

О. С. Борзяк, Л. В. Трикоз, О. С. Герасименко

ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Харків – 2017



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

О. С. Борзяк, Л. В. Трикоз, О. С. Герасименко

ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Харків – 2017

УДК 624.131.1(075)
ББК 26.3я7
Б-823

*Рекомендовано вченою радою Українського державного
університету залізничного транспорту як навчальний посібник
(витяг з протоколу № 8 від 29 листопада 2016 р.)*

Рецензенти:

професори І. М. Фик (ХНУ ім. В. Н. Каразіна),
О. Г. Вандоловський (ХНУ будівництва і архітектури)

Б-823 Борзяк О. С., Трикоз Л. В., Герасименко О. С. Інже-
нерна геологія: Навч. посібник. – Харків: УкрДУЗТ,
2017. – 227 с., рис. 78, табл. 13.

ISBN 978-617-654-063-2

Наведено основні поняття з інженерної геології, дані про мінерали та гірські породи, розглянуто процеси внутрішньої та зовнішньої динаміки Землі, а також фізико-геологічні процеси, які впливають на стійкість схилів і споруд. Викладено основи гідрогеології. Висвітлено питання інженерно-геологічної зйомки та охорони природного середовища.

Навчальний посібник призначений для засвоєння курсу «Інженерна геологія» студентами, що навчаються за навчальними планами ОКР «бакалавр» за спеціальностями «Будівництво та цивільна інженерія» і «Залізничний транспорт», а також іншими спеціальностями відповідних напрямків.

УДК 624.131.1(075)
ББК 26.3я7

ISBN 978-617-654-063-2

© Український державний університет
залізничного транспорту, 2017.

Навчальний посібник

Борзяк Ольга Сергіївна,
Трикоз Людмила Вікторівна,
Герасименко Олег Степанович

ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ

Відповідальний за випуск Борзяк О. С.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 27.05.16 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 12,5. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Зміст

Вступ.....	6
Розділ 1. Інженерна геологія. Основні цілі вивчення.....	7
1.1. Визначення дисципліни, її зв'язок з іншими науками.....	7
1.2. Історія розвитку інженерної геології як науки.....	8
Розділ 2. Основні відомості про Землю. Походження, класифікація, діагностичні властивості мінералів і гірських порід.....	11
2.1. Склад і будова земної кори та Землі.....	11
2.2. Мінерали, їх класифікація і фізичні властивості.....	13
2.3. Гірські породи.....	19
2.3.1. Магматичні гірські породи.....	19
2.3.2. Осадкові гірські породи.....	22
2.3.3. Метаморфічні гірські породи.....	27
2.4. Геологічний вік гірських порід.....	29
Розділ 3. Процеси внутрішньої динаміки Землі (ендогенні)...	37
3.1. Дислокації.....	40
3.2. Вулканізм.....	46
3.3. Землетруси.....	49
3.4. Тепловий режим Землі.....	54
Розділ 4. Процеси зовнішньої динаміки Землі (екзогенні).....	58
4.1. Вивітрювання.....	58
4.2. Геологічна діяльність вітру.....	63
4.3. Геологічна діяльність поверхневих текучих вод.....	67
4.3.1. Яроутворення.....	69
4.3.2. Селеві потоки (селі).....	70
4.3.3. Геологічна діяльність річок.....	71
4.4. Геологічна діяльність льодовиків.....	80
4.5. Геологічна діяльність морів і океанів.....	85
4.6. Геологічна діяльність озер.....	91
4.7. Геологічна діяльність боліт.....	93
Розділ 5. Основи гідрогеології.....	98
5.1. Походження і класифікація підземних вод.....	98
5.1.1. Види і стани води в гірських породах.....	98
5.2. Фізичні властивості та хімічний склад підземних вод.....	104
5.3. Поліпшення якості води.....	106

5.4. Агресивність підземних вод щодо бетону та залізобетону.....	107
5.5. Основні закони руху підземних вод.....	108
5.6. Визначення коефіцієнта фільтрації.....	110
5.7. Методи захисту від ґрунтових вод. Види дренажів.....	112
5.7.1. Відкритий водовідлив.....	112
5.7.2. Горизонтальний дренаж.....	113
5.7.3. Вертикальний дренаж.....	115
Розділ 6. Фізико-геологічні процеси, які впливають на стійкість схилів і споруд.....	120
6.1. Процеси, обумовлені рухом порід по схилах.....	120
6.1.1. Осипи.....	120
6.1.2. Обвали, вивалювання.....	122
6.1.3. Лавини.....	123
6.1.4. Зсуви.....	125
6.2. Процеси, обумовлені дією поверхневих і підземних вод.....	134
6.2.1. Карст.....	134
6.2.2. Суфозія.....	137
6.2.3. Глиняний карст.....	138
6.2.4. Просідання ґрунтів.....	139
6.2.5. Пливуни.....	146
6.3. Процеси, обумовлені дією від'ємних температур.....	152
6.3.1. Морозне здимання порід.....	152
6.3.2. Вічна мерзлота.....	155
6.3.3. Фізико-геологічні явища, характерні для областей з вічномерзлими породами.....	157
Розділ 7. Інженерно-геологічна зйомка та її методи.....	164
7.1. Гірничі виробки. Види відслонень.....	167
7.2. Спеціальні види інженерно-геологічних досліджень... ..	173
7.2.1. Види космічних зйомок.....	174
7.2.2. Аерометоди.....	176
7.2.3. Геофізичні методи досліджень.....	178
7.2.4. Сейсморозвідка.....	181
7.2.5. Георадіолокаційний метод.....	185
7.3. Методи дослідження ґрунтів у польових умовах.....	187
7.3.1. Випробування ґрунтів зондуванням.....	187

7.3.2. Досліди та спостереження при оцінці стисливості ґрунтів.....	190
7.3.3. Визначення міцності ґрунтів.....	192
7.3.4. Визначення просідання ґрунтів.....	194
7.3.5. Визначення стійкості укосів і схилів.....	195
7.4. Лабораторні дослідження фізико-механічних властивостей ґрунтів.....	197
7.4.1. Консервування монолітів.....	199
7.4.2. Фізико-механічні властивості ґрунтів.....	199
Розділ 8. Охорона природного середовища під час вишукувань, проектування, будівництва та експлуатації будівель і споруд.....	205
8.1. Охорона природного середовища та завдання інженерно-геологічних вишукувань.....	206
8.2. Охорона природного середовища при проектуванні промислового, цивільного та шляхового будівництва.....	209
8.3. Вплив будівельно-монтажних робіт на природне середовище.....	211
8.4. Вплив експлуатації будівель і споруд на природне середовище.....	215
8.5. Вплив будівництва залізниць на природне середовище.....	216
8.6. Вплив експлуатації залізниць на природне середовище.....	218
8.7. Екологічна небезпека транспортних аварій.....	220
Бібліографічний список.....	
Предметний покажчик.....	223

ВСТУП

Будівництво промислових і цивільних об'єктів потребує всебічного врахування інженерно-геологічних умов: геологічних умов ділянки будівництва, складу гірських порід і їх фізико-механічних властивостей; наявності підземних вод і їх впливу на умови будівництва та майбутню експлуатацію; наявності фізико-геологічних процесів і явищ, які впливають на побудовані споруди; інженерно-геологічних процесів, які виникають у результаті будівництва. Тому вивчення курсу «Інженерна геологія» необхідно для майбутніх інженерів-будівельників.

У навчальному посібнику основна увага сконцентрована на геологічних поняттях, що певною мірою пов'язані з питаннями будівництва. Навчальний посібник складається з розділів про мінерали та гірські породи, ендегенні та екзогенні процеси, геологічні процеси, які впливають на стійкість споруд, розглянуті різновиди підземних вод, їх фізичні властивості, хімічний склад, закони руху підземних вод, види дренажів.

До посібника введено розділи «Інженерно-геологічна зйомка та її методи» та «Охорона природного середовища під час вишукувань, проектування, будівництва та експлуатації будівель та споруд». Розглянуто сучасні види інженерно-геологічних досліджень, таких як сейсмозв'язка, космічні методи зйомок та аерометоди.

Розділ 1. ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ. ОСНОВНІ ЦІЛІ ВИВЧЕННЯ

1.1. Визначення дисципліни, її зв'язок з іншими науками

Інженерна геологія – галузь геології, яка вивчає верхні горизонти земної кори у зв'язку з інженерно-будівельною діяльністю людини.

Фундаментальними базовими науками для інженерної геології є фізика, хімія, математика, механіка та ін. Інженерна геологія пов'язана з гідрогеологією, геоморфологією, ґрунтознавством, а також із загально-технічними та спеціальними дисциплінами: механікою ґрунтів, основами та фундаментами, будівельними матеріалами, технологією будівельного виробництва.

Взагалі геологічні науки належать до природно-історичних наук, які вивчають природу. Геологія перекладається з давньогрецької мови як «наука про Землю». **Геологія** – це наука про будову Землі, її історію, становлення Землі як тіла Всесвіту. Разом з геологією Землю вивчають такі науки, як географія, геодезія та ін.

У наш час геологія має багато напрямків. Вона вивчає склад Землі, її історію, будову, рельєф, залишки давніх представників органічного світу. В останні роки з'явилися нові науки – космічна, екологічна, економічна геології, прикладні геологічні науки, спрямовані на вивчення нових родовищ корисних копалин, у першу чергу нафти, газу, вугілля, торфу.

Інженерна геологія також входить до комплексу геологічних наук. Її головні напрямки дуже важливі для всіх спеціалістів, які працюють у галузі будівництва.

Основні завдання, які стоять перед інженерною геологією:

1. Вивчення фізико-технічних властивостей гірських порід і ґрунтів, які визначають умови спорудження і стійкість будівельних об'єктів.

2. Вивчення та облік геологічних умов місцевості для будівництва різних споруд (геологічні та інженерно-геологічні умови, присутність підземних вод і їх вплив на будівництво й експлуатацію об'єктів).

3. Складання прогнозу виникнення інженерно-геологічних процесів, що з'являються при взаємодії споруд з природним середовищем, розроблення заходів з забезпечення стійкості і довговічності інженерних споруд.

Інженерна геологія як наука тісно пов'язана та розвивається паралельно з науками, що входять до геологічного циклу:

- **кристалографія** – наука про кристали, їх будову, фізичні властивості, умови утворення і практичне застосування;

- **мінералогія** – наука про мінерали, їх хімічний склад, структуру, фізичні властивості, термодинамічні умови утворення, методи діагностики мінералів і їх практичне застосування;

- **петрографія** – наука про гірські породи, їх хімічний, мінеральний, гранулометричний склад, походження, структуру, форми залягання, фізико-технічні властивості та практичне застосування;

- **літологія** – наука, яка вивчає сучасні осади та осадові гірські породи;

- **палеонтологія** – наука про викопні органічні залишки;

- **стратиграфія** – наука, яка вивчає закономірності залягання пластів гірських порід у земній корі;

- **геофізика** – наука про фізичні властивості Землі;

- **сейсмологія** – наука про пружні коливання земної поверхні.

На базі цих наук сформувалися головні напрямки інженерної геології, які продовжують інтенсивно розвиватися в наш час:

1) **грунтознавство** – вчення про ґрунти;

2) **інженерна геодинаміка** – вчення про геологічні процеси, які впливають на стійкість будівель і споруд;

3) **регіональна інженерна геологія**, яка вивчає інженерно-геологічні умови в різних регіонах.

1.2. Історія розвитку інженерної геології як науки

Виникнення інженерної геології та її розвиток, безумовно, пов'язаний з будівництвом. Передумови для формування інженерної геології, як окремої науки геологічного циклу, з'явилися ще наприкінці XIX ст. у зв'язку з будівництвом

залізниць. У цей час відбувається накопичення фактичного матеріалу інженерно-геологічного характеру та його узагальнення. Перші інженерно-геологічні роботи проводились за участю О. П. Карпінського, Ф. Ю. Левінсон-Ліссинга, І. В. Мушкетова, А. П. Павлова, В. А. Обручева та ін.



П. А. Зем'ятченський
(1856-1942)



Ф. П. Саваренський
(1881-1946)



С. М. Сергєєв
(1914-1997)

Інженерна геологія як наукова дисципліна сформувалася у 20-30-х рр. ХХ ст. Це був період бурхливого розвитку гідротехнічного, промислово-цивільного, ливарного будівництва.

У 1923 р. створення в Петрограді Дорожньо-дослідницького бюро під керівництвом Н. І. Прохорова, П. А. Зем'ятченського та Н. І. Іванова знаменує початок формування ґрунтознавства. Почалось дослідження ґрунтів та осадових порід для дорожнього будівництва. Одночасно з ґрунтознавством виникає і механіка ґрунтів – у 1925 р. вийшла книга Карла Терцагі «Будівельна механіка ґрунтів» (Terzaghi, K., 1925, Erdbaumechanik, Franz Deuticke, Vienna).

Практично в той же час виник інший науковий напрямок, пов'язаний з вивченням впливу геологічних процесів на інженерні споруди, що отримав назву «інженерна геологія». Великий внесок у становлення й подальший розвиток інженерної геології мали праці Ф. П. Саваренського, Г. М. Каменського, Н. Ф. Погребова, І. В. Попова, М. М. Маслова, М. П. Семенова, В. О. Приклонського та інших вчених, що брали участь у вишукуваннях під будівництво гідроелектростанцій на Волзі, Дніпрі, по трасі каналу Волга-Москва та ін.

У цей час починається підготовка спеціалістів у галузі інженерної геології. У 1923-32 рр. в провідних вищих навчальних закладах були відкриті кафедри ґрунтознавства та інженерної геології.

У 1937 р. вийшли у світ книги «Інженерна геологія» Ф. П. Саваренського та «Методика інженерно-геологічних досліджень для гідротехнічного будівництва» (М. П. Семенов, М. І. Біндерман, М. М. Гришин). У 1951 р. вийшов підручник «Інженерна геологія» І. В. Попова.

Починаючи з 50-х р. ХХ ст. бурхливо розвивається інженерна геологія та її основні напрямки – ґрунтознавство, механіка ґрунтів та інженерна геодинаміка. Великий внесок у розвиток ґрунтознавства зробили вчені, які розробили основні методологічні положення цього напрямку – Є. М. Сергєєв, С. С. Морозов, В. О. Приклонський, І. М. Горькова, В. Д. Ломтадзе, М. Я. Денісов, І. В. Попов, М. М. Маслов та ін. Суттєвий внесок у розвиток інженерної геодинаміки зробили Г. К. Бондарік, Г. С. Золотарьов, В. С. Круподьоров, В. В. Пендін, І. В. Попов та ін. Крім того, у цей час сформувався напрям інженерної геології – регіональна інженерна геологія. У його становленні та розвитку суттєвий внесок належить І. В. Попову, Г. А. Голодковській, Є. М. Сергєєву, В. Т. Трофімову та ін.

Інженерна геологія продовжує розвиватись, значно розширюється коло завдань. Інтенсивний розвиток будівництва та інженерно-господарська діяльність людства суттєво впливає на земну кору. На сьогодні інженерна геологія не тільки забезпечує необхідними даними проектувальників і будівельників при зведенні споруд, але й вирішує складні наукові проблеми, що виникають при вивченні поверхневої частини земної кори як об'єкта впливу людини на літосферу.

Контрольні питання до розділу 1

1. Наведіть визначення інженерна геологія.
2. Який зв'язок має інженерна геологія з іншими науками?
3. Які завдання вирішує інженерна геологія?
4. Які головні напрямки сучасної інженерної геології?
5. Які науки вивчають головні аспекти знань про Землю?

2. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗЕМЛЮ. ПОХОДЖЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ, ДІАГНОСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МІНЕРАЛІВ І ГІРСЬКИХ ПОРІД

2.1. Склад і будова земної кори та Землі

Земля – планета Сонячної системи, третя по віддаленню від Сонця. Земля має форму геоїда – еліпсоїда обертання, поверхня якого повторює вільну, незбуджену поверхню води у Світовому океані, яка уявно продовжена під материками так, що вона скрізь перпендикулярна до напрямку сили тяжіння. Середній радіус Землі становить 6371,032 км, екваторіальний – 6378,16 км, полярний – 6356,777 км.

Земля складається з декількох зовнішніх і внутрішніх оболонок, що сформувались внаслідок диференціації речовини, вони мають різний хімічний склад, агрегатний стан і реологічні властивості.

Дослідженням хімічного складу займається геохімія – наука про хімічний склад і закони поширення хімічних елементів в оболонках Землі. Узагальнення даних за хімічним складом гірських порід, що складають земну кору, уперше було зроблено американським вченим Франком Кларком у 80-х рр. XIX ст. На честь нього в 1923 р. був уведений термін «кларк елементів» – значення, що виражає середній вміст хімічних елементів у геохімічній системі відносно загальної маси цієї системи.

Внутрішня структура Землі (рис. 2.1) встановлена за даними опосередкованих методів досліджень. Оболонки Землі (геосфери) були визначені за допомогою вимірювання часу розповсюдження заломлених і відбитих сейсмічних хвиль, що створені землетрусами. Земля складається з трьох основних геосфер: земної кори, мантії і ядра.

Ядро – наймасивніша (найщільніша) внутрішня частина Землі. Воно складається з речовин, що мають властивості металів. Радіус ядра становить близько 3500 км. Температура в ядрі досягає 4000–5000 °С. **Внутрішнє ядро**, за припущенням, має діаметр 2600 км, знаходиться у твердому агрегатному стані і складається з чистого заліза чи нікелю. **Зовнішнє ядро** товщиною 2250 км – із розплавленого заліза або нікелю.

