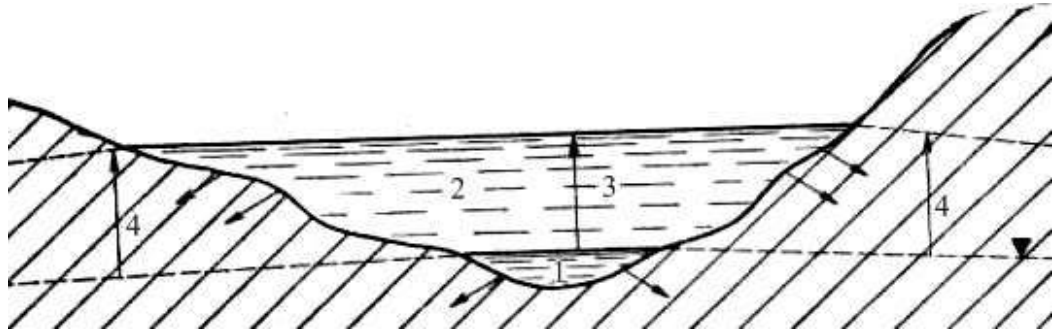


Рис. 5.8. Вплив рівня водоймища на ґрунтову воду: 1 – ріка; 2 – водоймище; 3 – підйом рівня ріки; 4 – підйом рівня ґрунтової води

Коливання земної кори виражаються в опусканні або піднятті окремих ділянок суші. Процес підняття може приводити до зниження рівнів ґрунтових вод, тому що породи краще дренуються 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.

Різке 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 засмоктування, 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.

5.3. 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. 5.9).

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.

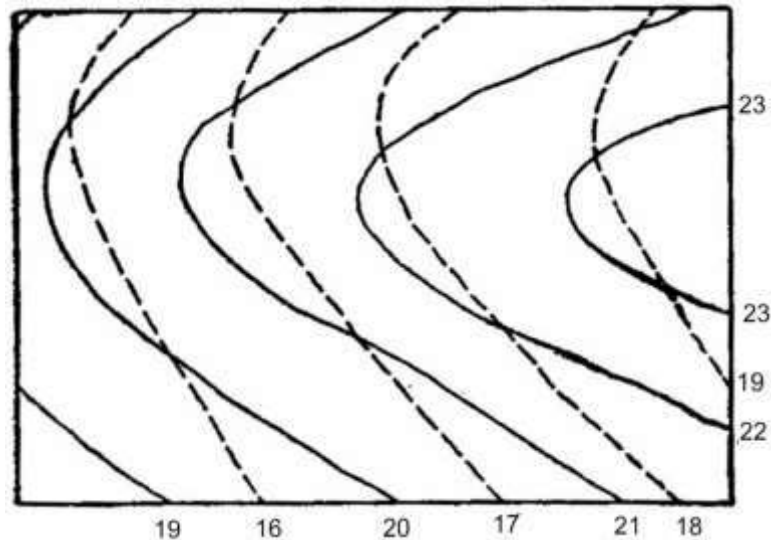


Рис. 5.9. Карта гідроізогіпс та горизонталей рельєфу (гідроізогіпси позначені переривчастою лінією)

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.

5.4. 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. 5.10. 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.

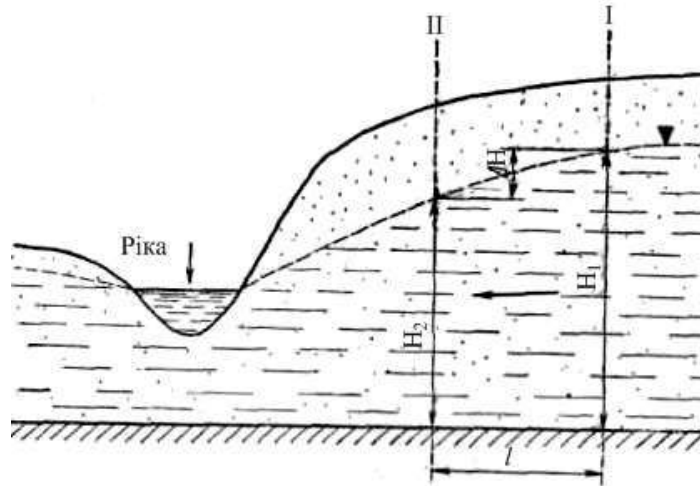


Рис. 5.10. Схема безнапірної фільтрації

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 уявлюваною.

Дійсну швидкість води v_o визначають із урахуванням пористості породи

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

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 закрита й вода пересувається тільки через відкриті пори, тому у формулу вводять не n , а $n_{акт}$ (активну пористість)

$$n_{акт} = nW_{м.м.в.}\gamma_k,$$

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

γ_k – 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. 5.3).

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.

Таблиця 5.3

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

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_o) 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. 5.11).

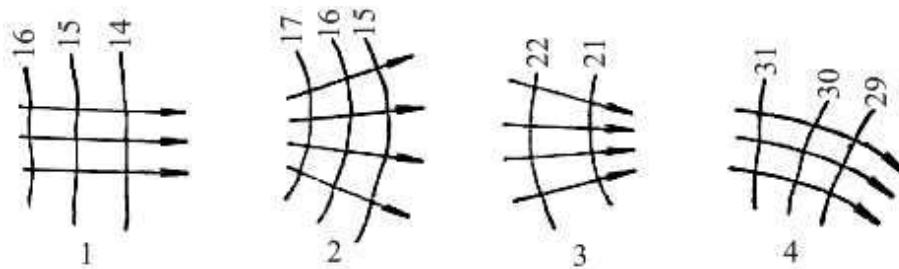


Рис. 5.11. Форма потоків ґрунтових вод: 1 – плоский; 2 – радіальний (розбіжний); 3 – радіальний (збіжний); 4 – криволінійний

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 встановлюється за висотними відмітками гідроізогіпс (рис. 5.12).

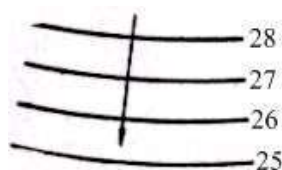


Рис. 5.12. Визначення напрямку потоку за картою гідроізогіпс

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. 5.13).

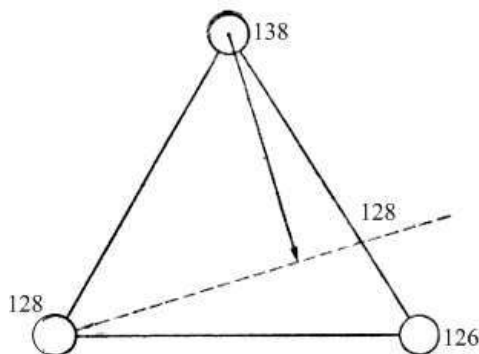


Рис. 5.13. Визначення напрямку потоку за трьома свердловинами

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.

5.5. Контрольні завдання за темою

Завдання 1. Відповісти на поставлені нижче питання.

Варіант	Питання
1	Які речовини можуть бути у підземних водах?
2	Які іони використовуються для класифікації підземних вод за хімічним складом?
3	Які іони переважають у прісних водах і які у високо мінералізованих?
4	Концентрація яких іонів впливає на жорсткість води?
5	Концентрація яких іонів викликає агресивність води до бетону та інших матеріалів?

Завдання 2. Охарактеризувати умови утворення, поширення і використання різних типів підземних вод відповідно до наявних варіантів завдання.

Відповідь на завдання повинна супроводжуватися рисунком, що відображає форми залягання підземних вод, їх характерні елементи. У відповіді потрібно також навести відомості про ступінь використання тих чи інших типів підземних вод для цілей господарсько-питного або технічно-промислового водопостачання. При описі типу ґрунтових вод попередньо надати їх загальну характеристику.

Варіант	Типи підземних вод
1	Ґрунтові води річкових долин
2	Артезіанські води
3	Карстові води
4	Верховодка
5	Ґрунтові води льодовикових відкладень
6	Міжпластові безнапірні води
7	Ґрунтові води сухих степів, напівпустель, пустель
8	Тріщинуваті води
9	Ґрунтові води передгірних і гірських районів
10	Підземні води районів багаторічної мерзлоти

Завдання 3. Обчислити загальну мінералізацію і жорсткість підземних вод. Визначити клас, групу і найменування підземних вод за класифікацією С.А. Щукарьова. Записати результати аналізу води у вигляді формули М.Г. Курлова. Орієнтовно оцінити придатність води для господарсько-побутового водопостачання, вважаючи, що за органолептичними і бактеріальними показниками вона придатна для пиття.

Виконання завдання слід починати з обчислення загальної мінералізації:

$$M = 1,1(0,5HCO_3^- + SO_4^{2-} + Cl^- + Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}) = \frac{e}{l}.$$

Потім результати аналізу води перерахувати з мг/л у мг-екв, використовуючи відповідні коефіцієнти (табл. 5.4). Далі виразити хімічний склад води у формі

відсотків-еквівалентів, прийнявши суми міліграм-еквівалентів аніонів і катіонів за 100% кожну. Отримані величини відобразити у формі таблиці.

Таблиця 5.4

Аніони	Вміст			Катіони	Вміст		
	мг/л	мг-екв	% екв		мг/л	мг-екв	% екв
HCO_3^-				Ca^{2+}			
SO_4^{2-}				Mg^{2+}			
Cl^-				Na^+			

Визначити загальну жорсткість води як суму катіонів кальцію і магнію в мг-екв. Проаналізувавши відсоток-еквівалентний вмісту іонів у воді і користуючись відомостями табл. 5.5, назвати досліджувану воду, визначити її клас і групу. При цьому слід мати на увазі, що в назву входять тільки ті іони, яких у воді 25% – екв. (спочатку називають аніони, а потім – катіони).