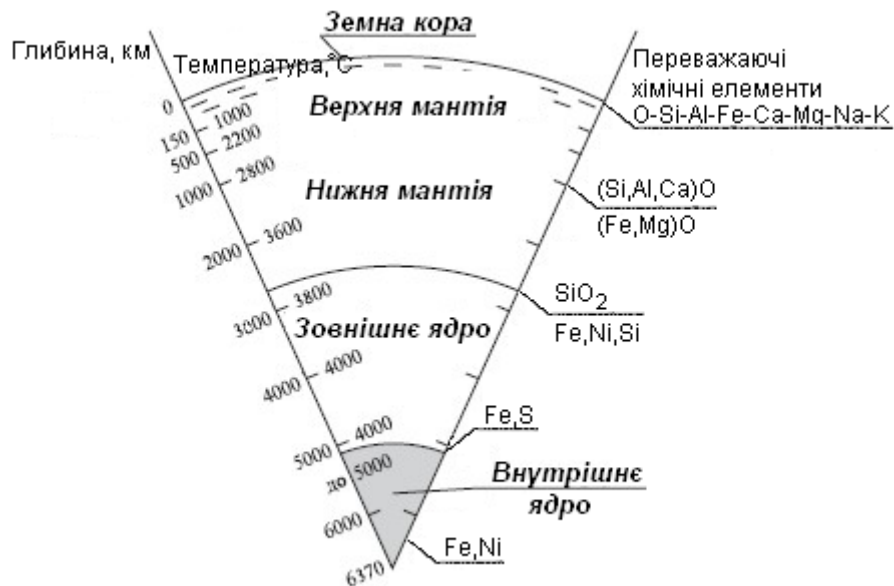


Рис.2.1. Внутрішня будова Землі та її хімічний склад

Мантія – найбільша за об'ємом частина планети (4/5 об'єму Землі). Мантія близько 2900 км завтовшки У ній виділяють **верхню мантію** до глибини 900 км і **нижню мантію** (або мантію) – до глибини 2900 км. Верхня частина мантії називається перидотитовою зоною у зв'язку з переважанням у її складі ультраосновних або лужних речовин – найбільший вміст мають кремній і магній. Вважають, що речовина верхньої мантії знаходиться частково в розплавленому стані. Нижня частина мантії називається рудною зоною, у її складі багато заліза, нікелю, кремнію та магнію. Речовина нижньої мантії перебуває у твердому стані. Температура речовини мантії з наближенням до поверхні Землі знижується від 4000 до 1000 °С.

Вище від мантії лежить **земна кора** – верхня тверда оболонка Землі. Земна кора разом з частиною мантії утворює літосферу. При переході від літосфери до мантії відбувається різке збільшення швидкості розповсюдження поздовжніх сейсмічних хвиль від 6,5-7,2 до 8,0-8,2 км/с. Ця сейсмічна межа одержала назву поділу Мохоровичича (скорочено Мохо) на честь югославського сейсмолога А. Мохоровичича, який у 1909 р., вивчаючи землетрус у Загребі, виявив, що на глибині 60 км швидкість сейсмічних хвиль значно збільшується. Він дійшов висновку, що тут і проходить межа земної кори та мантії. За

сучасними даними, глибина залягання поверхні Мохоровичича змінюється від 5-7 км під дном океанів до 70-80 км у гірських районах.

Хімічні аналізи показали, що маса земної кори складається в основному з восьми елементів: кисень (O) – 46,5 %; кремній (Si) – 25,7 %; алюміній (Al) – 7,65 %; залізо (Fe) – 6,24 %; кальцій (Ca) – 5,79 %; натрій (Na) – 1,81 %; калій (K) – 1,34 %; магній (Mg) – 3,23 %. Слід зазначити, що в різних авторів частка тих чи інших елементів у земній корі неоднакова, але відрізняється несуттєво. Поєднання хімічних елементів утворює гірські породи та мінерали.

2.2. Мінерали, їх класифікація і фізичні властивості

У своїй будівельній діяльності людина постійно використовує гірські породи. Все, що будує людина, створюється на гірських породах, у них або тією чи іншою мірою з гірських порід. **Гірська порода** – сполучення одного або декількох мінералів. Властивості мінералів визначають властивості гірських порід.

Мінерали – це однорідні за хімічним складом і фізичними властивостями речовини, які утворюються в земній корі або на поверхні під впливом фізико-хімічних процесів.

Мінерали бувають у твердому, рідкому та газоподібному станах. Більшість мінералів знаходиться у твердому стані, наприклад кварц, кальцит, гіпс. Прикладами рідкого стану мінералів є нафта, вода, ртуть; газоподібного – метан, сірка, кисень.

У земній корі міститься більше 7000 видів і різновидів мінералів, однак лише близько 100 з них мають широке розповсюдження і складають головні гірські породи. Такі мінерали називають породоутворюючими.

Найбільш поширені породоутворюючі мінерали поділяються на декілька класів залежно від хімічного складу:

1. **Силікати** – солі кремневої кислоти. Це найбільш поширений клас мінералів. До них належать авгіт, рогова обманка, олівін, біотит, мусковіт, глауконіт, ортоклаз, альбіт, лабрадорит та інші.

2. **Карбонати** – солі вугільної кислоти H_2CO_3 , наприклад, кальцит $CaCO_3$, доломіт $CaCO_3 \times MgCO_3$.

3. **Оксиди та гідроксиди.** – Найбільш поширений серед цього класу – кварц SiO_2 . Сюди ж належать лімоніт і гематит.

4. **Сульфати** – солі сірчаної кислоти H_2SO_4 . Найбільш розповсюджені – гіпс $CaSO_4 \times 2H_2O$ та ангідрит $CaSO_4$.

5. **Сульфіди** – солі сірководневої кислоти H_2S , наприклад пірит FeS_2 .

6. **Галоїди** – солі галогенових кислот HCl , HBr , HI . Сюди належать розчинні у воді мінерали – галіт і сильвін.

7. **Фосфати** – солі фосфорної кислоти H_3PO_4 , наприклад апатит, селітра.

8. **Самородні елементи** – графіт C , сірка S , золото Au , ртуть Hg , платина Pt .

9. **Органічні сполуки** – нафта, бурштин.

Із загальної кількості існуючих у природі мінералів силікати складають 34 %, оксиди та гідроксиди – 25 %, сульфіди – 20 %, на всі інші припадає близько 20 %.

Кожний мінерал має певні характерні фізичні властивості, що дозволяє відрізнити його від інших.

Всі властивості мінералів залежать від хімічного складу і особливостей будови.

Залежно від будови мінерали поділяються на кристалічні та аморфні. Найбільш поширені мінерали з кристалічною будовою.

Кожний кристалічний мінерал характеризується певним типом кристалічної решітки і певною формою кристалів, що є важливою діагностичною характеристикою мінералів. Наприклад, для кварцу такою формою кристалів є шестигранні призми та піраміди, для галіту – куби, для кальциту – ромбодри.

Особливістю кристалічної речовини є те, що у кристалах атоми розміщені в певному геометричному порядку відповідно до ґрат, характерних для даної речовини (рис. 2.2).

Наслідком цього є анізотропність – різниця фізичних властивостей речовини в різних напрямках, що характерно для деяких мінералів і гірських порід.

Аморфну будову мають тіла, у яких нема певної періодичності в розміщенні атомів, тому їх фізичні властивості не залежать від напрямку, тобто вони однакові в усіх напрямках.

Однак у природі в умовах стисненого зростання кристали втрачають характерну форму.

У геології будову мінералів характеризують видом мінеральних агрегатів.

Мінеральні агрегати являють собою закономірні зростки кристалів (кристалічна будова) або скупчення мінеральної речовини (що характерно для аморфної будови).

Найбільш поширені мінеральні агрегати:

- кристалічні;
- зернисті (кристали у вигляді зерен зовнішньо нагадують цукор-рафінад);
- землисті (пухкі борошністі маси прихованокристалічної структури; кристали розрізняються лише за допомогою мікроскопа);
- дендрити (деревоподібні рисунки по тріщинах нагадують гілки дерев і папоротей);
- конкреції (накопичення мінеральної речовини відбувається від центра до периферії);
- секреції (кристали ростуть від периферії до центра).

Секреції утворюються у зв'язку з заповненням округлих порожнин від країв до центра концентричними шарами. Нерідко усередині секрецій знаходяться порожнини – жеоди, виконані щітками та друзами кристалів.

Друзи – скупчення кристалів різного розміру на спільній основі.

Щітки – зростки кристалів розміром 1-2 мм на спільній основі.

Конкреції – кулеподібні утворення, які зростають від центра до периферії та мають радіально-променисту будову.

Ооліти – дрібні (до 10 см у поперечнику), округлі утворення. Вони мають як радіально-променисту, так і шкарлупоподібну будову.

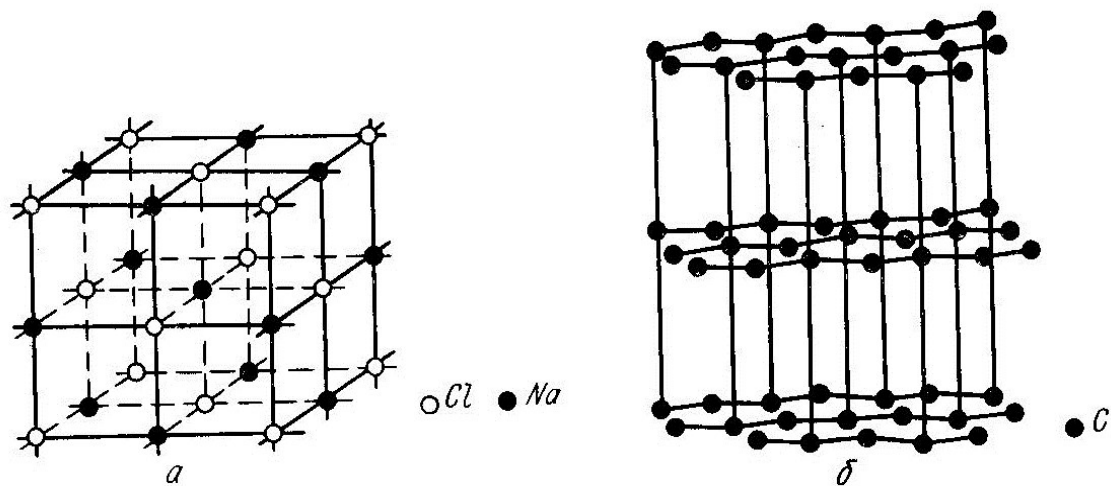


Рис. 2.2. Кристалічні ґрати: а – галіт; б – графіт

За фізичними властивостями більшість мінералів досить просто виявити. До таких властивостей належать: колір, колір риски, іризація, блиск, прозорість, спайність, злом, твердість, щільність, магнітність, розчинність, реакція з соляною кислотою.

Колір (забарвлення) породоутворюючих мінералів прийнято поділяти на дві групи:

- 1) світлі – білі, сірі, рожеві, жовті тощо;
- 2) темні – чорні або темно-зелені.

Забарвлення мінералів залежить від їх хімічного складу. Темні мінерали мають колір переважно від наявності сполук заліза та магнію, а світлі – переважно через наявність у складі сполук силіцію та алюмінію.

Барва того самого мінералу може бути нерідко мінливою у зв'язку з різними домішками, проте вона є важливою ознакою при вивченні мінералів.

Колір риски – колір мінералу в подрібненому стані. Його визначають дряпанням по неглазурованій керамічній пластинці. Колір риски може відрізнитися від кольору самого мінералу, наприклад у світло-жовтого піриту риска чорна.

До характеристик кольору належить іризація.

Іризація – локальна зміна забарвлення на гранях і площинах спайності при визначеному положенні мінералу відносно світлових променів, що зумовлено інтерференцією світла в поверхневих частинах мінералу. Наприклад лабрадор іризує у яскраво-синіх тонах, альбіт – блакитно-бузковим.

Прозорість – це здатність мінералів пропускати світло крізь себе. За цією властивістю мінерали поділяються таким чином: **прозорі** (гірський криштал), які пропускають світло як звичайне скло; **напівпрозорі** (опал), через них можна бачити контури предметів; **непрозорі**, які не пропускають світлові промені навіть крізь дуже тонкі пластинки (пірит).

Блиск – здатність мінералу відбивати світлові промені від поверхні. Блиск буває металевий і неметалевий. До неметалевого належить алмазний, скляний, перламутровий, шовковистий, жирний і матовий. Іноді зустрічається різновид металевого блиску – напівметалевий. Він має вигляд потьмянілого металу, наприклад графіт.

Спайність – здатність мінералу розколюватися при ударі по плоских поверхнях. Міра цієї здатності в різних мінералів неоднакова і залежить від особливостей структури мінералів. Розрізняють такі види спайності: цілком досконала, досконала, середня, недосконала, цілком недосконала.

Злом – поверхня мінералу, яка утворюється при його розколюванні. Існують такі види злomu: рівний, нерівний, східчастий, скалкуватий (занозистий), зернистий, землястий, раковистий.

Твердість – здатність мінералів протистояти проникненню в них інших, більш твердих матеріалів.

Твердість (у мінералогії) – опір мінералу дряпанню. Вона дуже важлива в діагностиці мінералів. Твердість залежить від хімічного складу і кристалічної будови мінералів.

Твердість мінералів оцінюють за шкалою твердості, яку називають шкалою Мооса (табл. 2.1).

Визначають твердість мінералів за шкалою Мооса шляхом порівняння мінералу, що досліджується, дряпаючи ним еталон або навпаки – його еталоном. Мінерали з рівним значенням твердості не дряпають один одного.

При користуванні шкалою твердості можна визначити відносну твердість. Справжня твердість мінералів визначається спеціальною апаратурою.

У польових умовах не завжди є набір мінералів шкали твердості. Тому доцільно користуватися заміниками (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Шкала твердості Мооса та її замітники

Відносна твердість	Мінерали	Відносна твердість	Замінники
1	Тальк, графіт	1	Грифель олівців 2М, 3М
2	Гіпс	2,5	Ніготь
3	Кальцит	3,5-4	Бронзова монета
4	Флюорит		
5	Апатит	5	Прозоре скло
6	Ортоклаз	6	Цвях, кнопка
7	Кварц	7	Ніж
8	Топаз	8-9	Легована сталь, сірий наждак
9	Корунд		
10	Алмаз		

Щільність (густина) мінералів знаходиться в широких межах від 0,6 до 2,7 г/см³. За густиною всі мінерали можна розділити на легкі (менше 3 г/см³), середні (від 3 до 5 г/см³) і важкі (більше 5 г/см³).

Магнітність мінералів визначається за допомогою магнітної стрілки, яку магнітні мінерали відхиляють, якщо їх до неї наблизити. Таких мінералів небагато, серед відомих – магнетит, платина.

Розчинність у воді – характерна властивість деяких мінералів. Вона пов'язана з такими характеристиками, як гігроскопічність і смак. Різноманітні мінерали неоднаково розчиняються у воді. Краща розчинність у таких мінералів, як сильвін і галіт. Гіпс розчиняється меншою мірою. Розчинність доломіту можлива лише за умови підвищеної температури.

Реакція з соляною кислотою для деяких мінералів, таких як карбонати, – важлива діагностична властивість. При взаємодії 5-10 % кислоти з цими мінералами вони закипають з виділенням вуглекислого газу.

Деяким мінералам властиві такі ознаки, як смак (галіт–солоний, сильвін – гіркуватий), запах (фосфорити при терті, сірка при горінні), ковкість (золото), гнучкість (слюди), горючість (сірка).

2.3. Гірські породи

Гірські породи являють собою сукупність мінералів або уламків гірських порід, які займають значні ділянки земної кори.

Гірська порода, що складається з одного виду мінералів, називається мономінеральною, а та, що складається з двох і більше видів мінералів, – полімінеральною. Наприклад, гіпс – це мономінеральна порода, бо складається з гіпсу, а граніт – полімінеральна порода, бо складається з кварцу, слюди і польового шпату. У наш час відомо близько 1000 видів гірських порід.

За походженням вони поділяються на 3 види: магматичні, осадові, метаморфічні. Магматичні та метаморфічні породи виникають внаслідок ендегенних процесів, осадові – внаслідок екзогенних процесів. В останні півстоліття з активізацією техногенних процесів відбувається руйнація існуючих порід і поступове повільне утворення нових осадових порід, які будуть вивчати наші нащадки.

2.3.1. Магматичні гірські породи

Магматичні гірські породи утворюються внаслідок охолодження і кристалізації рідкого силікатного розплаву (магми) у надрах Землі або на її поверхні. У зв'язку з цим виділяють глибинні (інтрузивні) та виливні (ефузивні) магматичні породи. Форми залягання магматичних гірських порід наведені на рис. 2.3.

Батолітами називають значні проникнення магми, що досягають сотень і тисяч квадратних кілометрів. Вони мають неправильні, звивисті обриси поверхні і відносно рівні, круто нахилені боки.

Лаколітами називають короваєподібні тіла з опуклою поверхнею і плоскою основою. Магма в межі лаколіту проникає каналом, що йде найчастіше з батоліту або штоку.

Штоками називають тіла, схожі з батолітами, але менших розмірів.

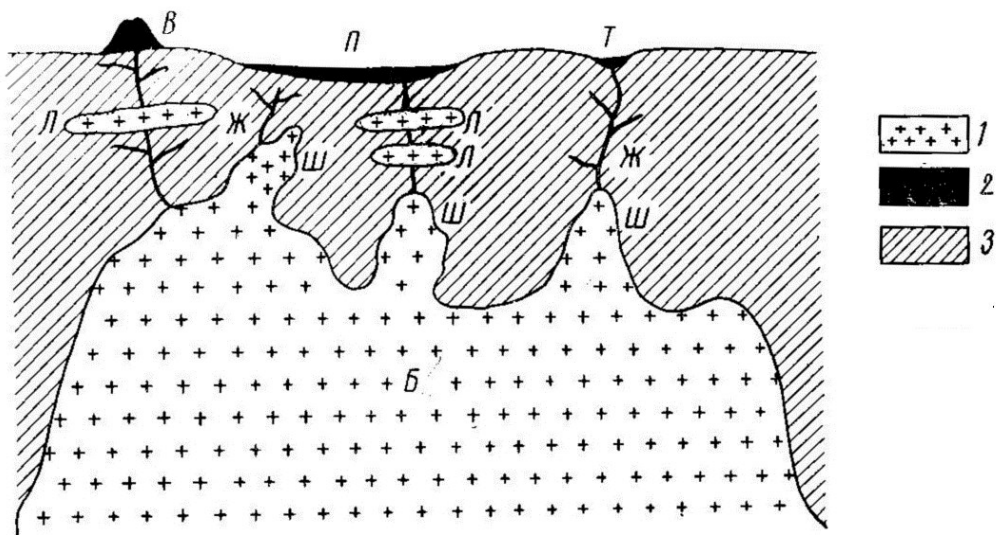


Рис. 2.3. Форми залягання магматичних гірських порід:
 Б – батоліт; Л – лаколіт; Ш – шток; Ж – жила; В – вулкан;
 П – покрив; Т – потік; 1 – глибинні (інтрузивні); 2 – виливні (ефузивні);
 3 – осадові та метаморфічні породи

Жилами називають тріщини, заповнені застиглою магмою. Вони відходять від батолітів, штоків, лаколітів. Жили мають найрізноманітнішу форму.

Куполами називають подібні до склепіння нагромадження застиглої лави. Вулканічні конуси – типові форми куполів. Їх схили складені з шарів застиглої лави.

Покривами називають тіла з застиглої лави, що займають великі площі.

Потоками називають заповнення застиглою лавою лощин, долин, ущелин тощо. Розміри потоків порівняно з покривами надзвичайно малі.

Класифікацію магматичних гірських порід доцільно проводити за головними ознаками: умовами утворення та мінеральним (хімічним) складом (табл. 2.2).

Залежно від умов утворення магматичні породи поділяються на глибинні (інтрузивні) та виливні (ефузивні). Глибинні утворюються в батолітах, лаколітах, штоках, жилах. Виливні – у куполах, покривах, потоках. Ці два види порід відрізняються структурно-текстурними особливостями.

У гірських породах розрізняють структуру і текстуру. *Структура* характеризує розмір і форму окремих зерен породи. *Текстура* характеризує закономірне знаходження частинок гірських порід у просторі.

Глибинні породи утворюються при дуже повільному застиганні магми. Тому вони мають кристалічну зернисту структуру, масивну щільну текстуру, малу пористість, велику міцність і стійкість до атмосферного впливу. Головними представниками є граніт, сієніт, діорит, лабрадорит, габро.

Виливні магматичні породи утворюються під час застигання магми на поверхні землі. При цьому вона збагачується киснем, утворюються кристали значно більшого розміру. Тому вони мають прихованокристалічну, порфірову та скловату структуру. Текстура може бути як масивна щільна, так і масивна пориста.

Колір виливних порід більш темний, ніж глибинних. Виключенням є трахіт, що має світлий колір. Пористість у них більша, ніж у глибинних. Міцність і морозостійкість порід з масивною щільною текстурою трохи менша, ніж у глибинних, але досить висока і тому їх використання майже однакові.

Найбільш розповсюдженими виливними породами є базальт, трахіт, обсидіан, порфірит, діабаз.

Магматичні породи за мінеральним складом поділяють залежно від кількості в них оксиду кремнію SiO_2 . Магматичні гірські породи поділять на кислі ($\text{SiO}_2 = 65-70\%$), середні ($\text{SiO}_2 = 52-65\%$), основні ($\text{SiO}_2 = 40-52\%$), ультраосновні ($\text{SiO}_2 = 35-40\%$) (табл. 2.2).

Магматичні гірські породи широко розповсюджені в Україні. Великі запаси гранітів, лабрадоритів, базальтів знаходяться на території Українського кристалічного щита (Вінницька, Дніпропетровська, Житомирська, Київська, Черкаська області, райони Подніпров'я та Приазов'я). Розробка базальтів ведеться також у Донбасі, Волині, Закарпатті, Криму.

Найчастіше магматичні породи використовують як будівельний та облицювальний матеріал, для виробництва щебеню, бруківки, виготовлення пам'ятників.

Лабрадорит використовують як декоративний матеріал; ліпарит, обсидіан – у скляній промисловості; базальт, діабаз – як кислототривкий матеріал, у кам'яному литті, у виготовленні мінеральної вати.

Таблиця 2.2

Класифікація магматичних гірських порід

Походження	За вмістом SiO ₂					
	кислі 65-70	середні 52-65	основні 40-52	ультра- основні 35-40	структура	текстура
Глибинні	Граніт	Сієніт, діорит	Габро, лабрадорит	Піроксеніт	Кристалічна, зерниста	Масивна щільна
Виливні	Ліпарит, обсидіан, кварцевий порфір	Трахіт, андезит	Діабаз, базальт	-	Приховано- кристалічна, склувата, порфірова	Масивна щільна, масивна пориста
Мінеральний склад						
	Кварц до 30 %, ортоклаз, мікроклін, альбіт до 60 %, слюди, рогова обманка до 10 %	Мікроклін, альбіт до 80 %, рогова обманка, слюди до 20 %	Рогова обманка, авгіт до 60 %, лабрадор до 30 %, олівін	Авгіт, олівін, рогова обманка		

2.3.2. Осадові гірські породи

Магматичні гірські породи мають велику міцність і стійкість проти атмосферних впливів. Але під дією природних факторів – коливань температур і вологості, дії морозу – вони неухильно руйнуються, видозмінюються. Продукти руйнації магматичних гірських порід (уламки різного розміру, тонкі землясті частинки і розчинені у воді хімічні речовини) або залишаються на місці свого утворення, або зміщуються на різну відстань за допомогою води, вітру, льодовиків і сили тяжіння.

Внаслідок накопичення відкладених мінеральних мас на дні водних басейнів або на суші утворюються осади, які є основою для утворення великої групи гірських порід, що називають осадовими.

Таким чином, утворення осадових порід здебільшого проходить чотири стадії:

- руйнування гірських порід, що існували раніше;
- перенесення продуктів руйнування;
- їх відкладання;
- перетворення виникаючих осадів на нову гірську породу.

Характерною ознакою осадових порід є їх шаруватість, тобто розташування порід у земній товщі паралельними шарами або пластами. Окремі шари відрізняються кольором, складом і властивостями. Для багатьох осадових порід характерна велика пористість, наявність окам'янілих залишків стародавніх організмів і їх відбитки.

У кожному шарі (пласті) розрізняють нижню і верхню площини нашарування, першу називають подошвою, другу – покрівлею. Потужність шару іноді називають товщиною (рис. 2.4).

Причини утворення шаруватості:

- річні та сезонні коливання умов накопичення осадків;
- тектонічні рухи земної кори;
- зміни кліматичних умов.

Потужність шарів може бути різною. При зменшенні товщі шару до нуля говорять про його виклинювання. Якщо в шарі за місцевим потоншенням іде потовщення, то місце з мінімальною потужністю називається стоншенням шару. Коли тонкий шар залягає серед грубих, товстих, його називають прошарком. Шар породи, що виклинюється на невеликій віддалі, називається лінзою. Форми залягання осадових порід наведені на рис. 2.5.

Кількість осадових порід дуже велика. В основу класифікації покладено їх походження. Виділяють три основні групи осадових порід:

- 1) уламкові (механічні);
- 2) хімічні (хемогенні);
- 3) органічні (органогенні).

Уламкові породи поділяються на підгрупи за іншими ознаками. Приклади гірських порід за цією класифікацією наведено в табл. 2.3.

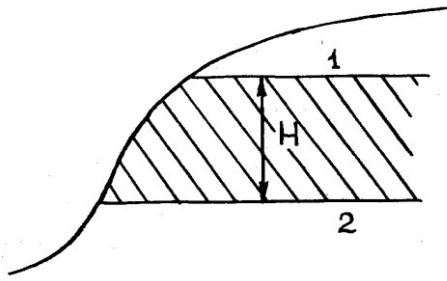


Рис. 2.4. Визначення потужності шару:
1 – покрівля; 2 – підшва; Н – потужність шару

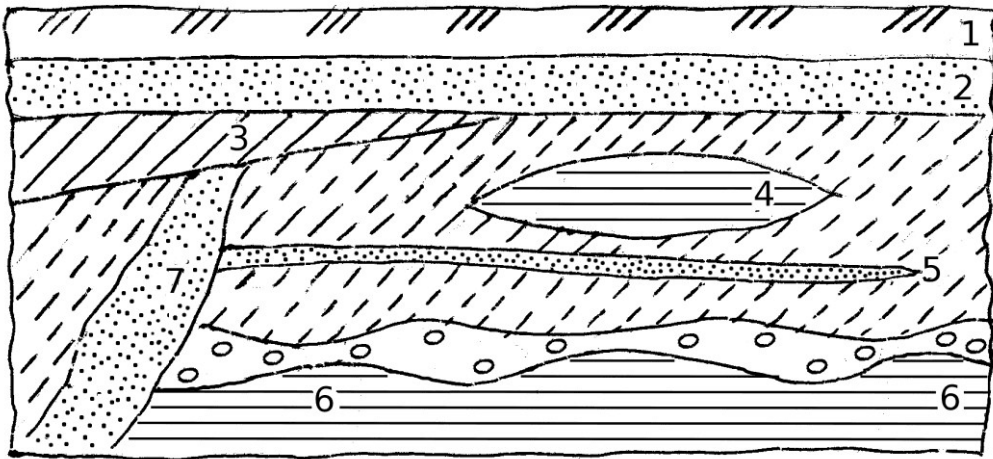


Рис. 2.5. Форми залягання осадових порід:
1-2 – узгоджене залягання; 3 – виклинювання; 4 – лінза;
5 – прошарок; 6 – стоншення шару; 7 – неузгоджене залягання

Уламковими називаються породи, які утворилися з осадів – продуктів фізичного руйнування порід, існуючих раніше. Вони являють собою скупчення уламків різноманітних розмірів – від великого каміння до найтонших частинок. Назви цих порід пов'язані з переважанням у складі породи уламків визначених розмірів, які бувають обкатані і необкатані. Обкатаність уламків і частинок свідчить про їх обробку при тривалому переміщенні у воді та служить однією з ознак походження осадових порід.

Таблиця 2.3

Класифікація осадових гірських порід за походженням

Уламкові		Хімічні	Органічні
пухкі	зцементовані		
Глиби, валуни	Брекчії Конгломерати	Гіпс, ангідрит, вапняковий туф оолітовий вапняк, бурий залізняк	Вапняки, мергель, доломіт, опока і трепел кам'яне вугілля, буре вугілля, торф, нафта
Щебінь, галька			
Жорства, гравій			
Пісок	Пісковик		
Лес	Алевроліт		
Глинисті породи (глина, суглинок)	Аргіліт		

Розміри уламків і частинок, що визначають структуру уламкових порід, коливаються в широких межах від декількох десятків сантиметрів до тисячних часток міліметра. Усі уламки і частинки поділяються на фракції. Класифікація уламкових осадових порід наведена в табл. 2.4.

Пухкі уламкові породи у природних умовах цементуються різними природними цементів. У результаті цього утворюються уламкові гірські породи.

Види природних цементів залежно від зменшення міцності і хімічної стійкості утворюють такий ряд: кремнистий, залізистий, карбонатний, глинистий, соляний, де кремнистий має найбільшу міцність і хімічну стійкість, а соляний – найменшу.

У зв'язку з цим породи одержують назви глинистих, вапнякових, кременистих, залізистих, наприклад залізистий пісковик, вапняковий конгломерат. Іноді зустрічаються породи, де природним цементом є бітум. Такі породи називаються бітумінозними.

До уламкових порід належать змішані породи: суміші піщаних, піщаних і глинистих частинок. Співвідношення цих частинок у змішаних породах наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.4

Класифікація уламкових порід

Структура	Діаметр частинок, мм	Текстура			
		Пухка		Зцементована	
		Форма зерен			
		необкатані	обкатані	необкатані	обкатані
Грубо- і крупно-уламкова	200	брили	валуни	брекчії	конгломерати
	200...10	щебінь	галька		
	10...2	жорства	гравій		
Піщана	2...0,05	пісок		пісковик	
Пилувата	0,05...0,005	лес		алевроліти	
Глиниста	0,005	глина		аргіліти	

Таблиця 2.5

Змішані уламкові породи

Назва породи	Кількість глинистих частинок, %	Присутні частинки
Пісок	< 3	Піщаних >50 %, решта пилуватих
Супісок	3-12	Піщаних до 25 %, решта пилуватих
Суглинок	12-25	Дрібнопіщаних до 15 %, решта пилуватих
Глина	> 25	Пилуватих > 50 %

Хімічні (хемогенні) гірські породи утворились у результаті виділення з соляних розчинів у зв'язку з підвищенням їх концентрації, хімічної взаємодії між різноманітними солями або при зниженні розчинності солей. До цих порід належать гіпс, вапняковий туф, галіт, вапняк тощо. Структура хімічних осадових порід кристалічна, зерниста, землиста, текстура щільна.

Органічні (або органогенні) гірські породи утворюються шляхом накопичення залишків тваринних і рослинних організмів, які населяють моря і океани. У більшості тварин, великих і мікроскопічних, є скелет. Матеріалом для нього служать розчинені в морській воді вуглекислий кальцій та оксид кремнію. Після відмирання скелетні утворення потрапляють на дно, де утворюються осади. Вапнякова і кремнеземиста маси змінюються (перекристалізація, ущільнення, хімічна взаємодія), повільно перетворюються в кам'яну гірську породу.

Процес утворення органічних гірських порід складається з декількох етапів:

- накопичення осадів;
- їх ущільнення у верхніх шарах;
- цементация нижньої частини шару;
- перекристалізація вуглекислого кальцію в черепашках у формі мінералу кальциту;
- одночасна цементация окремих елементів породи;
- розкладання залишків органічної речовини, заповнення одних порожнин і утворення інших;
- зміни, пов'язані з внутрішньою взаємодією складових частин породи;
- перекристалізація всієї маси.

Усі перелічені процеси відбуваються надто повільно. Породи, які зараз видобувають і застосовують, налічують сотні мільйонів років.

Структура органічних порід – органічна. Текстура щільна, пориста, шарувата.

Найбільш поширеними породами органічного походження є вапняк, діатоміт, опока, торф, буре і кам'яне вугілля, нафта, метан та ін.

Україна дуже багата на осадові гірські породи, особливо розповсюджені пісковики, вапняки, піски, глини, крейда. На території Харківської області розробляють поклади вапняків, крейди, діатомітів, пісків, метану.

2.3.3. Метаморфічні гірські породи

Метаморфічними називають породи, які утворилися з раніше існуючих порід шляхом перекристалізації під впливом високої температури, великого тиску, гарячих газів і пари. Мінеральний склад початкових порід при цьому змінюється, тому що велика кількість мінералів чутливо реагує на зміни тиску і температури. У нових умовах такі мінерали виходять з рівноваги з навколишнім середовищем і перекристалізуються в інші, стійкі. Цьому сприяє участь у процесах метаморфізму пари води і вуглекислоти. Зміни мінерального складу неодмінно спричиняють зміни структури і текстури породи.

Розрізняють два основні типи метаморфізму гірських порід: регіональний і контактовий.

Регіональний, або глибинний, метаморфізм здійснюється на великих глибинах під впливом тиску, температури, хімічно-активних речовин (вода, вуглекислота, кисень, водень, сполуки хлору, сірки та ін.) в умовах глибокого занурення порід. Це найбільш поширений і масштабний вид метаморфізму.

Контактовий метаморфізм здійснюється в місцях зіткнення порід з магмою, яка проникає в осадові породи. Таким чином, пісковики перетворюються у кварцити, вапняки – у мармур.

Головними ознаками метаморфічних гірських порід є структура, текстура, форми залягання, колір і мінеральний склад. Головні ознаки метаморфічних порід наведені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Метаморфічні гірські породи

Назва	Структура	Текстура	Колір	Породоутворюючі мінерали
Гнейс	Кристалічна	Гнейсова	Сірий, рожевий, сіро-жовтий	Польовий шпат, рогова обманка, авгіт, слюда, кварц
Слюдяний сланець	Кристалічна	Сланцювата	Сірий, сіро-зелений	Слюда, домішок кварцу
Тальковий сланець	Кристалічна	Сланцювата	Сірий, сіро-білий, сріблястий	Тальк, домішок польового шпату
Глинистий сланець	Приховано-кристалічна	Сланцювата	Сірий, зеленуватий, чорний	Гідрослюди, кварц
Мармур	Кристалічна	Масивна, іноді смугаста	Білий, сірий, рожевий, блакитний, чорний	Кальцит, домішки кварцу, доломіту, рогової обманки, польового шпату
Кварцит	Кристалічна	Масивна	Білий, рожевий, жовтий, світло-сірий	Кварц

Всі метаморфічні породи мають кристалічну структуру. Текстура може бути сланцювата, масивна, гнейсова, смугаста.