Таблиця 5.5

Вари- ант	Температура, $t^{\circ}C$	рН	Q , м ³ /доб	Вміст основних іонів, мг/л					
				HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
1	9	6,9	47556	149,4	197,6	19,1	16,0	8,3	129,2
2	23	7,3	17280	233,0	11,0	9,0	37,0	5,0	49,0
3	15	8,2	90305	3505,0	22,0	292,0	1110,0	46,0	161,0
4	20	7,3	7640	830,0	66,0	14,0	249,0	35,0	83,0
5	45	8,4	305200	228,0	6,0	4,0	44,0	4,0	32,0
6	17	7,1	45100	962,0	637,0	732,0	271,0	61,0	706,0
7	19	7,5	51309	140,9	176,4	182,3	121,6	32,0	55,6
8	17	6,9	90505	304,9	75,0	58,1	49,3	5,6	120,0
9	21	6,3	249105	385,4	501,0	66,0	246,3	31,6	85,3
10	18	7,5	182900	619,5	93,0	345,0	193,8	66,0	25,9

Записати хімічний склад конкретного (варіантного) виду підземних вод у вигляді формули М.Г. Курлова:

$$M \frac{\text{аніони}}{\text{катіони}} t^{\circ} Q \text{ м}^3 / \text{добу} .$$

Проаналізувавши отримані дані розрахунковим шляхом і використовуючи класифікаційні показники, орієнтовно оцінити придатність конкретної води для господарсько-побутового водопостачання.

Завдання 4. Хімічним аналізом підземної води встановлена наведена нижче концентрація водневих іонів. Визначте водневий показник і найменування води за його значенням.

Варіант	Концентрація водневих іонів, г-моль/л	Варіант	Концентрація водневих іонів, г-моль/л	Варіант	Концентрація водневих іонів, г-моль/л	Варіант	Концентрація водневих іонів, г-моль/л
1	10^{-8}	6	10^{-5}	11	10^{-13}	16	10^{-9}
2	10^{-4}	7	10^{-11}	12	10^{-12}	17	10^{-4}
3	10^{-6}	8	10^{-3}	13	10^{-8}	18	10^{-6}
4	10^{-10}	9	10^{-12}	14	10^{-6}	19	10^{-10}
5	10^{-7}	10	10^{-9}	15	10^{-11}	20	10^{-5}

Завдання 5. За даними завдання побудувати карту гідроізогіпс, показати на ній напрямок потоку ґрунтових вод, обчислити гідравлічний ухил і швидкість фільтрації підземних вод.

Варіант	Номер свердловини				Відстань між свердловинами,	Масштаб побудови	Коефіцієнт фільтрації,
	1	2	3	4			
1	<u>110</u> 10,0	<u>106,1</u> 4,3	<u>104,2</u> 12,1	<u>100,5</u> 3,2	150	1:1000	0,91
2	<u>95,6</u> 5,0	<u>90,6</u> 8,5	<u>94,3</u> 2,2	<u>96,9</u> 2,0	210	1:1000	5,8
3	<u>10,6</u> 3,6	<u>10,1</u> 3,0	<u>13,2</u> 3,5	<u>12,4</u> 3,2	50	1:500	2,8
4	<u>98,3</u>	<u>100,5</u>	<u>102,8</u>	<u>106,1</u>	130	1:1000	54,5

Варіант	Номер свердловини				Відстань між свердловинами,	Масштаб побудови	Коефіцієнт фільтрації,
	1	2	3	4			
	1,5	3,2	7,5	4,3			
5	<u>15,2</u> 3,5	<u>15,7</u> 2,5	<u>14,2</u> 4,1	<u>14,3</u> 2,2	40	1:500	10,7
6	<u>8,5</u> 2,6	<u>9,1</u> 1,7	<u>10,8</u> 3,2	<u>11,3</u> 0,9	45	1:500	8,4
7	<u>96,0</u> 0,9	<u>104,0</u> 5,5	<u>95,7</u> 1,4	<u>99,7</u> 3,3	80	1:1000	35,0
8	<u>101,2</u> 3,4	<u>100,5</u> 3,2	<u>104,2</u> 12,1	<u>105,5</u> 11,4	700	1:5000	24,5
9	<u>15,7</u> 2,2	<u>16,6</u> 3,7	<u>17,3</u> 2,1	<u>15,0</u> 2,8	300	1:1000	0,95
10	<u>107,7</u> 8,6	<u>103,2</u> 3,8	<u>103,7</u> 4,7	<u>101,2</u> 3,4	160	1:1000	1,2

Завдання 6. Запишіть наведені нижче результати хімічного аналізу води у вигляді формули Курлова. Визначте види жорсткості з урахуванням інформації, отриманої у результаті хімічного аналізу води.

Варіант	Сухий залишок, мг/л	рН	Температура, °С	Вміст основних іонів, мг/л					
				HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
1	960	7,3	12	930	76	24	93	194	45
2	340	7,6	9	233	11	9	49	37	5
3	1409	8,4	89	338	340	288	480	–	4
4	1956	7,9	48	72	319	822	468	21	112
5	4413	7,0	29	3904	6	387	1526	104	41
6	17374	6,6	21	31	65	9771	3400	2306	202
7	9179	3,1	6	–	6310	14	212	1112	852
8	920	7,2	11	910	72	21	89	175	39
9	1375	8,3	80	330	325	220	427	–	6
10	1890	7,8	40	68	358	780	459	28	118

Завдання 7. За результатами хімічного аналізу підземної води, які виражені у вигляді формули Курлова та наведені нижче, прочитайте найменування води та вчисліть у %-екв. вміст головних іонів, не вказаних у формулі.

Варіант	Формула Курлова	Варіант	Формула Курлова
1	$M_{0,9} \frac{HCO_3 72 SO_4 19}{Ca 61 Na 32} t^{\circ} 17$	6	$M_{9,2} \frac{SO_4 63 Cl 27}{Mg 58 Ca 30} t^{\circ} 9$
2	$M_{8,6} \frac{SO_4 67 Cl 25}{Mg 53 Ca 41} t^{\circ} 19$	7	$M_{3,3} \frac{Cl 61 SO_4 30}{Na 61 Ca 30} t^{\circ} 50$
3	$M_{2,3} \frac{Cl 65 SO_4 28}{Na 61 Mg 30} t^{\circ} 48$	8	$M_{8,2} \frac{SO_4 65 Cl 26}{Mg 53 Na 41} t^{\circ} 17$
4	$M_{16,3} \frac{Cl 88 SO_4 12}{Na 56 Ca 39} t^{\circ} 61$	9	$M_{12,9} \frac{Cl 78 SO_4 21}{Mg 56 Ca 39} t^{\circ} 67$
5	$M_{1,9} \frac{HCO_3 75 SO_4 21}{Ca 51 Na 37} t^{\circ} 21$	10	$M_{5,9} \frac{HCO_3 65 SO_4 33}{Ca 69 Na 28} t^{\circ} 21$

Завдання 8. За результатами хімічного аналізу підземної води, які виражені у вигляді формули Курлова та наведені у завданні №7, визначити клас та тип води за класифікацією Щукарьова.

Завдання 9. Розкрити сутність наведеної нижче гіпотези походження підземних вод. Для яких гідрогеологічних та кліматичних умов застосовна ця гіпотеза? Навести приклади.

Варіант	Найменування гіпотези	Варіант	Найменування гіпотези
1	інфільтраційна	6	штучна
2	конденсаційна	7	інфільтраційна
3	седиментаційна	8	ювенільна
4	ювенільна	9	седиментаційна
5	техногенна	10	конденсаційна

5.6. 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 6

ГЕОЛОГІЧНІ ТА ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ЯВИЩА

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.

6.1. 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 суши й моря.

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

Колівальні рухи складаються з підняттяв 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 підняттяв 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, підняттю 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. 6.1) відносять площини нашарування, з яких верхня називається покрівлею, нижня – підшовою. Відстань між покрівлею й підшовою називають потужністю шару (пласту).

Для того, щоб при огляді природних оголень не допускати помилок, розрізняють потужність істинну та гадану (рис. 6.1). Істинна являє собою найкоротшу відстань між покрівлею та підшовою шару, а гадана – спостережувана безпосередньо в оголенні.

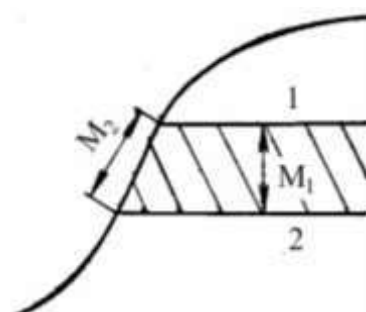


Рис. 6.1. Елементи шару: 1 – покрівля; 2 – підшова; M_1 – істинна потужність;
 M_2 – гадана потужність

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. 6.2). Нормальними називають шари великої потужності та довжини. Покрівля в них паралельна підосві.

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

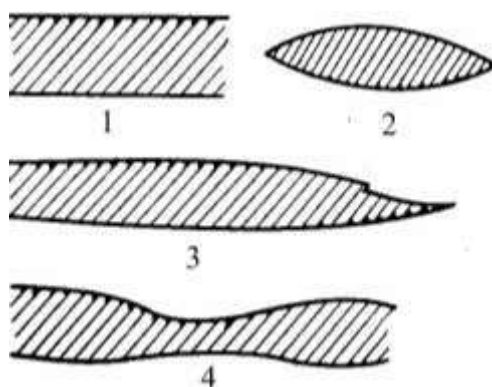


Рис. 6.2. Форма шарів осадових порід: 1 – нормальний шар; 2 – лінза; 3 – шар з виклинцюванням; 4 – з пережимом

Сполучення шарів. Групу шарів (пластів) різної потужності, поєднаних подібністю складу або віком, називають товщею. Крім того, за характером залягання шарів відносно один одного виділяють залягання: згодне й незгодне (рис. 6.3). У першому випадку шари розташовуються паралельно один одному. При незгодному заляганні вся товща порід розділяється на дві частини: нижню та верхню. У межах кожної частини породи залягають згідно. Між собою вони залягають незгідно, тому що шари верхньої частини непаралельні шарам нижньої. Причини незгодного залягання шарів криються в геологічній історії даної території. Між верхньою та нижньою частиною товщі була перерва в накопиченні осадів. Нижня частина піддавалася впливу тектонічних процесів. Верхні шари відклалися пізніше та зберігають первісне залягання.