Колір метаморфічних порід різноманітний і обумовлений мінеральним складом. Вони бувають сіруваті, жовтуваті, червонуваті, зеленуваті і зовсім темні, майже чорні.

Метаморфічні породи зберігають форми залягання початкових гірських порід, з яких вони утворились. Вони зустрічаються у природі у вигляді пластів, лінз, жил, штоків, складок.

В Україні багато покладів метаморфічних порід: мармуру, кварциту, гнейсу, різноманітних сланців та ін. Вони використовуються як будівельні та облицювальні матеріали. З них виготовляють пам'ятники, бруківку, щебінь. Кварцит застосовують як морозо- та кислототривкий матеріал, у скляній промисловості.

2.4. Геологічний вік гірських порід

Вік Землі завжди цікавив людство. За Біблією, він становить близько 6 тис. років. За розрахунками академіка О.Ю. Шмідта, з часу формування Землі з розсіяної в протосонячній системі газопилової речовини до теперішнього часу пройшло 6 – 7 млрд років. Вік земної кори, розрахований академіком В. Г. Хлопіним за швидкістю перетворення урану у свинець становить 2,35 млрд років. Останні космогонічні дані свідчать про те, що Земля існує вже 4,7 млрд років.

Протягом всієї історії планети виникали і руйнувались гірські породи; ці процеси продовжуються і зараз. Визначення часу утворення гірських порід залишається одним з головних завдань геології.

Вік гірської породи буває **абсолютним**, у роках, мільйонах і мільярдах років, і **відносним**, коли встановлюється, що одна порода древніше або молодше за іншу.

Найбільш перспективні методи абсолютної геохронології визначають вік порід і мінералів за часом розпаду радіоактивних ізотопів, які містяться в них.

Ці методи ґрунтуються на припущенні, що радіоактивний розпад у геологічному часі відбувається з постійною для кожного ізотопу швидкістю. Якщо відома кількість радіоактивного елемента і кінцевих продуктів його розпаду в мінералі, можна визначити час існування породи, яка містить цей мінерал. З цією метою використовують головним чином урано-свинцевий, рубідієво-стронцієвий, калій-аргоновий і вуглецевий методи.

Урано-свинцевий метод полягає у визначенні часу розпаду ^{238}U відносно кількості його нерозщеплених атомів до кількості атомів ^{206}Pb , які є кінцевим продуктом розпаду $^{235}\text{U} - ^{207}\text{Pb}$. Свинцево-ізотопний метод дає можливість не визначати кількість ізотопів урану, а застосувати відношення $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, тому що відношення $^{235}\text{U} / ^{238}\text{U}$ для земних речовин постійне (1/137,8). Урано-свинцевий метод можна застосовувати для визначення абсолютного віку давніх порід Землі і Сонячної системи, тому що період піврозпаду ^{238}U досить великий (4,51 млрд років).

Рубідієво-стронцієвий метод полягає у визначенні кількості ^{87}Rb і кінцевого продукту його розпаду ^{87}Sr . Період піврозпаду ^{87}Rb дорівнює 60 млрд років, що дає можливість застосовувати цей метод для визначення віку дуже давніх порід і мінералів.

Калій-аргоновий метод є найпоширенішим. Відносна простота визначення відношення кількості ^{40}K і продуктів його розпаду ^{40}Ar , а також присутність калію у значних кількостях у багатьох мінералах роблять цей метод незамінним (період піврозпаду $^{40}\text{K} - 1,3$ млрд років).

Вуглецевий метод служить для визначення віку дуже молодих порід, які містять рослини і дерев'яні археологічні знахідки. Період піврозпаду ^{14}C дорівнює лише 5,5 тис. років. Радіоактивний вуглець із атмосфери споживається рослинами і після їх загибелі вже не поповнюється. З цього моменту починається зменшення кількості його за рахунок розпаду з утворенням азоту. Таким чином, початкова концентрація ^{14}C в усіх живих істотах на Землі однакова. Якщо відома кількість вуглецю, який розпався, можна визначити час розпаду.

Застосування перелічених методів пов'язано з використанням сучасних прецизійних приладів – маспектрометрів, які з великою точністю визначають малі кількості радіоактивних ізотопів і продуктів їх розпаду.

Радіоактивний метод визначення віку гірських порід найбільш вірогідний, але через гіпотетичність деяких даних він не має поки що великого значення для інженерно-геологічної практики. Тому при інженерно-геологічних дослідженнях обмежуються встановленням відносного віку порід, тобто визначенням, який шар молодший і який давніший, для чого використовуються закономірності в послідовному розвитку органічного світу.

Вивчення останків тварин і рослинних організмів (так званих скам'янілостей), що зустрічаються в осадових гірських породах, показало, що рослинність і тваринний світ, які населяли Землю в давні часи, дуже відрізнялися від тих, що живуть тепер.

При цьому загальний характер такої різниці полягає в прогресивному розвитку організмів. У найдавніших шарах зустрічаються і найбільш примітивні організми при відсутності представників вищого типу тварин і рослин. Поступово форми організмів удосконалювалися і замінювались новими.

Таким чином, при визначенні відносного віку гірських порід застосовують **стратиграфічний і палеонтологічний** методи.

Стратиграфічний метод базується на принципі, що пласти гірських порід більш древні (за відсутності дислокацій), залягають під пластами більш молодими.

Палеонтологічний метод полягає в тому, що гірські породи, які містять органічні залишки більш простих організмів, давніші, ніж породи, які містять залишки більш складних організмів.

Систематизація знань про розвиток життя на Землі від найпростіших рослин і тварин до сучасних, визначення абсолютного віку гірських порід, їх утворення дозволили скласти дві шкали. Назви, використані у двох шкалах, відповідають одному відрізку часу (табл. 2.7).

Практичне значення цього підрозділу для будівельника полягає в тому, що породи кожного періоду, епохи і т. п. характеризуються своїми особистими будівельними властивостями.

Сучасні уявлення про вік гірських порід, умови їх утворення з використанням геохронологічної і стратиграфічної шкал на прикладі геологічної будови Східної Європи наведені на прикладі геологічної будови Східної Європи в табл. 2.8.

Таблиця 2.7

Геохронологічна шкала (проміжок часу)	Стратиграфічна шкала (товща геологічних відкладень)
Акрон	Акротема
Еон	Еонотема
Ера	Група
Період	Система
Епоха	Відділ
Вік	Ярус
Хрон	Хронозона

Як видно з таблиці, еони поділяються на ери; від найдавнішої до сучасної п'ять ер: архейська, протерозойська, палеозойська, мезозойська і кайнозойська.

За тривалістю ер розрізняють потужність відповідних їм груп. Потужність кайнозойської групи в середньому приймається рівною 600 – 800 м, причому на четвертинну систему припадає найчастіше не більше 100 м. Потужність відкладів мезозойської групи близька до кількох тисяч метрів, а палеозойської – до 20 і навіть більше тисяч метрів. Ми живемо у четвертинному періоді кайнозойської ери.

Відомо, що породи кайнозойської групи характеризуються меншою щільністю проти давніших відкладів. Серед морських відкладів переважають м'які вапняки, мергелі, глини, пісковики, піски та конгломерати. Четвертинна система представлена майже виключно континентальними піщано-глинистими породами.

Породи, що утворилися до четвертинного періоду, називають *корінними*, а утворені пізніше – *четвертинними відкладами*.

Кожний відрізок часу і відповідна йому товща порід одержали свою назву та індекс і позначаються на геологічній карті відповідним кольором, наприклад четвертинний період має індекс Q та світло-жовтий колір.

Індекси та кольори, які відображують вік та умови утворення порід, є основою геологічних карт і розрізів, які широко застосовуються в інженерній геології та будівельній практиці.

Таблиця 2.8

Хронологічна і стратиграфічна шкала віку гірських порід

Акрон	Еон	Ера	Період	Початок та кінець періодів, млн р.	Головні породи за еру або період	Розвиток органічного світу. Зміни клімату
1	2	3	4	5	6	7
Фанерозой		Кайнозойська KZ	Четвертинний Q	1,8	Морені глини та суглинки, валуни, галька, гравій, піски, леси, сапропеліт, торф	Подальше похолодання від помірно холодного до холодного з льодовиками. Льодовики. На початку періоду з'являється людина (дольодовиковий пітекантроп). Розвиток сучасної рослинності і тваринного світу
			Неоген N	23,8	Піски, глини, пісковики, вапняки, конгломерати, буре вугілля	Зміна клімату від помірного до помірно холодного. Остаточне вимирання кайнозойської флори
			Палеоген Pd	65	Континентальні осади – піски та глини	Зміна клімату від тропічного до субтропічного та помірного. Бурхливий розвиток савців. Поява коней, свиней, верблюдів, биків, тигрів. Розвиток покритонасінних рослин
		Мезозойська MZ	Крейдвий K	135	Глина, крейда, вапняки, піски, опоки, пісковики, конгломерати	Розвиток великих рослин і вимирання їх до кінця періоду. Розвиток савців і птахів. Поява стегозаврів, тиранозаврів, сучасних птахів
			Юрський J	205	Глини, піски, пісковики, конгломерати, вапняки, фосфорити	Розвиток флори цикадових і хвойних, велетенських ящерів. Поява летючих ящерів – архіоптерексів

Продовження табл. 2.8

1	2	3	4	5	6	7
	Фанерозой	Мезозойська MZ	Тріасовий Т	245	Піски, пісковики, глини, мергелі, гіпси, вапняки, конгломерати	Остаточне вимирання палеозойських організмів. Розвиток рептилій – різновидів динозаврів (уаритозаври, плезіозаври, іхтіозаври, летючі ящери – птерозаври). Поява перших ссавців (сумчастих), перших кістяних риб, водяних плазунів
				Палеозойська PZ	Пермський Р	295
		Кам'яновугільний С	360		Потужні товщі вапняків, кварцеві пісковики, глини кам'яне вугілля, нафта	Розвиток наземних хребетних амфібій, акул, комах. Поява велетенських багатоніжок, метеликів, павуків. Пиш на наземна рослинність (папороті, хвощі)
		Девонський D	410		Вапняки, глина, пісковики, нафта, кам'яне вугілля, конгломерати, сланці	Розвиток коралів, різноманітних риб, перші наземні чотириногі. Розвиток хвощів
		Силурійський S	435		Вапняки, пісковики, конгломерати, сланці	Панцерні риби, акули, скати, водорості. Наземні рослини близькі до папоротей
		Ордовікський O	500		Вапняки, пісковики, конгломерати, глини, сланці	Поява перших наземних тварин (багатоніжки, скорпіони та морські молюски). Водорості
		Кембрійський St	570		Глини, конгломерати, пісковики, кварцити, вапняки	Найпростіші наземні рослини. У морі розвиток водоростей, медуз, губок, черв'яків, трилобітів, плеченогих і членистоногих

Продовження табл. 2.8

1	2	3	4	5	6	7		
Протерозой PR	Верхній протерозой PR ₃		Венд	Верхній V ₂	620	Кварцити, сланці, гнейси, руди, мармур. Докембрійські породи виходять на поверхню у вигляді щитів (Український, Балтійський)	Широке розповсюдження водоростей, поява наземних організмів.	
				Нижній V ₁	650		Поява водоростей, бактерій	
			Рифей R	Верхній рифей R ₃			1000	Гнейси, кристалічні сланці, руди
	Середній рифей R ₂				1350			
	Нижній рифей R ₁				1700			
	Середній протерозой PR ₂				2000			
	Нижній протерозой PR ₁				2600			
	Архей AR	Верхній архей AR ₃				3150		
		Середній архей AR ₂				3400		
		Нижній архей AR ₁				Більше 3500	Примітивні органічні форми	

Контрольні питання до розділу 2

1. Що таке мінерал?
2. Що таке мінеральний агрегат?
3. Які мінеральні агрегати за будовою найбільш поширені?
4. Як можна пояснити, що таке колір мінералу?
5. Які властивості мінералів використовують як розпізнавальні ознаки?
6. Що являє собою шкала Мооса?
7. За якими ознаками класифікують мінерали?
8. Що таке гірська порода?
9. Як класифікують гірські породи за походженням?
10. За якими ознаками класифікують магматичні гірські породи?
11. Які існують форми залягання магматичних гірських порід?
12. Як класифікують осадові гірські породи за походженням?
13. Які процеси відбуваються при утворенні органічних осадових порід?
14. Які існують форми залягання осадових порід?
15. Як утворюються метаморфічні гірські породи?
16. Які існують форми залягання метаморфічних порід?

3. ПРОЦЕСИ ВНУТРІШНЬОЇ ДИНАМІКИ ЗЕМЛІ (ЕНДОГЕННІ)

Мінерали і гірські породи утворюються в результаті змін речовинного складу земної кори, її структури. Ці зміни відбуваються під дією геологічних процесів.

Геологічні процеси змінюють рельєф, склад і структури гірських порід, глибинну будову Землі. Вони відбуваються на поверхні Землі і усередині неї, неухильно руйнують одні породи, утворюючи інші, формуючи рельєф поверхні Землі і структури земної кори. Велика енергія, необхідна для таких перебудов, черпається з джерел, які знаходяться як усередині Землі, так і зовні – від Сонця, Місяця, ближнього і далекого космосу.

Залежно від джерел енергії і сил, що визначають геологічні процеси, вони поділяються на ендогенні (внутрішні) і екзогенні (зовнішні).

Вивченням геологічних процесів займається динамічна геологія.

Ендогенні процеси – процеси внутрішньої динаміки Землі, зумовлені внутрішньою теплою, що утворюється від радіоактивного розпаду елементів. Під впливом ендогенних процесів утворюються гори і западини, гірські породи і мінерали, відбуваються підняття континентів і затоплення суші морями.

До ендогенних процесів належать:

- 1) тектонічні рухи земної кори (горизонтальні та вертикальні рухи, дислокації);
- 2) магматизм і вулканізм;
- 3) метаморфізм;
- 4) землетруси.

Земна кора знаходиться в постійному русі, однак ці рухи дуже повільні і недоступні для безпосереднього спостереження. Про них можна судити за їх наслідками. Такі рухи земної кори називають тектонічними. Наука, яка вивчає рухи земної кори і створені ними структури – складчасті та розривні дислокації, називається тектонікою. Коливальні рухи сучасної епохи мають назву неотектонічних. За спрямованістю тектонічні рухи бувають вертикальними і горизонтальними.

Про наявність коливальних рухів можна судити з ряду ознак, таких як чергування морських і континентальних відкладень в окремих районах. Їх вивчають за переміщенням берегової лінії, свідченнями історичних документів, археологічних даних, геодезичних спостережень, лазерних вимірювань зі штучних супутників Землі.

При опусканні материків море розливається по їх поверхні – відбувається **трансгресія** моря. При піднятті ділянок земної кори, покритих морем, спостерігається **регресія** моря.

Сучасні коливальні рухи охоплюють всю поверхню Землі. На території Європи підіймаються райони Курська (36 мм/р.), Нової Землі, Мурманського узбережжя, Скандинавії (25 мм/р.). Ряд ділянок продовжують опускатися – Москва (3,7 мм/р.), Санкт-Петербург (3,6 мм/р.), райони Голандії (40-60 мм/р.), Датських проливів (15-20 мм/р.), Франції та Баварії (30 мм/р.). Район Баку за останні 800 років пережив спускання та піднімання близько 16 м, район Стокгольма за 50 років піднявся на 19 см.

На території України підіймається північна частина Подільської височини (4-9 мм/р.), передгір'я Карпат (10 мм/р.); опускається північне узбережжя Чорного моря (0,9 мм/р.), а саме поблизу Одеси (5,1 мм/р.), територія басейну верхнього і середнього Дніпра.

Дуже інтенсивні тектонічні рухи спостерігаються в горах Середньої Азії, Прибайкалля, Далекого Сходу.

Крім вертикальних рухів земної кори відомі горизонтальні зміщення окремих її блоків уздовж ліній розломів. Лазерні вимірювання з супутників показали, що блоки земної кори, розділені розломом Сан-Андреас у Каліфорнії (1978 р.), зміщувалися один відносно одного зі швидкістю 94 мм/р.

Значні горизонтальні зміщення (10-20 мм/р.) зафіксовано в районі Кривого Рогу та в інших місцях.

Вивчення сучасних рухів земної кори має велике практичне значення, особливо вздовж залізниць, нафто- і газопроводів, у місцях будівництва гідроелектростанцій та АЕС.

Особливо рухливі ділянки земної кори називаються геосинкліналями.

Геосинкліналь – лінійно витягнута ділянка земної кори, де інтенсивно відбуваються вертикальні і горизонтальні рухи, вулканічна діяльність і землетруси. У житті кожної геосинклінали відмічається ряд етапів. У початковий період розвитку переважає занурення всієї ділянки, тобто відбувається трансгресія моря, при цьому йде накопичення потужних товщ осадових порід, переважно уламкових.

Під час другого етапу розвитку геосинклінали утворюються складки, завершується він загальним підняттям земної поверхні і регресією моря. У цей час підсилюється діяльність, пов'язана з проникненням в осадові породи кислої магми. Таким чином виникає гірський рельєф. Для геосинкліналей характерні вулкани і землетруси.

За цією схемою утворились гори Уралу, Кавказу, Альпи, Анди та ін.

Протилежністю геосинкліналей є **платформи**. Вони виникають на місці раніше існуючих геосинкліналей. Це рівнини зі слабкою сейсмічною і тектонічною діяльністю, які виникають на місці раніше існуючих геосинкліналей. Для них характерна двоповерхова будова. Породи нижнього ярусу – це кристалічний фундамент, представлений магматичними і метаморфічними породами. Породи верхнього ярусу зберігають горизонтальне залягання, мають осадове походження.

Ділянки земної кори, де породи кристалічного фундаменту платформи виходять на поверхню, називають **щитами**.

Платформи розділені геосинкліналами. На платформах знаходяться поклади корисних копалин: бокситів, нафти, вапняків, глини, газу.

Рівнинна частина території України пов'язана з південно-західною окраїною Східноєвропейської платформи. У її межах виділяють Український щит, Дніпровсько-Донецьку і Причорноморську западини, Донецький прогин. До Середземноморського рухливого поясу (Альпійської складчастої області) належать складчасті системи Карпат і гірського Криму.

Сучасний рельєф формувався мільярди років.

У період 4 млрд – 570 млн років тому утворилися породи, що становлять фундамент Східноєвропейської платформи і виходять на поверхню у вигляді Українського кристалічного масиву. У цей час сформувалися поклади залізних руд Кривого Рогу і Кременчука.

Протягом 570-230 млн років тому на території нинішньої України переважав суходіл, що час від часу затоплювався морем. У цей період утворились Дніпровсько-Донецька западина та Донецька складчаста споруда. При цьому виникли поклади кам'яного вугілля Донбасу та Львівсько-Волинського басейну, горючі сланці Карпат, нафта Донецько-Дніпровської западини.

У період 230-67 млн років назад на території України зберігалися континентальні умови у платформній частині та морські – у межах Середземноморського рухливого поясу. В цей час утворюється складчастість, що проявилася у виникненні Скіфської платформи, формуванні геосинкліналі в межах пониззя Дунаю і Кримського півострова. У товщах цих відкладень знаходяться промислові поклади нафти в Підкарпатті, мергелів і білої крейди на Волині і Донбасі, фосфоритів на Донбасі та у Придністров'ї.

Протягом від 67 млн років до теперішнього часу на більшій частині території України зберігалися континентальні умови. У цю епоху сформувалися гори Карпат і Криму. З відкладами цього періоду пов'язані родовища нафти, газу, кам'яного і бурого вугілля, марганцевої руди, калійної і кам'яної солей тощо.

Нині тектонічні структури зберігають спокій. Вони вкриті потужними товщами осадових гірських порід (від 10 до 100 м) і відіграють важливу роль у будові рельєфу.

3.1. Дислокації

Дислокаціями називають зміщення гірських порід з їх початкового залягання під впливом внутрішніх сил. Вони бувають:

- а) складчастими (без розриву суцільності порід);
- б) розривними (із розривом суцільності порід).

Найпростішою формою дислокації є **монокліналь** – однобічний нахил пластів (рис. 3.1).

Розміщення у просторі похилого пласта визначається його елементами залягання: лінією простягання (азимут простягання), лінією падіння (азимут падіння) і кутом падіння (рис. 3.2).

Лінія простягання – це лінія перерізу площини пласта (підшови або покрівлі) з горизонтальною площиною. Лінія простягання є горизонтальною лінією, що лежить у площині пласта.

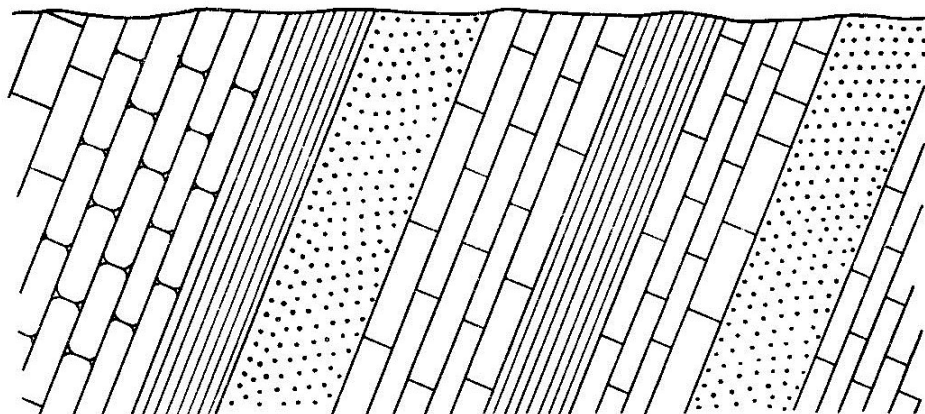


Рис. 3.1. Моноклінальне залягання пластів

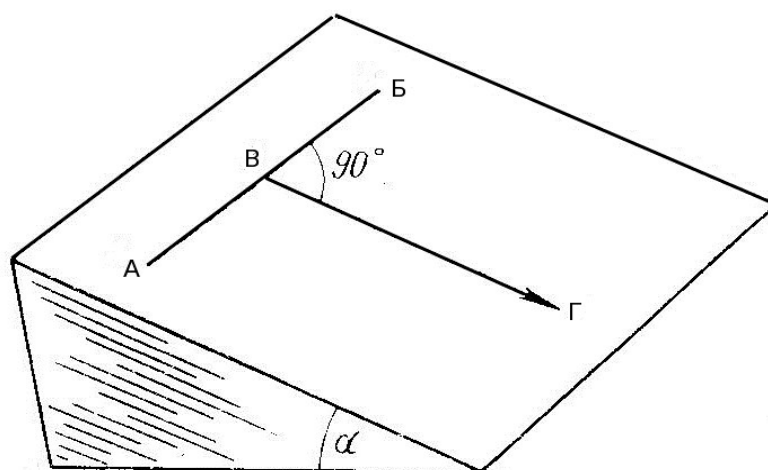


Рис. 3.2. Визначення елементів залягання пласта:
АБ – лінія простягання; ВГ – лінія падіння;
 α – кут падіння

Лінія падіння являє собою лінію, яка лежить у площині пласта і вказує напрям його максимального нахилу, тобто падіння пласта.

Лінія падіння пласта завжди перпендикулярна до його лінії простягання.

Напрямок падіння і простягання пласта виражається азимутами простягання і падіння.

Кут падіння пласта – це кут нахилу лінії падіння пласта до горизонту.

Елементи залягання пластів визначаються за допомогою гірського компаса.

Іншою найбільш поширеною формою дислокації без розриву суцільності є складки.

Складки – хвилеподібні вигини пластів гірських порід, які утворюються внаслідок їх повздовжнього тиску. Складка – це один повний перегин пластів. Головні види складок – синкліналі та антикліналі. Вони складаються з таких головних елементів (рис. 3.3):

- *крила складки* – її бічні похилі частини;
- *замок* – перегін, який з'єднує крила;
- *ядро* – внутрішня частина складки; кут складки утворюється перетинами крил;
- *осьова поверхня* поділяє складки на дві рівні частини;
- *шарнір* – лінія перетину осьової поверхні з поверхнею шарів у складці.

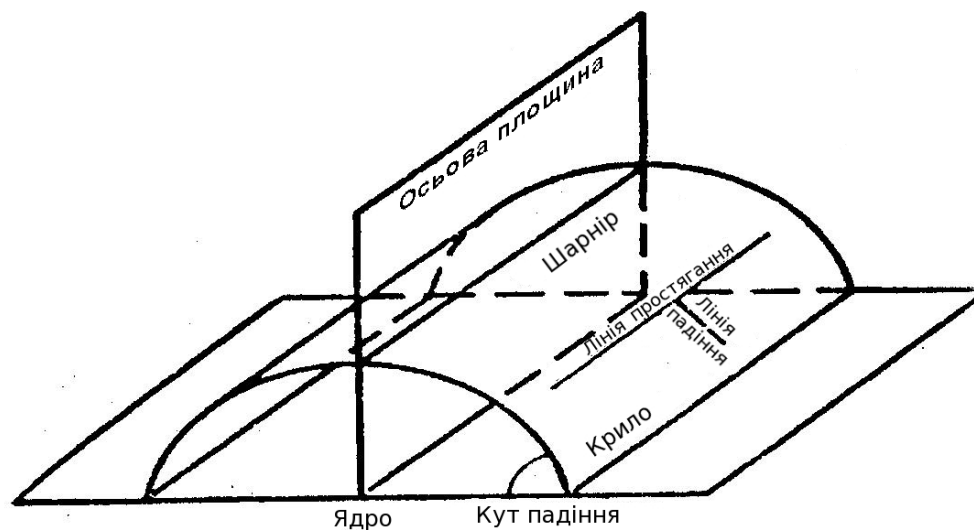


Рис. 3.3. Елементи залягання складки

Антикліналь – складка, спрямована своїм перегином пластів догори, **синкліналь** – складка, у якій перегин пластів звернений донизу.

За будовою розрізняють такі види складок: прямі, похилі, лежачі, ізоклінальні, віялоподібні, флексури (рис. 3.4).

Кожна складка має вісь, ядро і крила складки.

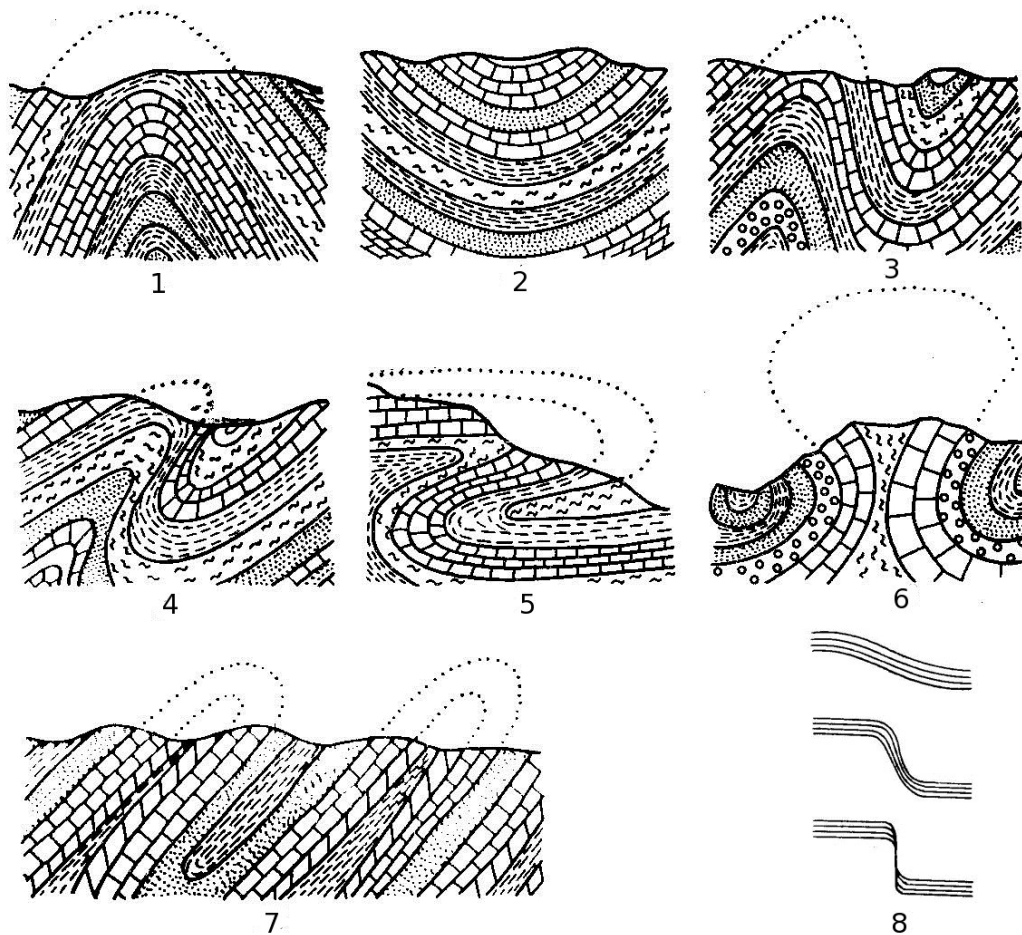


Рис. 3.4. Види складок: 1 – пряма антикліналь; 2 – пряма синкліналь; 3 – похилі; 4 – перекинуті; 5 – лежачі; 6 – віялоподібні; 7 – ізоклінальні; 8 – флексури

Розривні форми дислокацій характеризуються розривом суцільності порід. Це відбувається тоді, коли напруження, які виникають у земній корі, досягають значень, що перевищують межу міцності гірських порід. Розрізняють розривні дислокації без зміщення та зі зміщенням. Найбільш поширеними формами розривних дислокацій зі зміщенням є скид, східчастий скид, підкид, зрушення, насув, грабен, горст (рис. 3.5).

Скид – опускання однієї частини земної кори відносно іншої.

Східчастий скид – система скидів, у якій кожна наступна частина опущена відносно попередньої.

Підкид – підняття однієї частини земної кори відносно іншої.

Зрушення – горизонтальне переміщення однієї частини земної кори відносно іншої.

Насув – переміщення пластів гірських порід над іншими по одержаних при розривах горизонтальних, пологих і хвилястих поверхнях.

Грабен утворюється при опусканні центральної частини масиву відносно периферійних.

Горст утворюється при піднятті центральної частини масиву відносно периферійних.

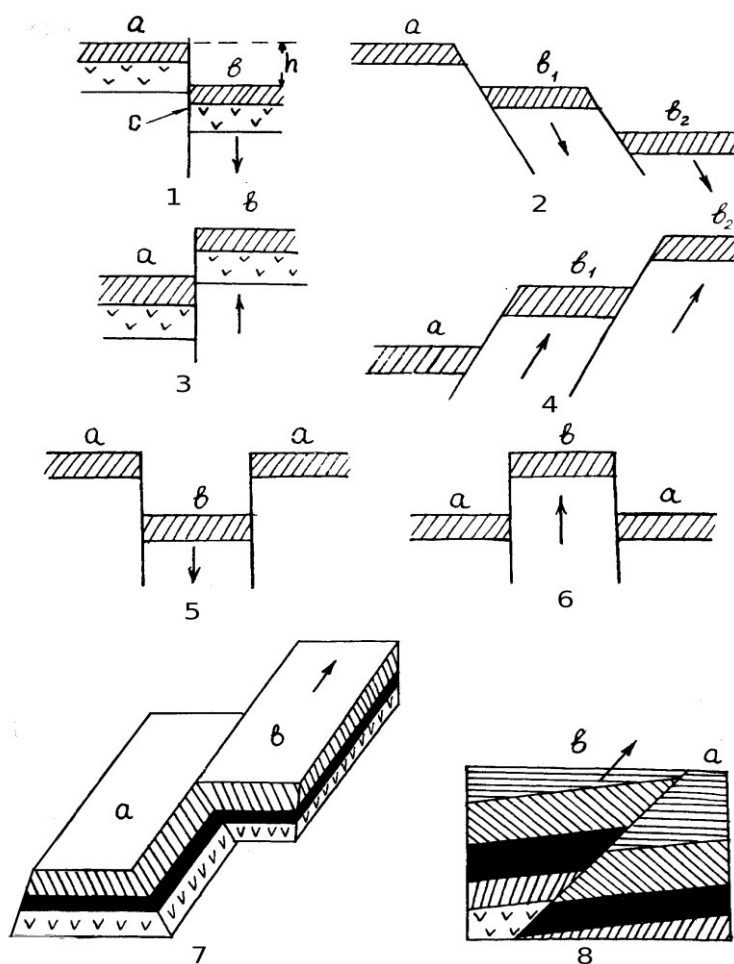


Рис. 3.5. Види розривних дислокацій: 1 – скид; 2 – східчастий скид; 3 – підкид; 4 – східчастий підкид; 5 – грабен; 6 – горст; 7 – зрушення; 8 – насув

До розривних дислокацій без зміщення відносять лінійно витягнуті тектонічні тріщини, які трапляються в ядрах складок, а також радіальні і концентричні тріщини та куполоподібні підняття.

Системи тектонічних тріщин мають великий вплив на формування рельєфу, розподіл наземних і підземних вод.

На наявність дислокації в районах будівництва доводиться зважати при загальній оцінці інженерно-геологічних умов місцевості та оцінці родовищ кам'яних будівельних матеріалів під час проектування кар'єрів. Дислокації значно ускладнюють інженерно-геологічні умови. Осадкові породи в різних напрямках мають різні механічні властивості і тому, виведені з горизонтального положення, вони неоднаково реагують на обтяження від споруди. Внаслідок впливу величезних стискальних і розтягувальних напружень нормальна текстура порід порушується. У склепіннях антикліналей вони розбиваються тріщинами і роздрібнюються вздовж скидів. При збіганні падіння пластів з напрямом схилів утворюються сприятливі умови для зсування порід у напрямі нашарування.

При будівництві гірських доріг і тунелів враховувати тектонічні умови району. При горизонтальному заляганні пластів в основі наземної споруди будуть залягати однорідні породи, а підземна споруда (тунель) при незламаному заляганні може бути врізана на всю довжину в одну породу з застосуванням однакової технології і кріплення одного типу на всій відстані тунелю (рис. 3.6).