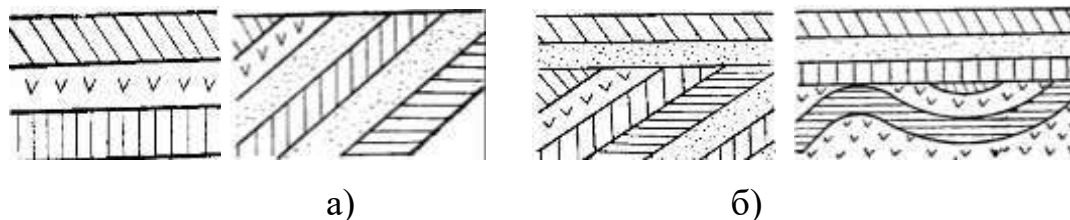


Рис. 6.3. Сполучення шарів: а – згідне; б – незгідне

Форми порушеного залягання осадових порід

Осадові 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. 6.4). 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 ($81...90^\circ$).

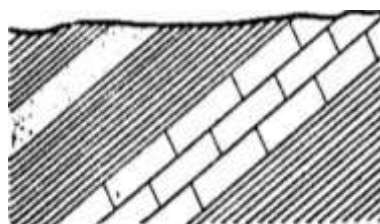


Рис. 6.4. Монокліналь

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. 6.5). Боки складок називають крильми, а вершину – замком. В антикліналях замок одержав найменування сідла, а в синкліналях – мульди.

Виділяють також вісь складки.

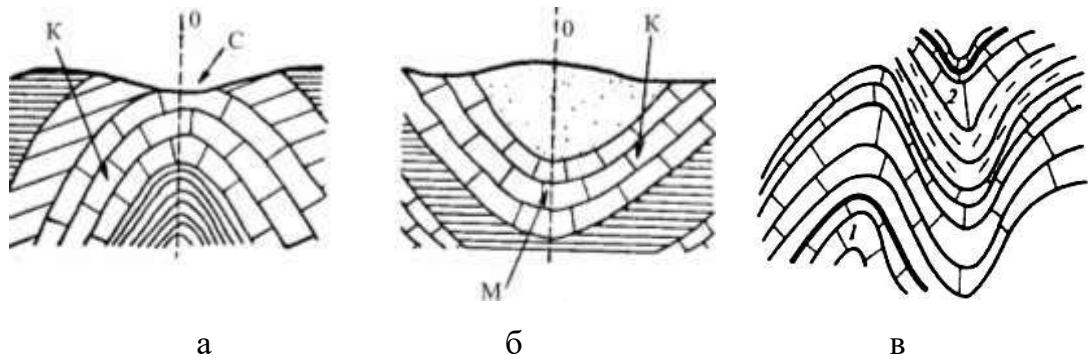


Рис. 6.5. Складки та їхні елементи: а – антикліналь; б – синкліналь; в – сполучення антикліналі (1) та синкліналі (2); К – крило; О – вісь складки; С – сідло; М – мульда

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. 6.6).

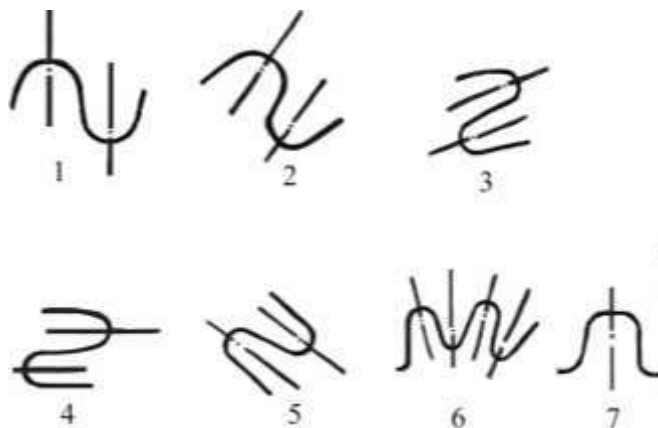


Рис. 6.6. Форми складок: 1 – пряма; 2, 3 – похила; 4 – лежача; 5 – перекинута; 6 – віялоподібна; 7 – сундучна

Флексура являє собою коліноподібну складку, що утворилася при зсуві однієї частини товщі порід щодо іншої без розриву суцільності (рис. 6.7).

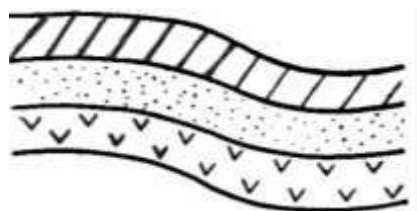


Рис. 6.7. Флексура

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. 6.8).

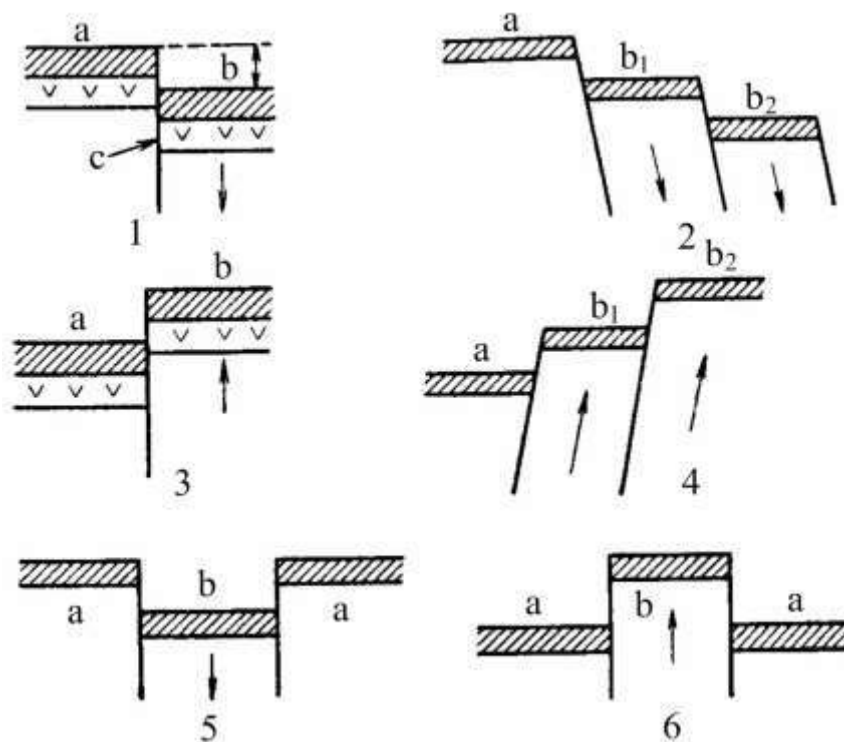


Рис. 6.8. Форми розривних дислокацій, утворених вертикальними переміщеннями шарів: 1 – скид; 2 – східчастий скид; 3 – підкид; 4 – східчастий підкид; 5 – грабен; 6 – горст; а – нерухома частина товщі; b – зміщена частина; с – площина розриву

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. 6.8). Якщо при розриві відбувається підняття, то утворюється **підкид**.

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. У Росії це явище спостерігається на східних берегах Камчатки та Курильських островах.

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. 6.10).

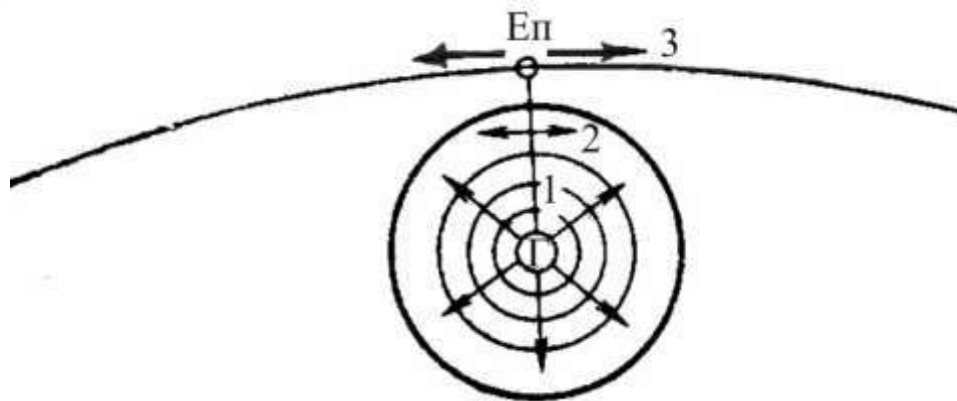


Рис. 6.10. Гіпоцентр (Г), епіцентр (Еп) і сейсмічні хвилі: 1 – поздовжні (Р-хвилі);
2 – поперечні (S-хвилі); 3 – поверхневі (L-хвилі)

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 впливів 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.

6.3. 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.

6.3.1. 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 щибенистих 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.

6.3.2. 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 узбереж.

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

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

6.3.3. 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, переносить 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 підосви – делювій, в зниженнях, що примикають до схилів, – пролювій (рис. 6.11).

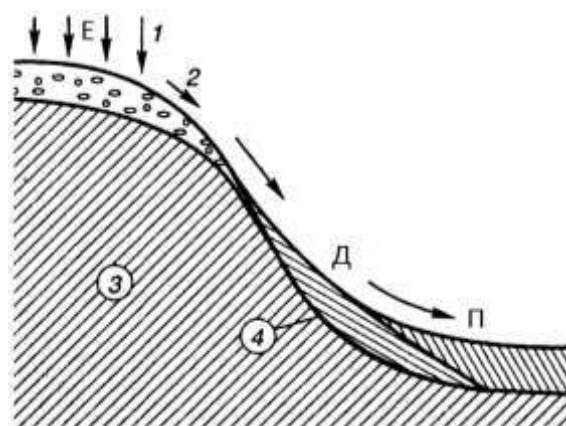


Рис. 6.11. Схема утворення наносів на схилі рельєфу: Е – елювій; Д – делювій; П – пролювій; 1 – атмосферні опади; 2 – площинний змив; 3 – корінні породи; 4 – первісна поверхня схилу

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.

Делювій – матеріал, перенесений і відкладений тимчасовими водотоками в основі схилів та їх підшви (в зниженнях, що примикають до схилів – **пролювій**) – суглинок, 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. **Пролювій** - 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. 6.12).

Яр може розкрити ґрунтову воду. В цьому випадку виникає постійний водотік, який, в свою чергу, посилює ріст яру. Сприяє розвитку ярів пристрій неукріплених каналів на схилі, порушення дернового покриву і вирубка рослинності.

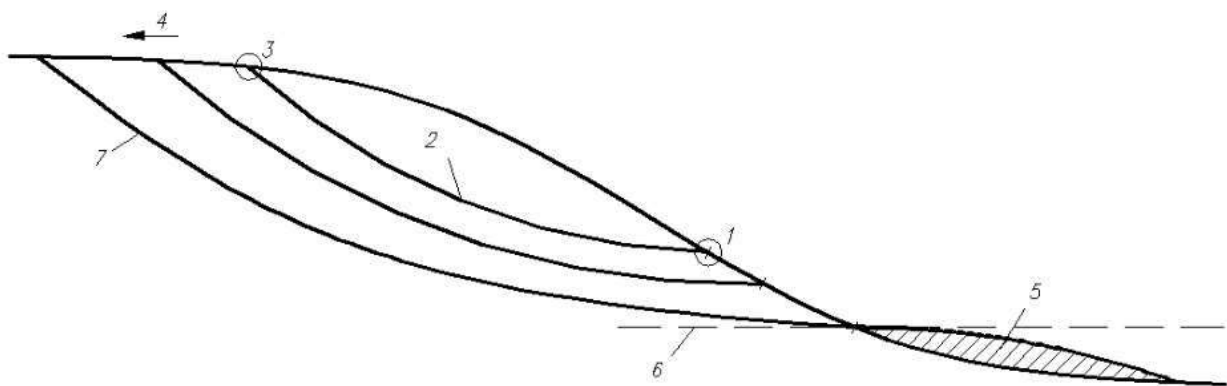


Рис. 6.12. Поздовжній розріз яру: 1 – устя; 2 – ложе; 3 – вершина; 4 – напрямок росту яру; 5 – конус виносу; 6 – базис ерозії; 7 – максимальна глибина яру

В яру розрізняють устя, ложе і вершину (рис. 6.12). 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 канали, 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.

6.3.4. 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 (aQ)**.

Будова річкових долин. Долини річок мають такі елементи: дно долини, русло, заплаву і тераси (рис. 6.13). Дно – нижча частина долини, укладена між підощвами 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.).

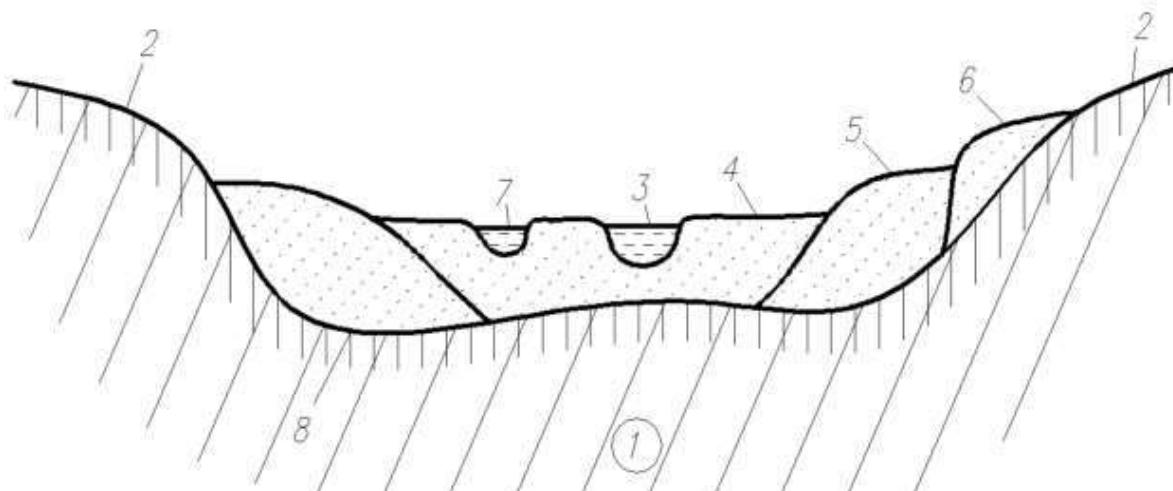


Рис. 6.13. Елементи будови долини річки: 1 – корінні породи; 2 – схил; 3 – русло; 4 – заплава; 5 – перша надзаплавна тераса; 6 – те ж, друга; 7 – стариця; 8 – дно долини

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, заплавної.

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 багат шаровість 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.

6.3.5. 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. 6.14).

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.

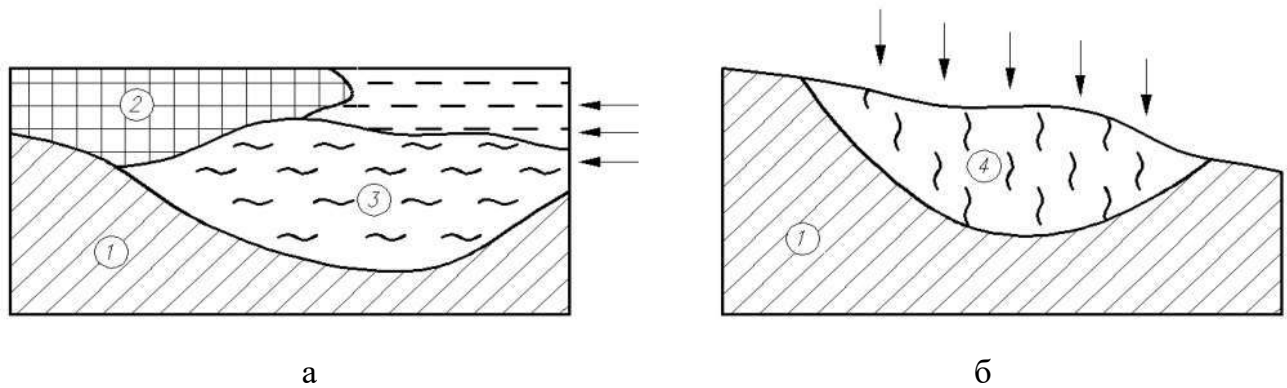


Рис. 6.14. Типи боліт: а – низинне; б – верхове; 1 – мінеральне дно; 2 – торф; 3 – мул; 4 – заболочений ґрунт (стрілки показують джерела живлення боліт водою)

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).

6.3.6. 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 різкому 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. 6.15). 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.

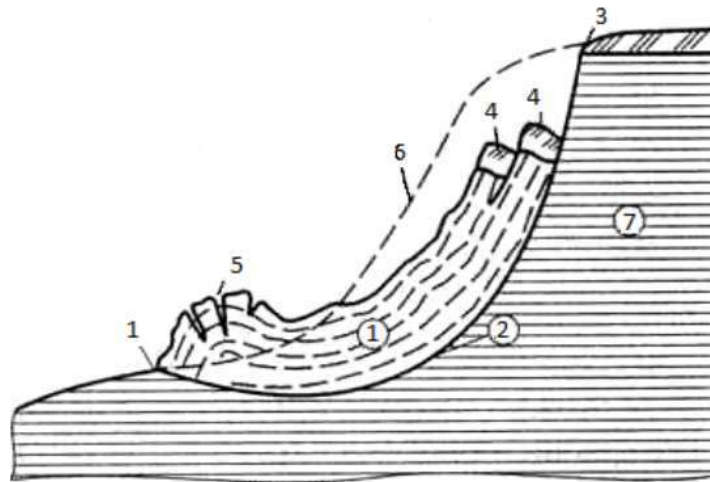


Рис. 6.15. Елементи зсуву: 1 – обвальне тіло; 2 – поверхні ковзання; 3 – брівка зриву; 4 – зсувні тераси; 5 – вал випучування; 6 – форма схилу до зсуву; 7 – корінні породи

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.

6.3.7. 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, пливуні.

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 передуює або супроводжує 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, підшву фундаменту не доводять до шару пливунних порід.

6.3.8. 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.

6.4. Контрольні завдання за темою

Завдання 1. Схематично покажіть вказані нижче форми залягання гірських порід. Для яких генетичних типів порід ці форми характерні? Поясніть чому.

Варіанти	Форми залягання гірських порід
1	батоліт, лавовий покрив, шар
2	лінза, пласт, дайка
3	жила, сіл, прошар
4	сіл, пласт, батоліт
5	лавовий покрив, жила, лінза
6	батоліт, дайка, прошар
7	лінза, пласт, сіл
8	жила, пласт, лавовий покрив
9	батоліт, лінза, сіл
10	жила, дайка, прошар

Завдання 2. Поясніть, які геологічні процеси зумовили утворення вказаних нижче четвертинних відкладень. Якими літологічними різностями вони представлені? Якими умовними позначками (індексами) показуються ці відкладення на геологічних картах та розрізах?