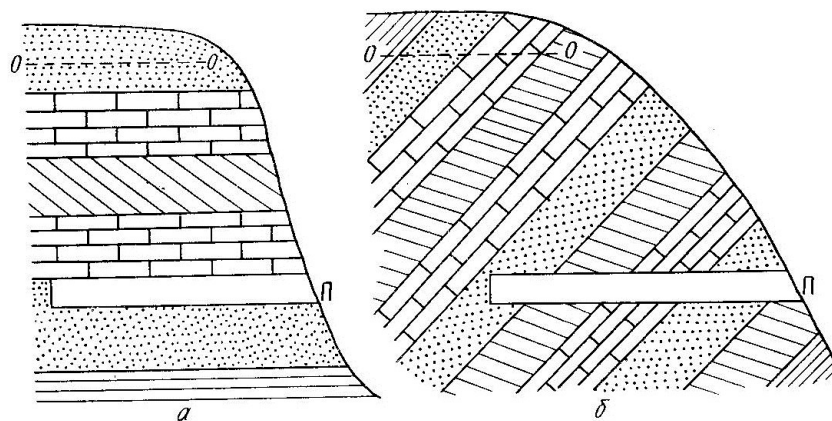


Рис. 3.6. Умови залягання пластів при будівництві:
 а – незламане залягання; б – зламане залягання; 00 – площина основи наземної споруди; П – підземна споруда

При зламано́му заляганні пластів в основі наземної споруди будуть залягати неоднорідні породи, а при будівництві підземної споруди будуть перетинатись різні породи, що значно ускладнить технологію проведення підземних робіт і потребуватиме застосування різного кріплення на різних ділянках.

Тектонічні тріщини, що зустрічаються по трасі тунелю, сприяють доступу води і газів до виробок. Це може спричиняти руйнування та аварії.

Під час прокладання доріг по схилах долини умови залягання порід можуть бути сприятливими для стійкості полотна або несприятливими, бо не забезпечують стійкість полотна (рис. 3.7).

При проектуванні тунелів слід вважати залягання пластів у замку антикліналі найбільш сприятливим, бо в цьому випадку діяльність підземних вод не завдає пошкоджень. Споруди, розташовані на крилах складок, як у випадках 2, 3, 4, можуть деформуватися під час зсувів по схилах. При будівництві тунелів у місцях скидів (випадок 2) їх слід обходити і будувати споруди в стороні від них. Переваги в 1-му випадку будівництва безперечні, тому що при цьому тунель проходитиме по непорушених породах і приплив води буде значно меншим, ніж у випадку 2. У випадку 3 експлуатація тунелю буде ускладнена збільшеною кількістю підземних вод.

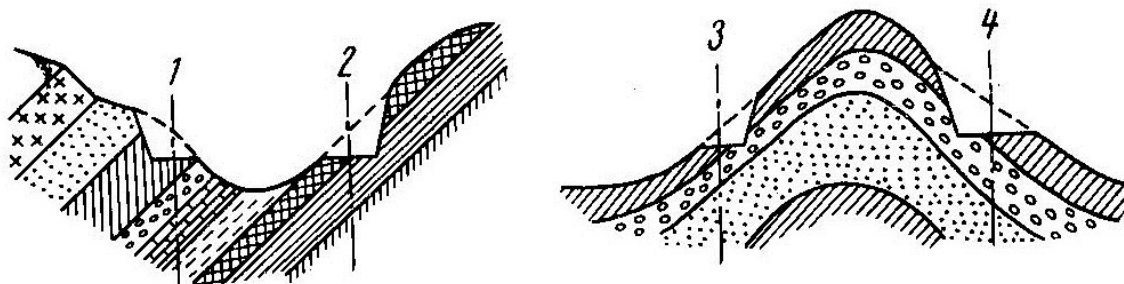


Рис. 3.7. Випадки будівництва споруд у гірській місцевості залежно від умов залягання пластів: 1 – сприятливе для стійкості полотна залягання порід; 2, 3, 4 – несприятливе залягання

3.2. Вулканізм

Вулканізм – явище виливання магми на земну поверхню. Головна причина виверження вулканів – тиск газів у магмі. Магма, виливаючись на поверхню за умов зниженого тиску, звільняється від розчинених у ній газоподібних сполук, збагачується киснем і перетворюється на лаву.

Наука, яка вивчає вулкани, – *вулканологія*.

За активністю прийнято розрізняти діючі, згаслі та давні вулкани. Діючі вулкани розташовані на берегах і островах Тихого океану, Карибського моря, Атлантики і Середземномор'я.

До згаслих вулканів належать Ельбрус на Кавказі, Фудзіяма в Японії.

Давні вулкани – вулкани доісторичного часу – не виявляють жодної активності, повністю або частково зруйновані і лише за продуктами вивержень – лавою, попелом, уламками – можна узнати, що там колись був діючий вулкан.

Всі вулкани за різноманітністю вивержень поділяються на центральні і тріщинні.

Вулкани центрального типу утворюють вулканічний конус зі зрізаною верхівкою, висотою від декількох метрів до декількох кілометрів, складений твердими продуктами вивержень. По осі конуса проходить жерло, від якого іноді відходять бокові жерла. Верхню частину жерла, яка виходить на верхівку вулкана, називають кратером (рис. 3.8).

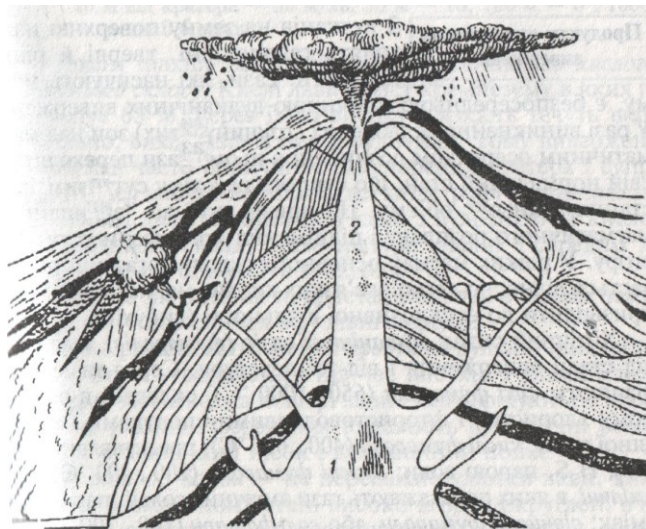


Рис. 3.8. Будова вулкану центрального типу:
1 – магматичний осередок; 2 – жерло; 3 – кратер

Таку будову має, наприклад, відомий вулкан Везувій (висота 1277 м). Він єдиний діючий вулкан у континентальній Європі. Відомо більше 80 його значних вивержень, останнє в 1944 р. На о. Сицилія розташований вулкан Етна. Це найвищий і найактивніший вулкан Європи (висота приблизно 3380 м). У середньому раз на три місяці вулкан вивергає лаву. За статистикою, раз на 150 років він руйнує якесь з ближніх селищ. Третім діючим вулканом Європи є Стромболі, розташований на Ліпарських островах на північ від Сицилії. Він регулярно викидає в повітря вулканічні бомби та шматки розжареного шлаку.

Вулкани тріщинного типу не утворюють наземних форм. Більшість з таких вулканів знаходиться під водою і виливання лави здійснюється через тріщини в земній корі.

Класифікацію вулканічних вивержень проводять залежно від складу лави і характеру виверження. Найбільш розповсюджені з них – гавайський, стромболіанський, плініанський, пелейський, катмайський. Вони відрізняються рухливістю лави, кількістю кремнезему SiO_2 , наявністю вибухів під час виверження, кількістю газу, пилових хмар, попелу, уламків.

У результаті виверження вулканів на земну поверхню викидається велика кількість продуктів вулканічної діяльності: газоподібні – SO_2 , H_2S , CO_2 , H_2O , N_2 , CH_4 ; рідкі – лава; тверді – вулканічні бомби, пісок і попіл.

Головні райони вулканічної діяльності – Південна і Центральна Америка, Японські та Курильські острови, Камчатка, північно-західна частина США, Аляска, Гавайські острови, Ісландія, Атлантичний океан. Всього на Землі відомо більше 1340 вулканів, з них близько 950 діючих.

Цікаво, що вулкани існують не тільки на Землі, а і на інших планетах, наприклад вулкан Олімп на Марсі, на супутнику Юпітера – Іо.

Магма має підвищену радіоактивність, тому всі магматичні породи теж радіоактивні. А бетонні та залізобетонні конструкції, виготовлені з застосуванням магматичних порід у якості крупного заповнювача, підвищують радіоактивний фон місцевості.

Гейзери – джерела водяної пари і гарячої води з температурою $60\text{-}100\text{ }^\circ\text{C}$, які під тиском періодично викидаються в атмосферу. Викиди гейзерів нерегулярні і продовжуються від 1 до 12 хв з проміжками від 2,5 хв до 5 год. Висота викиду води може сягати 40 м, а пари – 5 м.

Гаряча вода і пара широко застосовуються як теплоносії. Наприклад Рейк'явік обігрівается геотермальними водами зі свердловини (на глибині 1 км температура води досягає 300 °С).

Гарячі води гейзерів застосовуються в тепличному господарстві та роботі геотермальних станцій.

Крім гейзерів, відомі постійно діючі гарячі джерела – **терми**. Температура води в термах коливається в межах 70-100 °С. Гарячі джерела виносять на поверхню багато кремнезему SiO_2 або вуглекислого кальцію CaCO_3 , які утворюють породи – кремнистий і вапняковий туфи. Гарячі води терм збагачені розчинами мінеральних сполук, вони мають лікувальні властивості, тому широко використовуються в бальнеології. Такі джерела поширені в центральній Європі – Чехії, Угорщині, Австрії. Гейзери і терми розташовані в Ісландії, Новій Зеландії, США (Йеллоустоунський національний парк), на Камчатці (Долина Гейзерів).

3.3. Землетруси

Землетруси – це раптові пружні коливання земної кори.

Землетруси можуть відбуватися з різних причин, залежно від чого вони поділяються:

- на тектонічні;
- обвальні;
- вулканічні;
- антропогенні.

Обвальні землетруси спричиняються гірськими обвалами або провалами в ділянках, складених з грубих товщ легкорозчинних гірських порід (гіпс та ін.).

Вулканічні землетруси пов'язані з вибухами вулканів, напором і вибухом пари і газів, що насичують лаву.

Тектонічні землетруси є наслідком порушення рівноваги мас гірських порід, з яких складається земна кора, і швидкого їх переміщення в разі раптового стрибкоподібного вивільнення великої кількості енергії з надр Землі. Сліди цих переміщень зустрічаються дуже часто у вигляді різного роду складок, розривів та інших дислокацій (Карпати, Кавказ, Урал).

Антропогенні землетруси пов'язані з діяльністю людей. Їх спричиняють ядерні вибухи, забивання паль, рух транспорту.

Вулканічні і обвальні землетруси мають місцевий характер, вони поширюються недалеко і не впливають помітно на стійкість споруд.

Найбільше значення для практики будівництва мають тектонічні землетруси, бо вони відбуваються найчастіше, охоплюють великі простори і нерідко характеризуються значною інтенсивністю.

Вивчення поширення тектонічних землетрусів показує, що більша частина їх припадає на узбережжя Тихого Океану та Альпійсько-Кавказько-Гімалайські гірські системи. Тому розрізняють зони сейсмічні, у яких землетруси бувають часто, і асейсмічні, де землетрусів не буває або вони відбуваються дуже рідко.

До асейсмічних зон належать просторі рівнини материків, яким відповідають давні платформи – Східно-Європейська, Сибірська, Канадська, Бразильська, Африканська, Австралійська, внутрішні частини океанських плит і молоді платформи.

Наука, що вивчає землетруси, називається сейсмологією. Записи сейсмографів – сейсмограми – дозволяють визначити осередок землетрусу, його інтенсивність.

Інтенсивність – це зовнішній ефект землетрусу на поверхні землі, визначається візуально через зіставлення між собою ступенів пошкодження підземними поштовхами будівель, за враженням, яке справляє підземний удар на людей, за кількістю жертв, за деформаціями ґрунту тощо. Інтенсивність виражається в балах. Для визначення сили землетрусів застосовують різні шкали, але найпоширенішою є **дванадцятибальна шкала**. За нею найслабкіший землетрус оцінюється в 1 бал, найсильніший – у 12 балів. Наведемо скорочений варіант цієї шкали за рівнями, якою користуються сьогодні в Україні:

1 бал (*непомітний*) – реєструється лише приладами;

2 бали (*дуже слабкий*) – відчувається в окремих випадках людьми, які перебувають у повному спокої;

3 бали (*слабкий*) – відчувається небагатьма людьми всередині будівель;

4 бали (*помірний*) – відчувається багатьма людьми, можливі коливання висячих предметів, дрижання вікон, дверей;

5 балів (*достатньо сильний*) – відчувається усіма, коливання висячих предметів, скрипіння підлоги, прокидаються ті, хто спить;

6 балів (*сильний*) – легке пошкодження деяких будівель: тонкі тріщини в штукатурці тощо;

7 балів (*дуже сильний*) – істотне пошкодження будівель, виникнення тріщин у сирих ґрунтах, на берегах – зсуви;

8 балів (*руйнівний*) – будівлі дуже пошкоджуються, виникають тріщини і зсуви на схилах гір;

9 балів (*спустошливий*) – сильне пошкодження кам'яних будівель, деякі будівлі руйнуються повністю, обвали, осипи, зсуви;

10 балів (*нищівний*) – руйнування багатьох будівель, тріщини в ґрунті до 1 м завширшки, обвали, зсуви, суттєве пошкодження гребель, насипів;

11 балів (*катастрофічний*) – повне руйнування кам'яних споруд, численні тріщини на поверхні Землі та вертикальні переміщення по них, великі обвали в горах;

12 балів (*сильно катастрофічний*) – зміна рельєфу у великих масштабах, численні скидові тріщини і зміщення по них, обвали скель, зсуви, поява водоспадів, зміна русел річок.

Бальність землетрусів установлюється залежно від сейсмічного прискорення.

Осередок землетрусів у земній корі називають **гіпоцентром**. Проекція гіпоцентра на земну поверхню називають **епіцентром**. (рис. 3.9).

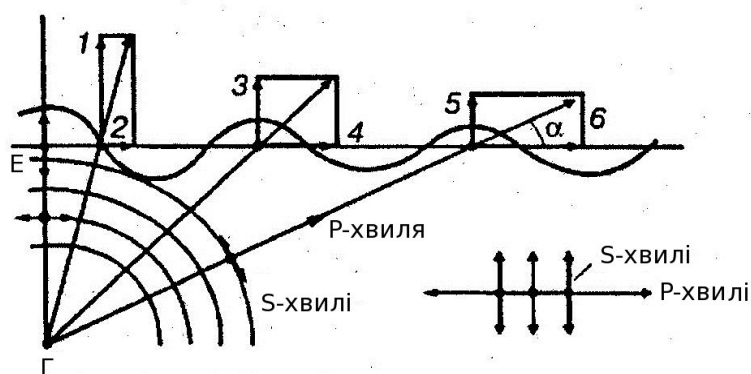


Рис. 3.9. Поширення коливальних рухів:

Г – гіпоцентр; Е – епіцентр; Р – поздовжні хвилі; S – поперечні хвилі; 1-6 нормальні та горизонтальні складові поздовжньої хвилі під час її виходу на поверхню

Енергія підземного поштовху поширюється від гіпоцентра у всі боки у вигляді сейсмічних хвиль, поздовжніх і поперечних. Поздовжні хвилі викликають пружне стиснення та розширення речовини. Вони поширюються у трьох середовищах: газоподібному, рідкому і твердому. Швидкість поширення поздовжніх хвиль залежить від щільності речовини (породи). У гранітах і аналогічних їм породах вони поширюються зі швидкістю до 5,6 км/с, у глинах – 0,5-1,5 км/с, у пісках – 0,7-1,6 км/с. Руйнування створюють лише поздовжні хвилі.

Поперечні хвилі викликають періодичні зміщення речовини або зміни її форми в напрямку, перпендикулярному до поширення хвиль. Швидкість їх розповсюдження в 1,7 рази менша, ніж поздовжніх, вони поширюються лише у твердих породах. Поперечні хвилі з відстанню гасяться і руйнувань не створюють.

Раніше за все сейсмічні хвилі досягають поверхні Землі в епіцентрі, де землетрус відбувається найбільш інтенсивно у вигляді вертикальних ударів. На невеликому віддаленні від епіцентра удари стають косими, а на ще більшому віддаленні струсні поштовхи переходять у спокійні хвилеподібні коливання. Вони називаються поверхневими або довгими хвилями. Ці хвилі мають велику руйнівну силу, якій іноді не можуть протистояти навіть міцні споруди.

Швидкість поширення сейсмічних хвиль визначається складом, структурою і фізичним станом порід.

У щільних породах сейсмічні хвилі розповсюджуються швидше і захоплюють більші простори; при цьому руйнування будівель, побудованих на цих породах, менш значні, ніж на пухких.

У слабких кам'яних і пухких породах сейсмічні хвилі розповсюджуються з меншою швидкістю, але в той же час вони більш руйнівні внаслідок ущільнення порід і нерівномірного осідання споруд, яке спричиняє їх деформації. Вони руйнівні в тих районах, де пухкі породи залягають шарами невеликої потужності на кристалічних породах, а також на ділянках боліт.

Осередки землетрусів можуть виникати на різних глибинах – від кількох до 600-700 км, однак найбільша їх кількість – в інтервалі до 100-200 км. У Криму більше землетрусів відбувається на глибинах 15-30 км. У Карпатах

осередки сильних землетрусів розташовані на глибині близько 150 км, а на Далекому Сході – вздовж пасма Курильських островів – до 600 км і більше.

На території України сейсмічними зонами є Карпати і Крим. Інтенсивність землетрусів у Карпатському регіоні 7-9 балів (за 12-бальною шкалою). У Кримському регіоні більша частина епіцентрів землетрусів зосереджена в Чорному морі вздовж південного берега півострова. Поштовхи землетрусів тут досягають сили 5-7 балів.