Охарактеризувати будівельні властивості конкретних (за варіантом) відкладень. При відповіді слід чітко сформулювати сутність геологічних процесів, у результаті яких утворилися ті або інші відкладення. Відповідь повинна супроводжуватися відповідним схематичним рисунком.

Варіанти	Дислокації	Варіанти	Дислокації
1	елювіальні	11	болотяні
2	еолові	12	колювіальні
3	льодовикові	13	зсувні
4	пролювіальні	14	воднольодовикові (флювіогляціальні)
5	морські	15	техногенні
6	льодовикові	16	пролювіальні
7	пірокластичні	17	алювіальні
8	делювіальні	18	еолові
9	алювіальні	19	елювіальні
10	озерні	20	моренні

Завдання 3. За даними буріння чотирьох розвідувальних свердловин побудувати геолого-гідрогеологічний розріз. Відстань між свердловинами 50 м. Масштаби розрізу: горизонтальний – 1:1000, вертикальний – 1:100 (якщо глибина свердловин у розрізі не досягає 20 м) або 1:200 (якщо глибини свердловин у розрізі рівні або перевищують 20 м). Свердловини на розрізі треба розташовувати ліворуч праворуч в порядку зростання номерів. Прочерк у таблиці означає відсутність у розрізі даного пласта порід.

Варіант	Свердловина	Абсолютна відмітка устя свердловин, м	Номер пласта і глибина залягання підшви пласта, м						Рівень ґрунтових вод, м
			1	2	3	4	5	6	
1	1	223,2	–	4,5	16,0	20,0	24,0	28,0	11,5
	2	219,5	0,5	4,5	15,0	19,5	23,7	27,0	10,5
	3	216,5	0,5	–	17,5	21,6	27,0	31,0	7,0
	4	216,7	0,5	–	17,0	21,6	25,0	29,0	6,0
2	1	172,0	0,6	4,3	–	9,4	13,0	15,0	6,5
	2	171,5	0,4	3,0	–	8,0	11,6	15,0	4,9
	3	172,1	0,2	3,0	4,6	7,7	11,3	16,7	4,5
	4	172,5	0,3	2,0	6,0	7,0	10,8	16,0	3,7
3	1	188,0	0,3	1,7	4,0	7,0	12,3	15,0	4,5
	2	188,0	0,5	2,0	4,4	8,2	13,1	15,0	5,6
	3	187,9	0,5	2,0	4,4	9,0	13,4	15,0	7,6
	4	187,7	0,4	2,1	4,8	9,8	13,4	16,2	7,5
4	1	204,5	0,4	–	5,1	8,7	10,8	16,0	1,5

Варіант	Свердловина	Абсолютна відмітка устя свердловин, м	Номер пласта і глибина залягання підшви пласта, м						Рівень ґрунтових вод, м
			1	2	3	4	5	6	
	2	204,1	0,3	–	5,3	7,5	10,1	15,0	1,8
	3	203,7	0,3	–	4,8	5,6	10,1	15,5	2,2
	4	203,7	0,5	–	4,8	-	10,9	16,0	3,4
	5	222,5	0,5	4,0	18,0	24,0	30,0	–	8,7
5	2	221,9	0,8	3,5	18,4	22,5	28,5	–	10,5
	3	219,5	0,8	9,0	19,0	–	29,0	–	10,3
	4	215,0	0,9	–	10,6	12,0	30,0	–	8,0
	6	214,4	0,5	5,0	15,5	–	–	24,5	7,7
6	2	210,7	0,6	4,5	11,0	–	–	21,0	7,5
	3	210,8	0,7	3,5	12,0	–	16,0	19,6	6,5
	4	210,5	0,7	4,0	14,0	–	–	23,0	7,5
	7	145,3	0,4	1,9	4,6	8,3	–	15,0	11,7
7	2	146,0	0,5	2,1	4,6	8,1	–	15,5	11,3
	3	146,4	0,5	2,0	3,1	8,0	–	15,0	10,5
	4	146,9	0,6	2,5	–	8,3	–	16,0	10,2
	8	314,4	0,5	–	5,0	15,5	–	24,5	8,0
8	2	310,7	0,6	–	4,5	11,0	17,0	21,0	7,8
	3	310,8	0,7	–	3,5	12,0	16,0	19,6	6,9
	4	310,5	0,8	–	4,0	14,0	–	23,0	7,8
	9	130,0	0,3	3,5	7,5	12,3	–	17,0	6,0
9	2	130,0	0,5	3,5	7,5	11,5	–	17,5	5,1
	3	129,8	0,2	3,1	6,3	10,2	–	16,0	4,3
	4	129,3	0,3	2,0	4,5	8,9	–	15,0	3,1
	10	207,5	0,7	5,5	14,0	17,0	25,0	–	15,5
10	2	208,2	0,7	–	11,5	19,0	25,5	–	16,6
	3	207,6	0,8	3,0	14,0	22,0	25,0	–	16,5
	4	207,0	0,8	–	12,5	25,0	–	–	17,1

Завдання 4. Покажіть на схематичному розрізі первинні форми залягання осадових гірських порід: шар, лінзу, прошар, виклинцювання та пережим шару, фаціальний перехід одних порід в інші. Для шару вкажіть його покрівлю, підшву та потужність.

Завдання 5. Покажіть на просторовій схемі елементи моноклінального залягання шару (пласту): лінію падіння, лінію простягання, кут та азимут падіння, покрівлю, підшву, потужність, видиму потужність.

Завдання 6. Покажіть схематично на розрізі синклінальну та антиклінальну складки. На схемі вкажіть елементи складки: крила, замок, ядро, кут складки (по вершині), осьову площину.

Завдання 7. Схематично зобразіть названі нижче дислокації. Чим вони принципово відрізняються одна від одної?

Варіанти	Дислокації	Варіанти	Дислокації
1	флексура, зсув	6	антикліналь, синкліналь
2	монокліналь, скид	7	грабен, горст
3	грабен, синкліналь	8	антикліналь, монокліналь
4	антикліналь, горст	9	флексура, скид
5	зсув, скид	10	синкліналь, монокліналь

Завдання 8. Охарактеризувати гідро- і геодинамічні процеси і явища, перерахувати у відповідному варіанті. Розглянути умови будівництва й експлуатації споруд у районах, які охоплені цими процесами і явищами. Вказати спосіб, що усуне їх шкідливий вплив на умови будівництва та експлуатацію споруд.

Варіант	Гідро- і геодинамічні процеси і явища
1	Суфозія
2	Зсуви
3	Пливуни
4	Мерзлотні явища
5	Обвали, осипи, зсуви
6	Селеві потоки
7	Явища просідання та набухання
8	Карст
9	Геологічні процеси, пов'язані з водовідливом і деформаціями поверхні землі над територіями
10	Землетрус

Завдання 9. Дати загальну характеристику тектонічних рухів земної кори (коливальних і складчасто-розривних). Охарактеризувати різні форми дислокації гірських порід, що наведені у відповідному варіанті. Пояснити можливість впливу дислокації на умови будівництва різних споруд.

Відповідь на завдання слід в обов'язковому порядку проілюструвати схематичним рисунком конкретної форми дислокації. При характеристиці розривних дислокацій необхідно в першу чергу описати такий елемент, як зміщувач (скидна тріщина). Характеризуючи таку форму дислокації, як східчастий скид, слід спочатку дати коротке визначення поняттю "скид".

Варіант	Форма дислокації гірських порід
1	складка і її елементи
2	монокль
3	флексура
4	скид
5	підкид
6	ступінчастий скид
7	грабен
8	горст
9	насув
10	здвиг

6.5. Контрольні питання до перевірки

1. Охарактеризувати ендегенні процеси.
2. Назвіть види ендегенних 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 7

ГЕОЛОГІЧНІ КАРТИ І РОЗРІЗИ

Геологічна карта являє собою проекцію на горизонтальну площину виходів різних за віком та складом пластів. Відповідні геологічні комплекси наносяться на звичайні топографічні карти і виділяють певними умовними позначеннями.

Карти за характером розкритих комплексів діляться на наступні типи:

- геологічні, на які наносять виходи пластів різного віку;
- літологічні, що відображають вихід на поверхню пластів різного петрографічного типу (пісків, глин, гранітів тощо);
- геолого-літологічні, що дають уявлення про вік і склад порід, що складають поверхню.

При побудові геологічних карт четвертинні відкладення, як правило, не наносяться, так як вони маскують корінні породи. Четвертинні осади зберігаються лише в річкових долинах і на деяких ділянках. Четвертинні породи, що складають поверхню, наносяться на карти четвертинних відкладень.

Крім перерахованих типів карт для різних цілей складаються так звані спеціальні карти:

- карти будівельних матеріалів, що дають уявлення про поширення на поверхні гірських порід, придатних для використання в якості природних будівельних матеріалів і сировини для промисловості будматеріалів;
- інженерно-геологічні карти, що відображають геологічні умови зведення споруд;
- гідрогеологічні карти, що дають уявлення про характер залягання підземних вод.

Кожна інженерно-геологічна карта – поняття збірне і складається з власне карти, умовних позначень, геологічних розрізів і пояснювальної записки. Інженерно-геологічні карти бувають трьох видів:

- 1) інженерно-геологічних умов;
- 2) інженерно-геологічного районування;

3) інженерно-геологічні карти спеціального призначення.

Карта інженерно-геологічних умов містить інформацію з розрахунком на задоволення всіх видів наземного будівництва. Її використовують для загальної оцінки природних умов місцевості, де буде здійснено будівництво.

Карта інженерно-геологічного районування відображає поділ території на частини (регіони, області, райони та ін.) в залежно від спільності їх інженерно-геологічних явищ.

Карти спеціального призначення складають відносно конкретних видів будівництва або споруди. Вони містять оцінку інженерно-геологічних умов території будівництва і прогноз інженерно-геологічних явищ.

При складанні геологічної карти головне завдання – проведення на карті граничних ліній виходів пластів на горизонтальну поверхню. При їх побудові використовують польові дані про характер залягання пластів в оголеннях, аналіз загальних геологічних умов району, а також певні правила побудови проєкцій. Якщо пласти залягають горизонтально, то на карті їх граничні лінії паралельні горизонталям (рис. 7.1,а).

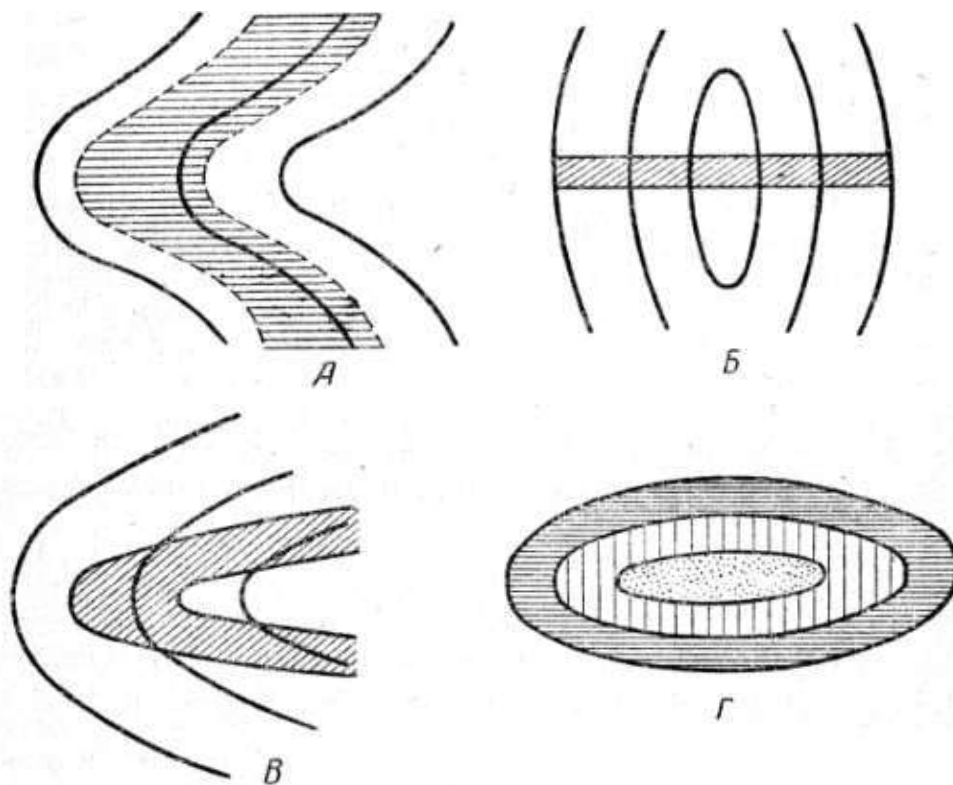


Рис. 7.1. Зображення на картах виходів пластів: а – горизонтальних; б – вертикальних; в – похилих; г – вихід на поверхню синкліналі

Граничні лінії пластів, що мають кут падіння 90° (тобто вертикально падаючих), будуть представлені прямими лініями, перетинають карту в напрямку простягання пластів (рис. 7.1,б).

Якщо на поверхню землі виходять похило падаючі пласти, то їх виходи будуть утворювати криволінійні лінії, що знаходяться під різними кутами до горизонталей (рис. 7.1,в). Отримувані граничні лінії будуть перетинати горизонталі. На ділянках положень рельєфу вони будуть відхилятися в напрямку падіння порід, а на підвищеннях – в напрямку, протилежному падінню. Чим більше кут падіння порід, тим менше граничні лінії відхиляються від прямої.

За геологічною картою з горизонталями можна легко визначити елементи залягання похило падаючих пластів, їх потужність і розрахувати глибину залягання в будь-якій точці місцевості.

Складчасті дислокації пластів на карті утворюють складний рисунок, що залежить від ступеня розчленованості рельєфу. Можливо утворення декількох ізольованих ділянок або одного складного зигзагоподібного виходу. Синкліналі і антикліналі утворюють на плоскій поверхні замкнуті еліпсоподібні виходи (рис. 7.1,г).

Геологічні розрізи представляють собою проекцію геологічних структур на вертикальну площину. Вони дозволяють виявити геологічну будову місцевості на глибині. На геологічному розрізі показують вік, склад, властивості, потужність шарів, умови залягання і взаємовідношення порід, рельєф, гідрогеологічні умови та прояви фізико-геологічних процесів (зсуви, карст тощо).

Геологічні розрізи будуються по певних лініях на підставі використання таких даних.

1. На матеріалі пошарового опису природних оголень гірських порід, наприклад, в ярах, бортах річкових долин.

2. На матеріалі пошарового опису гірських порід, розкритих розчистками, колодзями, свердловинами (в завданні наведено вихідні дані, побудувати розріз по них).

3. На підставі геологічної карти.

Порядок побудови геологічного профілю на підставі пошарового опису гірських порід в свердловинах такий: на міліметровому папері, з урахуванням заданого у варіанті масштабу, з лівого боку аркуша будується вертикальна шкала абсолютних відміток. Межа коливань їх значень визначається в кожному конкретному випадку виходячи із заданих в варіанті величин абсолютних відміток устя свердловин. Наноситься на шкалу округлена до кратної 5 або 10, найвища позначка, вниз від неї в масштабі відкладаються послідовно інші, з меншими значеннями через 5 або 10 м. Після побудови шкали абсолютних відміток наносять альтитуди устя свердловин (абсолютні позначки точок перетину свердловин із земною поверхнею), які при з'єднанні їх плавною лінією дають рельєф поверхні землі на даній ділянці. Перша свердловина наноситься довільно на будь-якій відстані від шкали абсолютних відміток, інші розташовуються від неї в відповідно до заданого горизонтальним масштабом (при масштабі 1:1000 і відстані між свердловинами 50 м через 5 см). Відклавши абсолютні позначки устя свердловин, і отримавши рельєф поверхні землі, приступають до побудови геологічного розрізу. послідовно в кожній із свердловин від абсолютної позначки її устя, яка приймається за 0, відкладають потужності шарів розкритих свердловиною. Кожен наступний шар відкладається від попереднього і замальовується умовним знаком, даним в додатку. Шари однакового або близького складу і одного віку з'єднуються від свердловини до свердловини плавними лініями. Вік шарів даний в індексах загальноприйнятою номенклатури (Q_4 – сучасні, Q_3 – верхньочетвертинні, Q_2 – середньочетвертинні, Q_1 – нижньочетвертинні, N – неогенові, I – юрські, P – пермські, C – кам'яновугільні, D – девонські, P_{2z} – протерозойські). Шари, наявні не у всіх свердловинах, виклинюються, зводять нанівець на половині відстані між свердловинами. Шари, що мають однаковий вік і близькі за складом, але дещо відрізняються (скажімо, пісок глинистий і супісок), вимальовуються як один шар, але на середині відстані між свердловинами, де спостерігаються зміни, показується заміщення одних порід іншими «гармошкою». Після відкладення шарів збоку у вертикальній шкалі або при достатній потужності (товщі) шарів всередині їх індексами показується їх вік. Рівень поверхні ґрунтових вод (РГВ) дається в

завданні в абсолютних позначках. Ці товщі по вертикальній шкалі відкладаються в кожній свердловині і з'єднуються плавною лінією, для контрасту бажано іншого кольору, і отримують лінію поверхні, яка буде проходити всередині гірських порід. Також в абсолютних позначках можуть бути дані лінзи льоду, карстові воронки та ін., які, відповідно, наносять на геологічний розріз.

Наступним етапом роботи є оформлення написів.

Зверху над кресленням пишуть «Інженерно-геологічний розріз по свердловинах» і вказуються масштаби: горизонтальний і вертикальний.

Безпосередньо під кресленням вказують номери свердловин, відстань між ними і абсолютні позначки їх устя. Внизу під розрізом або збоку наведені умовні позначення порід. В правому нижньому куті листа вказуються: прізвище, ініціали виконавця і номер групи.

На зворотному боці аркуша дається короткий висновок про можливості будівництва, виходячи з рельєфу місцевості, складу і потужностей порід, гідрогеологічних умов і наявності фізико-геологічних процесів.

Таким чином, робота над інженерно-геологічними профілем зводиться коротко до наступних операцій.

1. Будують зліва на аркуші міліметрового паперу шкалу абсолютних відміток.
2. Наносять в масштабі за шкалою в горизонтальній площині абсолютні позначки устя свердловин.
3. Поєднуючи їх, отримують рельєф місцевості.
4. Беручи за абсолютну позначку абсолютну позначку свердловини, від цієї точки вниз відкладають потужності (товщину) шарів.
5. Однакові шари в різних свердловинах з'єднуються плавними лініями, шари, присутні в одній свердловині і відсутні в іншій, зводяться нанівець на половині відстані між свердловинами.
6. Наноситься рівень ґрунтових вод.
7. Розріз оформляється написами.

Геологічні карти представляють собою проекцію геологічних структур на горизонтальну площину. За цими картами можна судити про площі поширення тих

або інших порід, умови залягання, дислокації та ін. Головне завдання – проведення на карті граничних ліній виходів пластів на горизонтальну поверхню. При їх побудові використовують польові дані про характер і форму залягання пластів в оголеннях, аналіз загальних геологічних умов району, а також певні правила побудови проекцій.