Якщо епіцентр землетрусу на дні моря або на суходолі поблизу морського берега, то трапляються моретруси. На поверхні моря моретруси проявляються інакше, ніж землетруси на суходолі. У морі навіть у разі дуже сильних ударів не спостерігається великого хвилювання. Лише окремі сильні моретруси, які супроводжуються швидкими опусканнями великих ділянок морського дна по розривах, спричиняють великі хвилі, які називають *цунамі*. Переважно цунамі – це серія хвиль (п'ять-сім), які котяться одна за одною. Висота хвиль досягає 20 м. Вони призводять до катастроф, не менш згубних, ніж землетруси. У відкритому океані цунамі майже не відчутні для суден, бо вони мають велику довжину (від гребеня до гребня до 300 м) і невелику висоту. З наближенням до берега висота цунамі швидко зростає (до 5-10, рідше – до 20-30 м), швидкість зменшується до 30 км/год. Іноді хвилі можуть проникати в глиб суходолу до 10...15 км, руйнуючи все на своєму шляху. Найчастіше цунамі спостерігаються на узбережжі Тихого океану.

Для того щоб дати уявлення про можливе місце прояву і силу землетрусів, які можуть виникнути на певній території, здійснюють сейсмічне районування. Його виконують на підставі даних про силу землетрусів, які були на цій території в минулому, оскільки вони можуть повторюватися і в майбутньому. Сейсмічне районування має велике значення, бо вказує, де можна розпочинати велике будівництво і яких заходів треба вжити, щоб запобігти руйнуванню землетрусами. Користуючись картою сейсмічного районування, можна визначити максимальну сейсмічну бальність для даного району і відповідно до цього слід зводити будівлі таким чином, аби вони не руйнувалися під час землетрусів.

Технічними умовами проектування будівель і споруд для сейсмічних районів дається ряд рекомендацій. Залежно від ступеня сейсмічності рекомендуються ті чи інші конструкції та будівельні матеріали.

Якщо бальність сейсмічності не перевищує 5, то жодних заходів під час будівництва не виконують. Ступінь сейсмічності 5-6 балів потребує звертати увагу на якість будівельних матеріалів і будівельних робіт. При ступені сейсмічності 7 балів і більше застосовують антисейсмічне будівництво.

Серед будівельних матеріалів найбільш сейсмостійкими є дерево і залізобетон. Цегляні стіни погано чинять опір руйнівним і розтягувальним зусиллям, які виникають при землетрусах. Перевагу слід віддавати монолітним залізобетонним спорудам круглого перетину у плані зі стінами, з'єднаними сталевими балками, які підвищують жорсткість будови в цілому.

При антисейсмічному будівництві застосовують спеціальні види фундаментів.

Надійність порід як основи для споруд у сейсмічних районах зменшується в такій послідовності: масивні магматичні та осадові породи; щебенисті, галечникові та піщані; глинисті, насипні шари.

При проектуванні особливу увагу треба приділяти наявності дислокацій, бо саме вони найчастіше можуть спричиняти руйнування споруд.

3.4. Тепловий режим Землі

При глибокому підземному будівництві необхідно враховувати температурні зони в земній корі. Земля біля поверхневої зони має два джерела тепла: від сонячної радіації (99,5 %) і від енергії надр планети (0,5 %), що обумовлює складний характер змін температури в товщах гірських порід.

У верхній частині земної кори виділяють три температурних зони: I – сезонних коливань, II – постійної температури, III – зростання температур (рис. 3.10). Зміни температур у зоні I визначаються кліматичними умовами місцевості. Для середніх широт характерні крива а (літній період) і крива б (зимовий період).

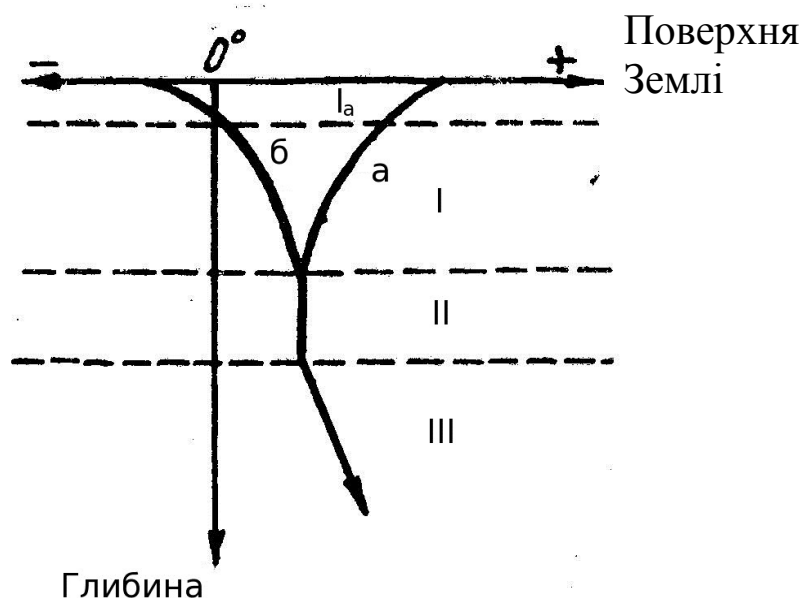


Рис. 3.10. Схема розподілу температур у земній корі

Загальна потужність зони I досягає 12-15 м. У зимовий період утворюється підзона Ia, де температура знижується нижче нуля градусів. Потужність підзони Ia або глибини промерзання залежить від клімату, типу гірських порід та інших факторів. Вона коливається від декількох сантиметрів до 2 м і більше.

У районах з помірно теплим кліматом зона I характеризується тільки кривою а. З заглибленням у надра Землі вплив добових і сезонних коливань температур зменшується і на глибині близько 15-40 м знаходиться зона постійної температури, яка дорівнює середньорічній для даної місцевості. У північній півкулі вона дорівнює плюс $15,5^{\circ}\text{C}$, а у південній – плюс $13,6^{\circ}\text{C}$.

У межах зони III температура з глибиною збільшується. Величина зростання температури на кожні 100 м глибини називається геотермічним градієнтом, а глибина, при якій температура підвищується на один градус, – геотермічним ступенем. Середня величина цього ступеня складає 33 м. У районах вулканічної діяльності, де в надрах Землі розташовуються ділянки розплавленої магми, величина геотермічного ступеня зменшується до 5-7 м.

Закономірне зростання температури справедливо лише до деякої глибини. Про температуру глибоких зон земної кори та верхньої мантії можна судити за температурою лави вулканів. Вона дорівнює плюс 1500°C .

Контрольні питання до розділу 3

1. Які процеси відносять до ендегенних?
2. Які фактори обумовлюють ендегенні процеси?
3. Що таке геосинкліналі?
4. Які стани розвитку геосинкліналей?
5. Що таке платформи?
6. Які особливості будови платформ?
7. Що таке дислокація?
8. Які елементи залягання пластів виміряють за допомогою гірського компаса?
9. Що таке складка?
10. Які існують різновиди складок?
11. Які існують різновиди розривних дислокацій?
12. Що таке вулканізм?
13. Які існують різновиди вулканів?
14. Що таке гейзери і терми?
15. Що таке землетруси?
16. Як обчислюють бали землетрусів?
17. Які види хвиль виникають під час землетрусів?
18. Які головні аспекти проектування і будівництва в сейсмічних районах?

4. ПРОЦЕСИ ЗОВНІШНЬОЇ ДИНАМІКИ ЗЕМЛІ (ЕКЗОГЕННІ)

Геологічні процеси зовнішньої динаміки відбуваються на поверхні Землі. Головною енергетичною основою є сонячна енергія та сили гравітації. Дія цих процесів призводить до руйнування гірських порід, перенесення продуктів руйнації та їх накопичення в іншому місці. Такий перерозподіл порід призводить до послідовного вирівнювання поверхні Землі шляхом руйнування піднесених ділянок і заповнення знижених продуктами руйнування.

До екзогенних процесів належать:

1. Вивітрювання.
2. Геологічна діяльність вітру.
3. Геологічна діяльність поверхневих текучих вод:
 - а) геологічна діяльність річок;
 - б) яроутворення.
4. Геологічна діяльність льодовиків.
5. Геологічна діяльність морів і океанів.
6. Геологічна діяльність озер і боліт.

Вивітрювання, головним чином, руйнує гірські породи. Геологічна діяльність вітру більшою мірою призводить до перенесення продуктів руйнування. Найбільш потужними з цих процесів є геологічна діяльність текучих вод, льоду, морів і океанів, які діють і при цьому руйнують гірські породи, переносять їх і накопичують у певних місцях. Тому для екзогенних процесів притаманна така логічна послідовність явищ: руйнування – транспортування – накопичення (акумуляція).

4.1. Вивітрювання

Вивітрювання – сукупність фізичних і фізико-хімічних процесів, що змінюють склад і властивості гірських порід у верхній частині земної кори під впливом атмосфери, води та органічного світу.

Залежно від характеру процесів руйнування гірських порід розрізняють фізичне, хімічне та органічне (або біохімічне) вивітрювання.

Фізичне вивітрювання спричиняють такі фактори:

- 1) зміни температури;
- 2) дія вологи;
- 3) різниця коефіцієнтів теплового розширення різних мінералів;
- 4) різниця в поглинанні тепла залежно від кольору мінералу або породи.

Зміни температури викликають зміни об'єму мінералів і разом з цим напруження на межах мінеральних зерен, послаблюючи їх зв'язки. Цьому сприяє різниця коефіцієнтів теплового розширення різних мінералів і те, що більшість мінералів анізотропні, тобто їх властивості (у тому числі і коефіцієнт теплового розширення) неоднорідні в різних напрямках. Багаторазове стиснення і руйнування мінеральних зерен, добове і сезонне, руйнують гірські породи внаслідок неоднакового збільшення і зменшення їх об'єму. Повторні нагрівання та охолодження викликають постійне напруження в породах, що призводить до їх розтріскування і дроблення.

При температурах нижче 0°C вода замерзає у тріщинах і порах гірських порід. Перетворюючись у лід, вона збільшується в об'ємі на 9-11% залежно від хімічного складу води і, залишаючись при цьому практично нестислою, розриває гірські породи.

Насіння, спори, коріння рослин, які проникають у тріщини гірських порід, у процесі свого росту збільшуються в об'ємі та механічно впливають на стінки тріщин, розвивають великий тиск (тиск росту) і тим самим фізично руйнують гірські породи.

Фізичному вивітрюванню сприяють землерийні тварини – черв'яки, хробаки, кроти, бабаки, лисиці.

Останнім часом посилено руйнує гірські породи людина в гірничих виробках і при будівельних роботах.

Хімічне вивітрювання відбувається у приповерхневій частині земної кори за участю води і кисню, внаслідок чого змінюються мінерали і руйнуються гірські породи. Це процеси розчинення, гідролізу, окиснення, гідратації, карбонатизації.

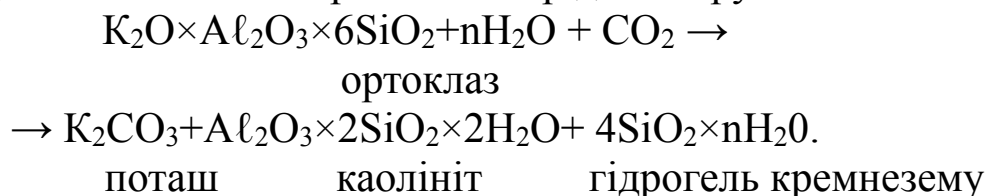
Розчинення – основний процес руйнування гірських порід під дією води. Краще за інші розчиняються хлориди, а потім – сульфати, сульфіди і карбонати. Наприклад, у 100 г води при температурі 20 °С розчиняється:

- 1) галіту NaCl – 36 г;
- 2) ангідриту CaSO₄ – 0,002 г;
- 3) піриту FeS₂ – 0,0015 г;
- 4) кальциту CaCO₃ – 0,001 г.

Крім істинних розчинів, коли мінерал переходить у розчин, розпадаючись на іони і молекули, велике значення в геологічних процесах мають колоїдні розчини речовин, які у звичайних умовах нерозчинні, наприклад силікати з частинками до 0,2 мкм.

Гідроліз – реакція іонного обміну між різними речовинами і водою. Цьому процесу підлягають алюмосилікати – солі сильних основ і слабких кислот.

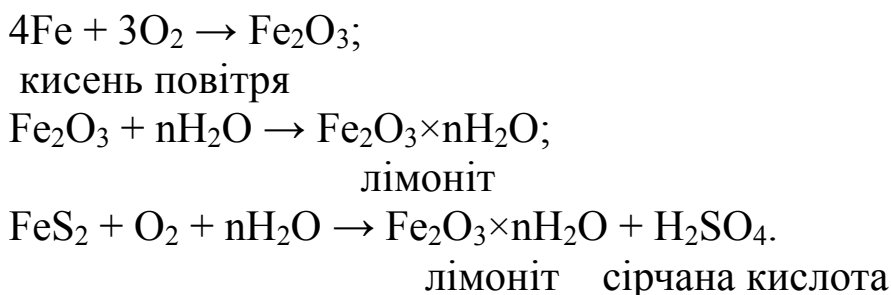
Процес хімічного вивітрювання порід ілюструється схемою



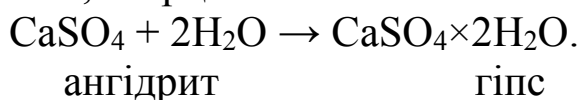
Подібні реакції відбуваються з усіма польовими шпатами, які складають 50 % загальної кількості мінералів.

Окиснення. Процеси окиснення гірських порід і мінералів водою і киснем повітря охоплюють потужний шар верхньої частини земної кори. Окисненню підлягають мінерали, які містять залізо, марганець, сірку; закиси металів переходять в окиснену форму, сульфіди змінюються сульфатами.

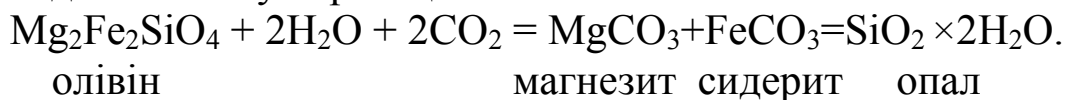
Процес окиснення мінералів, які містять залізо, здійснюється за такою схемою:



Гідратація. Процес відбувається в місцях з вологим кліматом, полягає у приєднанні безводними мінералами однієї або декількох молекул води. Таким чином, ангідрит переходить у гіпс, гематит – у лімоніт, кварц – в опал.



Карбонатизація – процес утворення вуглекислих сполук. Прикладом може бути реакція



Органічне (біохімічне) вивітрювання являє собою комплекс фізико-хімічних факторів, які сприяють розкладанню мінералів і гірських порід під дією органічних ферментів.

Тварини і рослини (черв'яки, мурахи, моховиння, лишай, гриби, бактерії), які розселяються у тріщинах і порожнинах гірських порід, своїми виділеннями і продуктами розпаду впливають на породи хімічним шляхом і значно прискорюють процеси хімічного вивітрювання.

Кора вивітрювання – верхня частина земної кори, яка складається з вивітрених порід.

Потужність кори вивітрювання може сягати 100 м і більше. З метою інженерно-геологічної оцінки гірських порід інтерес становить тільки верхня найбільш зруйнована зона кори вивітрювання. Потужність цієї зони від 1-2 до 8-10 м.

Знання потужності зони інтенсивного вивітрювання має практичне значення при визначенні ступеня стійкості гірських порід на укосах виїмок, схилах річкових долин, при визначенні зони зняття зруйнованих порід, закладанні фундаментів споруд, виборі каменю для облицювальних та інших робіт.

Кора вивітрювання поділяється на зони:

- 1) зона дрібного дроблення;
- 2) зона дрібно-уламкова;
- 3) зона глибова;
- 4) зона монолітна.

Основні характеристики кори вивітрювання подані в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Назва зони	Гранулометричний склад	Фізичні властивості
Зона дрібного дроблення	Глина, пил, пісок	$K_{\phi}=0-0,001$ см/доба, $R_{ст}$ зростає
Зона дрібно-уламкова	Глина, пил, пісок, жорства	$K_{\phi}=1$ см/доба – 1 м/доба, $R_{ст}=10^{-2}-10^{-3}$ МПа
Зона глибова	Глиби, тріщинуваті породи	$K_{\phi}=10-10^4$ м/доба, $R_{ст\ зони} < R_{ст\ породи}$
Зона монолітна	Скельні породи	$K_{\phi} \approx 0-0,05$ м/доба, $R_{ст}=180-320$ МПа

Розмір частинок, які складають верхні шари, збільшується. При цьому коефіцієнт фільтрації від першої до третьої зони збільшується і досягає максимуму у глибовій зоні внаслідок великої кількості тріщин. Скельні породи мають малу фільтрацію.

Міцність на стискання порід, які складають кору вивітрювання, зростає і досягає максимуму в монолітній зоні.

Потужність зони інтенсивного вивітрювання в рівних умовах більша в магматичних порід, ніж в осадових, а в морських відкладах більша, ніж у континентальних, наприклад лесах.

Породи, які складають кору вивітрювання, називають ґрунтами.

Ґрунти – гірські породи і їх суміші, які розглядають з урахуванням їх поведінки під час експлуатації.

Ґрунти можна представити як:

- 1) основу під фундаменти споруд;
- 2) середовище при будівництві тунелів, підземних переходів, станцій метрополітену;
- 3) будівельні матеріали (піски, глини, галька, гравій тощо).