7.1. Контрольні завдання за темою

Завдання 1. Покажіть на схематичному розрізі первинні форми залягання осадових гірських порід: шар, лінзу, прошарок, виклинювання і пережим шару, фаціальний перехід одних порід в інші. Для шару вкажіть його покрівлю, підосхву і потужність.

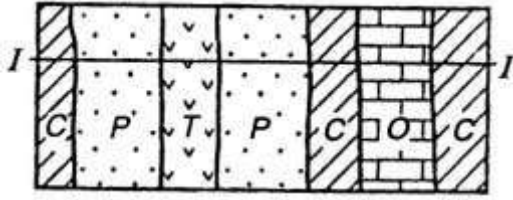

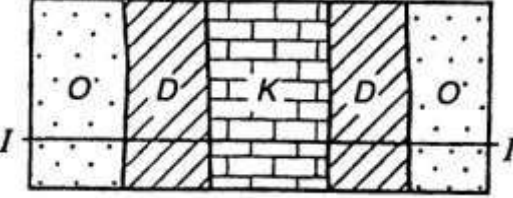
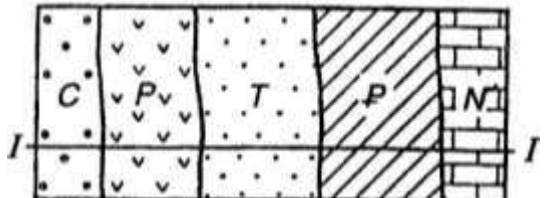
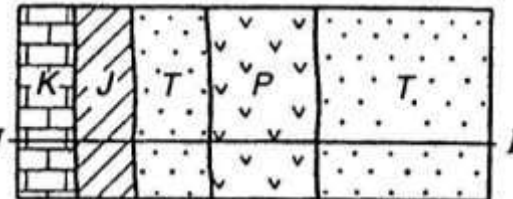
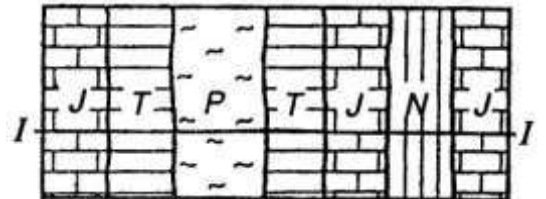
Завдання 2. Вивчивши геологічний розріз, представлений в завданні, назвіть відносний вік гірських порід, що складають територію, що розглядається. Між якими геологічними періодами сталася тектонічна деформація і як називається зображена на розрізі дислокація? Які шари залягають між собою згідно і які незгідно? Чи спостерігається в розрізі стратиграфічна перерва?

варіант	завдання	варіант	завдання	варіант	завдання
1		6		11	
2		7		12	

варіант	завдання	варіант	завдання	варіант	завдання
3		8		13	
4		9		14	
5		10		15	

Завдання 3. В завданні зображені фрагменти геологічних карт територій з приблизно горизонтальною поверхнею рельєфу масштабу 1:2000. Покажіть можливий розріз по лінії I-I з припущенням, що шари гірських порід залягають згідно і кожен шар в межах карти має постійну потужність. Яка форма порушеного залягання порід (дислокація) видна на карті і розрізі? Між породами якого віку спостерігається стратиграфічна перерва?

варіант	завдання	варіант	завдання
1		6	
2		7	

варіант	завдання	варіант	завдання
3		8	
4		9	
5		10	

Приклад побудови розрізу I-I по фрагменту карти, зображеної на рис. 7.2,а, наведено на рис. 7.2,б і 7.2,в. Розріз рекомендується будувати в наступному порядку. Проводять лінію топографічного профілю поверхні Землі, яка за умовами завдання горизонтальна. На профіль переносять точки перетину розрізу зі стратиграфічними границями на карті, як показано на рис. 7.2,б. У розрізі ці точки будуть лежати на лініях границь шарів (покрівлі або підшві), тому справа і зліва від точок на топографічному профілі олівцем позначають індекси віку порід. До проведення границь між шарами необхідно в найзагальніших рисах відновити геологічну історію розвитку району. Найбільш древніми відкладеннями, що виходять на поверхню в межах карти, є пермські (P). Поруч з ними на тих же абсолютних позначках симетрично оголюються породи тріасу (T) і далі юри (J). Спочатку ці породи лежали горизонтально: внизу – пермські, на них тріаси і вище – юрські. Опинитися на одній висоті над рівнем моря вони могли тільки внаслідок заглиблення в одних місцях і підняття в інших, тобто внаслідок деформації. Деформація привела до того, що зім'ялися шари в складки, прогнуті вниз (синкліналі) і опуклі вгору (антикліналі). При розмиванні і формуванні рівнинного рельєфу складки зрізані. Оголене ядро антикліналі, в якому залягають найбільш древні породи і ядро синкліналі, в якому збереглися від розмиву наймолодші

породи. Вони повсюдно залягали нагорі і тому розмиті в першу чергу. Зробивши такий аналіз, вікові геологічні границі (між Р і Т та ін.) проводимо похило і так, щоб стародавні породи всюди лежали під молодшими (рис. 7.2, в). Руйнування частини складки відновлюють пунктиром. Олівцеві записи прибирають. Незважаючи на принципово правильну рисовку антиклінальної та синклінальної складок, їх кути при вершинах, а отже, і нахил крил приймають довільно, так як для однозначного вирішення питання інформації в даному випадку недостатньо. У наступних завданнях розглядаються випадки побудови геологічних розрізів при наявності більш повної інформації. Між юрою і неогеном є стратиграфічна перерва.

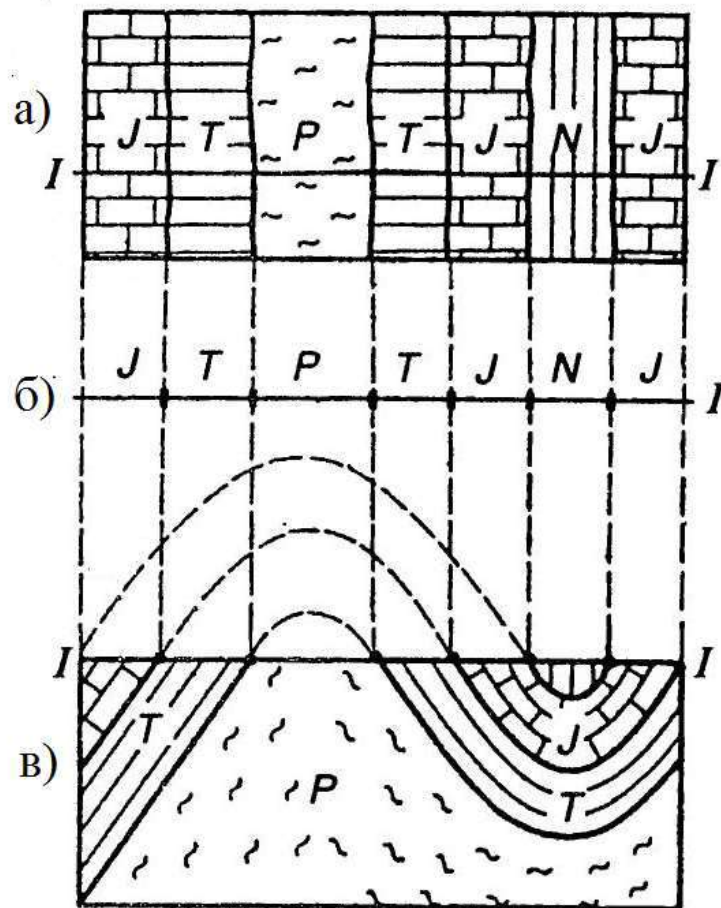


Рис. 7.2. Приклад побудови розрізу I-I

Завдання 4. В завданні зображені фрагменти геологічних карт на топографічній основі масштабу 1:2000 і умовні позначення до них. Побудуйте геологічний розріз по лінії I-I, прийнявши вертикальний масштаб 1:1000, горизонтальний 1:2000.

Яка форма залягання осадових гірських порід представлена в розрізі? Між якими шарами спостерігається стратиграфічна перерва? Назвіть геологічний вік кожної літологічної різниці гірських порід, розвинених в межах карти. На які періоди припала стратиграфічна перерва?

варіант	завдання	варіант	завдання
1		5	
2		6	
3		7	
4		8	

Тонкими лініями показані горизонталі рельєфу. Товстими – вікові геологічні кордони:

– вапняк	– глина	– алевроліт	– крейда	– доломіт
– аргіліт	– мергель	– сланець	– піщаник	– опока

Приклад побудови розрізу I-I наведено на рис. 7.3.

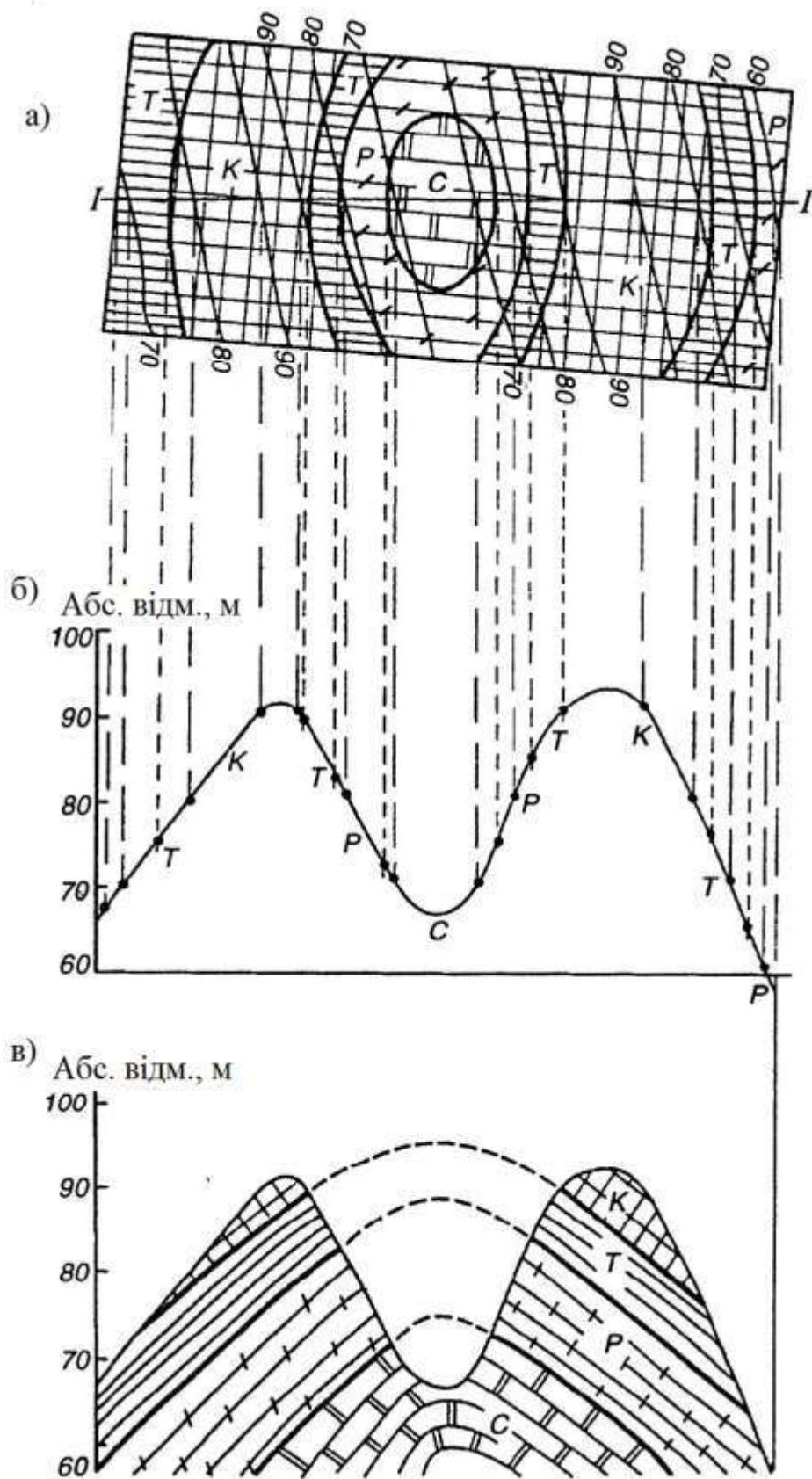


Рис. 7.3. Приклад побудови геологічного розрізу по карті при відсутності свердловин

Розріз будують на міліметровому папері в наступному порядку. На горизонтальній лінії відзначають початок і кінець розрізу в прийнятому масштабі.

У початку розрізу будують (в заданому масштабі) вертикальну шкалу абсолютних відміток в межах, що зустрічаються на карті. Далі будують топографічний профіль. З огляду на те, що горизонтальні масштаби карти і розрізу за умовою завдання збігаються, можна, повернувши карту (рис. 7.3, а) так, щоб лінія розрізу на карті була паралельна горизонтальній лінії на розрізі, побудувати топографічний профіль шляхом перенесення точок перетину горизонталей з лінією розрізу з рис. 7.3, а на рис. 7.3, б (лінії з довгими пунктирними штрихами). На отриманий топографічний профіль проектують стратиграфічні границі шарів, що потрапляють в розріз (лінії з короткими пунктирними штрихами), і олівцем справа і зліва від стратиграфічних границь позначають індексами вік порід. Тепер розглядають склад і вік порід, що потрапили на розріз.

Найбільш древніми з них є доломіт кам'яновугільного віку (С). За ними слідує пермські аргіліти (Р) і глини тріасу (Т). Між тріасом і крейдою (К) спостерігається стратиграфічна перерва: відсутні юрські відкладення. Проведення границь шарів починають з ліній, що мають максимальну кількість точок на топографічному профілі (границя між перм'ю і тріасом, крейдою і тріасом). Розмиті частину границі показують пунктиром; границі інших шарів проводять також, тобто паралельно побудованій через точки стратиграфічних границь на топографічному профілі. На закінчення штрихуванням позначають літологічний склад порід, індексами – вік; олівцеві записи стирають. У розрізі видно антиклінальну складку з розмитим ядром.

7.2. Контрольні питання до перевірки

1. Що таке геологічна карта?
2. На які типи підрозділяються геологічні карти?
3. З якою метою складаються спеціальні інженерно-геологічні карти?
4. Склад карти інженерно-геологічних умов.
5. Склад карти інженерно-геологічного районування.
6. Склад інженерно-геологічної карти спеціального призначення.
7. Інженерно-геологічний розріз.
8. Дані, необхідні для побудови інженерно-геологічного розрізу.

ТЕМА 8

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ВИШУКУВАННЯ ДЛЯ РІЗНИХ ВИДІВ БУДІВНИЦТВА

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 проектів 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 проектів 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 проектної 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 правовстановлюючого 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 вишукування 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 проектуються, 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.

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.			

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.

Глибини гірничих виробок при вишукуванні 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.

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 подошви фундаменту, м	навантаження на опору, кН	глибина гірничої виробки від подошви 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

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.

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 проектованих 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, пилуватих 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);

– прогнозу 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 установлюють, 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) проектованої 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 проектується на пільовій основі, кількість випробувань зондуванням або еталонною палею згідно з діючими нормативними документами, має бути не менше шести, а статичними випробуваннями натурних палей – 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 агроеліоративних 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 дренажність території завдяки слабкій вертикальній розчленованості рельєфу;
- низьке розташування території відносно природного базису дренажування, 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 слабопроникних порід з низькою водовіддачею, що спричиняє формування зон надмірного зволоження та повного водонасичення;

– наявність у вертикальному розрізі прошарків слабопроникних 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 слабопроникних 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 пальовими 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 цементація 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 фондкових 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:

- методику 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 проекрованої інженерної діяльності;
- висновки та рекомендації для прийняття проектно-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 бути 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 вишукувальні 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 вишукувальних 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 впливів на ґрунти основи. Глибина шурфу має забезпечувати можливість відбору моноліту з глибини не менше 0,5 м нижче подошви 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 проектних рішень, за відсутності доступу до місця робіт, а також як контроль за дотриманням проектних 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 проекті;
- 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 проектованої 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 (ризiku) 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 вишукувальних 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:

Ш – ризик виходу системи із допустимого стану – слабкий, захисні заходи не потрібні;

Ша – ризик виходу системи із допустимого стану – суттєвий, необхідні спеціальні профілактичні заходи з урегулювання впливів або захисту від небезпечних процесів;

Шб – 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 фондових матеріалів і не є основою для розроблення проекту.

8.10. Контрольні завдання за темою

Завдання 1. Охарактеризувати зміст і призначення основних видів інженерно-геологічних і гідрогеологічних досліджень, а також основних методів отримання інформації про геологічне середовище.

Варіант	Види досліджень	Варіант	Види досліджень
1	Польові дослідження ґрунтів	6	Камеральні роботи і зміст звітів про інженерно-геологічні і гідрогеологічні дослідження
2	Геофізичні дослідження	7	Стаціонарні спостереження
3	Гідрогеологічна зйомка	8	Інженерно-геологічна зйомка
4	Бурові роботи	9	Гірськопрохідні роботи
5	Дослідні польові роботи	10	Лабораторні дослідження

Завдання 2. Охарактеризувати зміст і призначення основних видів інженерно-геологічних і гідрогеологічних досліджень для систем водопостачання і каналізації.

Варіант	Види досліджень
1	Інженерно-геологічні дослідження на площах під будинки і споруди
2	Інженерно-геологічні дослідження на площадках басейнів
3	Інженерно-геологічні дослідження по трасах трубопроводів
4	Інженерно-геологічні дослідження для підземних споруд
5	Інженерно-геологічні дослідження в зв'язку з будівництвом гребель і водоймищ для водопостачання
6	Інженерно-геологічні дослідження у зв'язку з капітальним ремонтом і реконструкцією будинків і споруд
7	Дослідження родовищ природних будівельних матеріалів
8	Гідрогеологічні дослідження для обґрунтування проектів водозаборів підземних вод
9	Гідрогеологічні дослідження в процесі будівництва та експлуатації водозаборів і при їх розширенні
10	Дослідження підземних вод для водопостачання у різних гідрогеологічних умовах

8.11. 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.

ЛІТЕРАТУРА

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. Матвеев, 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. Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища : навчальний посібник / І. І. Ваганов, І. В. Маєвська, М. М. Попович. Вінниця : ВНТУ, 2014. – 267 с.
6. 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.
7. ДБН В.1.1-46:2017 Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 53 с. – https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074317981392569420?doc_type=2.
8. Ратушняк Г.С. Інженерні вишукування [Текст]: навчальний посібник / Г.С. Ратушняк, О.Д. Панкевич, О.Г. Лялюк. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 150 с.
9. ДБН А.2.1-1-2014. Інженерні вишукування для будівництва.– К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 128 с. – http://dbn.at.ua/_ld/11/1167_DBNInzhenernivu.pdf

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять

з дисципліни «Інженерна геологія та вишукування»

*(для здобувачів вищої освіти
спеціальності G 19 – «Будівництво та цивільна інженерія»)
(Електронне видання)*

Укладач: БІЛОШИЦЬКА Наталія Іванівна

Оригінал - макет Н.І. Білошицька

Підписано до друку _____

Формат 60×84¹/₁₆. Папір типограф. Гарнитура 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