При визначенні властивостей ґрунтів встановлюють такі характеристики: щільність у сухому та зволоженому станах; міцність у пухкому та щільному станах; з'ясовують поведінку при статичних і динамічних навантаженнях. За цими ознаками ґрунти поділяють на 5 класів:

1. Скельні ґрунти – гірські породи, стійкі по відношенню до води, наприклад граніт, лабрадорит, зцементовані породи з кременистим цементом.

2. Напівскельні ґрунти – щільні, міцні у сухому стані гірські породи, які змінюють властивості при зволоженні, наприклад гіпс, мармур, породи, зцементовані карбонатним, глинистим чи соляним цементами.

3. Грубоуламкові ґрунти, наприклад глиби, валуни, щебінь, галька, жорства, гравій.

4. Піщані ґрунти – піски, супіски.

5. Глинисті ґрунти – глини, суглинки, леси.

До продуктів вивітрювання належить елювій. **Елювій** – несортована механічна суміш частинок і уламків порід різного розміру, які залишаються в місцях утворення.

4.2. Геологічна діяльність вітру

Іноді геологічну діяльність вітру називають еоловими процесами – за ім'ям бога вітру Еола з грецької міфології.

Вітер – це рух повітря відносно землі з області високого атмосферного тиску в область низького тиску.

Вітер виконує велику роботу: руйнує гірські породи і мінерали, переносить продукти руйнування і відкладає їх там, де швидкість вітру зменшується. Крім того, вітер впливає на всі екзогенні процеси: переносить вологу, регулює клімат і процеси вивітрювання. Найбільш інтенсивно руйнування гірських порід вітром відбувається в районах з різким континентальним кліматом, де малий або зовсім відсутній рослинний покрив: у пустелях, горах, на морському узбережжі.

Руйнівну діяльність вітру визначають такі процеси, як дефляція і коразія. **Дефляцією** називають видування, розвіювання, винесення пухких гірських порід на поверхні Землі повітряними потоками.

У місцях, де постійно дмуть вітри, мінеральні частинки (пил, пісок), захоплені повітряними потоками, постійно співударяються з поверхнею скель, кам'яних брил, відшарувань гірських порід, обточуючи їх, поліруючи, руйнуючи м'які ділянки порід. Унаслідок цього на поверхні порід утворюються штрихи, борозни, подряпини, орієнтовані за переважним напрямком вітрів. Таке явище називають **коразією**. Дефляція і коразія – взаємопов'язані процеси.

У пустелях доводиться спостерігати обточені вітром скельні виступи порід, що мають іноді дуже химерні форми – грибів, птахів тощо. Їх називають *останцями*.

Продукти вивітрювання, дефляції та коразії можуть переноситися повітряними потоками на значні відстані. Дальність перенесення залежить від швидкості вітру, розмірів уламків, форми рельєфу, сили висхідних течій повітря, що підіймає частинки гірських порід на ту чи іншу висоту. Грубоуламковий матеріал (галька, гравій, щебінь) може переноситись стрибкоподібно, то відриваючись від поверхні землі, то перекочуючись по ній. Піщаний матеріал під дією вітру також переноситься переважно стрибкоподібно, що пов'язано з турбулентністю атмосферного потоку. Під час піщаних бур пісок і дрібний щебінь можуть підійматися на висоту 2 м. У пустелях пісок переноситься тільки сильними бурями. У тиху погоду і в разі слабких вітрів піски нерухомі. У разі сильних вітрів рухаються переважно барханні піски, позбавлені рослинності. Винятком є смерчі (торнадо), які засмоктують великі маси піску і переносять їх на відстані до сотень кілометрів.

На найбільшу відстань переносяться пилюваті частинки – дальність їх перенесення практично необмежена. Пил переноситься навіть слабким вітром і довго тримається в повітрі, утворюючи пилову димку, яка сильно знижує сонячну радіацію.

При швидкості вітру 4,5-6,5 м/с приходять у рух частинки розміром до 0,25 мм; при швидкості 10-11 м/с переміщуються частинки розміром 0,5-1 мм; під час ураганів, коли швидкість досягає 20-30 м/с і більше, можуть переноситись навіть гравійні зерна розміром 2-4 мм. У степових районах півдня України іноді виникають чорні (пилові) бурі та урагани, які видувають і переносять чорноземи. У повітря підіймаються великі маси дрібних мінеральних частинок, які потім при спаданні швидкості вітру осідають у сухому стані або випадають на земну поверхню разом з дощем. Велику шкоду такі бурі завдають сільському господарству країни.

Значна частина транспортованого вітром уламкового матеріалу потрапляє на поверхню морів і океанів, частина ж осаджується на суходолі, утворюючи так звані *еолові відклади*. Уламковий матеріал, що переноситься вітром, сортується вже при перенесенні – найважчі піщані частинки відкладаються найшвидше, недалеко від областей дефляції та коразії. Тому скупчення піску часто спостерігають біля підніжжя гірських

масивів, на морських узбережжях тощо. Глинисті і пилюваті частинки нагромаджуються набагато далі від областей розвіювання.

Типовими формами рельєфу, який створюється вітром у піщаних пустелях, є *бархани*. Це асиметричні піщані горби серпоподібної форми, витягнуті частини яких повернуті за напрямком вітру (рис. 4.1). Бархани мають довгий пологий навітряний схил (до $10-15^\circ$) і крутий короткий підвітряний ($32-35^\circ$).

Частинки піску, як більш важкі, під дією вітру перекочуються по поверхні Землі. Зустрічаючи на своєму шляху будь-які перепони, пісок затримується і накопичується за перепорою у вигляді пагорба. У подальшому цей пагорб сам стає перепорою і накопичує нові піщані маси. Таким чином утворюються бархани.

Іноді бархани з'єднуються один з одним, утворюючи ланцюги (пасма), які тягнуться перпендикулярно до напрямку вітру. Висота великих барханних ланцюгів у пустелях Середньої Азії становить 60-70 м, у Центральній Азії – до 100-150 м і більше, довжина – до 20 км. Барханні пасма часто розміщуються паралельними рядами, на відстані в середньому кілька сотень метрів один від одного.

На узбережжях морів, озер, у долинах великих річок утворюються такі форми еолового рельєфу, як *дюни*. Це піщані овальні горби з пологими навітряними ($5-12^\circ$) і крутими підвітряними схилами ($30-35^\circ$). Зливаючись, вони утворюють на морських узбережжях вали до 200 м, які простягаються паралельно до берега. Формування їх пов'язане з переважним напрямком вітрів, які дмуть з моря на суходіл, і піщаним матеріалом, що нагромаджується в зоні прибою. Утворена дюна не залишається на місці, а поступово під дією вітру пересувається углиб материка, на її місці виникає інша, яка у свою чергу починає рухатись, і т. д. Отже, вздовж морських узбереж виникають ланцюги паралельних дюн. Висота дюн коливається у значних межах: від 20-30 м на берегах Балтійського моря до 50-100 м на французькому узбережжі Атлантичного океану і до 150-200 м на берегах Середземного моря. Висота дюн у річкових долинах не перевищує 5-10 м. Швидкість переміщення дюн різна: у бурхливі дні вона може досягати 2-3 м на день, великі дюни переміщуються від 1 до 20 м на рік.

Дюни утворюються в долинах Дніпра, Дону, Волги, Іртиша, Лени, Обі, на узбережжях Азовського і Чорного морів, на пересипках лиманів і косах.

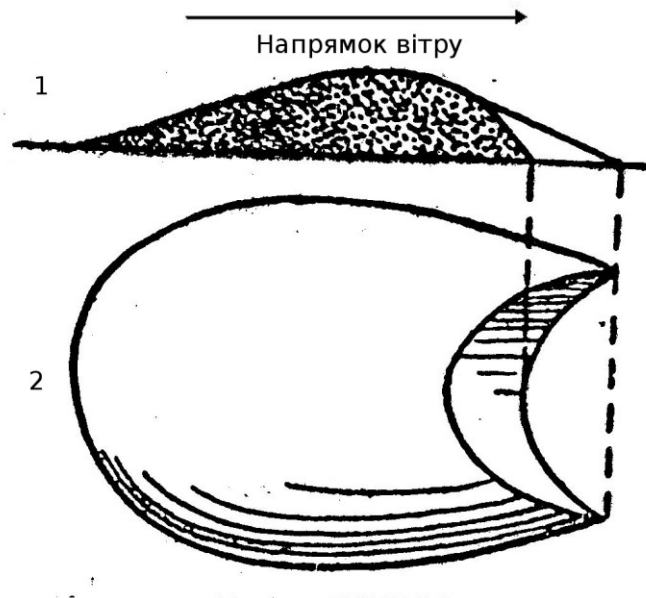


Рис. 4.1. Схема бархана:
1 – переріз бархана; 2 – план бархана

Дюни та бархани спричиняють велику шкоду господарству країни. Сипкі піски, які переносить вітер, засипають дороги, будівлі, поля. Наступ пісків на освоєні людиною території можна спостерігати в Туркменістані, Узбекистані, Казахстані, Центральній Азії. Відомий в історії випадок, коли внаслідок наступу пісків Лівійської пустелі було повністю засипано єгипетські міста Луксор і Карнак.

Засоби захисту від сипких пісків:

- 1) встановлення щитів (бетонних, дерев'яних);
- 2) укріплення пісків різноманітними речовинами (вапняково-глинистими, органо-мінеральними сумішами, розчинами полімерів (полімеризація), цементним розчином (цементация), розчином рідкого скла (силікатизація), бітумними емульсіями (бітумізація));
- 3) влаштування «передової» дюни;
- 4) насадження спеціально підібраної рослинності.

Засоби захисту від піскових заносів регіональні. Їх застосування потребує поміркованих, економічно обгрунтованих розрахунків.

4.3. Геологічна діяльність поверхневих текучих вод

Однією зі складових, які утворюють повний кругообіг води у природі, є енергія текучої води (рис. 4.2).

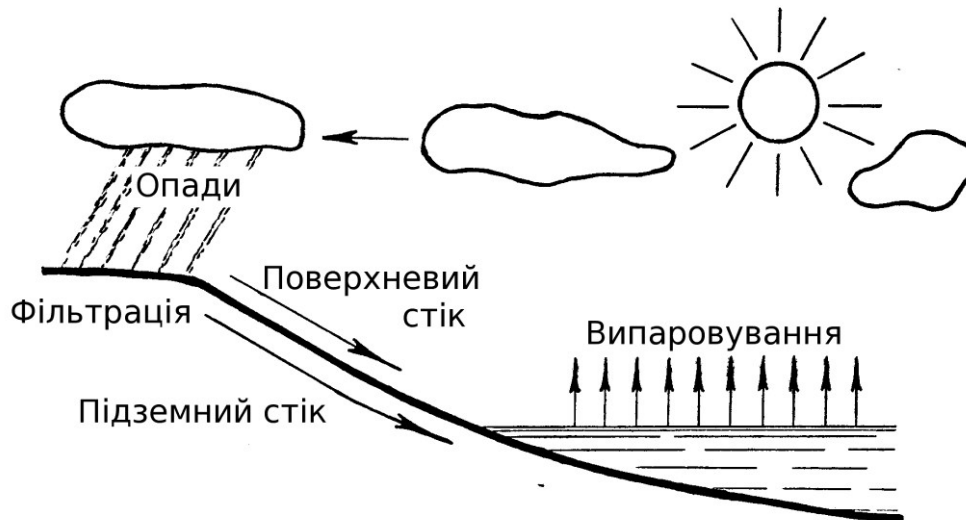


Рис. 4.2. Повний кругообіг води у природі

Вода у водоймищах нагрівається Сонцем і випаровується, на це витрачається 40 % усієї енергії, яку Земля одержує від Сонця. Вологе повітря, тучі і хмари вітер переносить на континенти, де вони випадають у вигляді опадів – дощу, снігу та граду.

Кількість води, яка кожен рік випаровується з поверхні Землі, становить усього 511 тис. км³ (з поверхні морів і океанів – 448 тис. км³, а з поверхні суші – 63 тис. км³). У вигляді опадів на моря і океани випадає 412 тис. км³, а на сушу – 99 тис. км³ (усього 511 тис. км³).

Таким чином, на сушу випадає на 36 тис. км³ води більше, ніж з неї випаровується. Ця вода стікає по поверхні землі і під землею знову в моря і океани, стаючи складовою частиною постійного кругообігу води в природі.

Уся механічна робота, яку виконує текуча вода з моменту випадання з атмосфери у вигляді опадів і до досягнення нею моря, може бути поділена на руйнування, перенесення і відкладання.

Руйнування гірських порід текучими водами називається **ерозією**. При цьому розрізняють площинне змивання (*бокова ерозія*) і глибинне розмивання (*глибинна ерозія*).

Під змиванням розуміють зміщення дощовими або талими від снігу водами вниз по схилу продуктів вивітрювання порід схилу. Продукти вивітрювання, зміщені по схилах і відкладені в основі схилів, називають **делювієм**.

Делювіальні відклади дуже поширені в гірських районах, по схилах сучасних і давніх річкових долин, балок і ярів. Найчастіше до складу делювію входить суглинок, який містить у собі домішку в різних кількостях щебенюватого матеріалу, безладно розміщеного в його товщі. Потужність делювію зростає біля основи схилів і змінюється від 1-2 до 10 м, а іноді і більше (рис. 4.3).

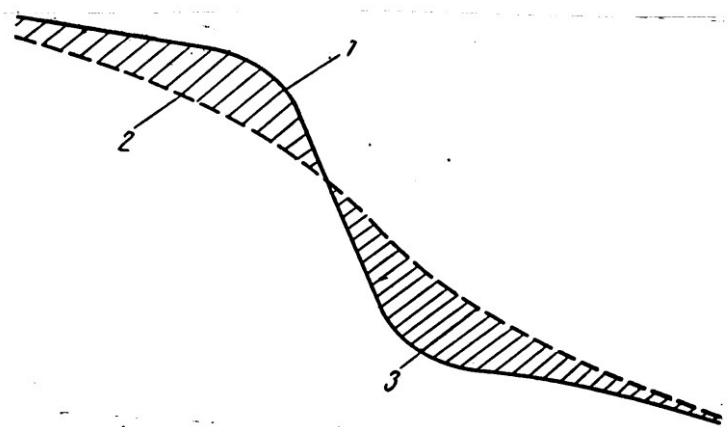


Рис. 4.3. Схема утворення делювію:

1 – початкова поверхня; 2 – знижена поверхня в результаті площинного змиву; 3 – делювій

Неоднорідність матеріалу, з якого складається делювій, положення його на схилі сприяють при насичуванні водою втраті стійкості, що виявляється у зсуванні укосів виїмок, закладених на схилах. Ці обставини визначають також його малу надійність як основу під споруди.

У результаті дії процесів ерозії виробляються різноманітні форми рельєфу: яри, балки, річкові долини.

4.3.1. Яроутворення

Яри – це крутобоки врізи в земну поверхню, утворені тимчасовими водотоками.

Початок яру називається вершиною, а кінець – гирлом. У верхній частині яру він має V-подібний, а у нижній U-подібний профіль (рис. 4.4).

Розвиток яру відбувається дуже енергійно. За короткий час розвиваються яри довжиною в декілька кілометрів, а іноді і десятків кілометрів, глибина їх досягає декількох десятків метрів. Розвиток поздовжнього профілю яру (рис. 4.5) відбувається у вигляді послідовного переміщення кривої 0-1 у положення 0-2, 0-3 і т. д. Горизонтальна поверхня 0-0 називається базисом ерозії.

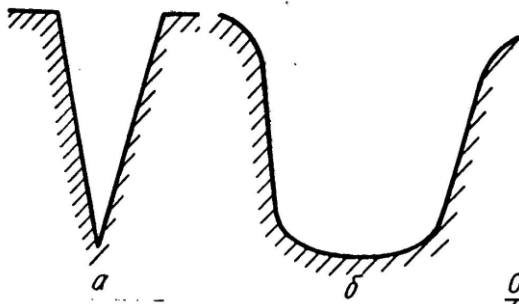


Рис. 4.4. Поперечний розріз яру:
а – вершина; б – гирло

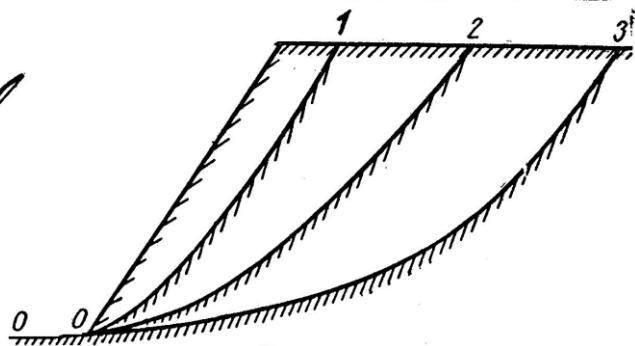


Рис. 4.5. Схема послідовного розвитку поздовжнього профілю яру:
0-0 – 0-0 – базис ерозії;
0-1; 0-2; 0-3 – профіль яру

Базис ерозії – це поверхня, на рівні якої потік втрачає енергію і не може заглиблюватися нижче. Для багатьох ярів базисом ерозії є поверхня водоймища, у яке впадає водотік, що утворює яр. Утворення ярів відбувається завдяки глибинній і боковій ерозії. Закон глибинної ерозії формулюється так: розмивання схилу текучими водами йде від гирла до вершини і починається від базису ерозії.

Дно в нижній частині яру покривається відкладами, які називаються **яружним алювієм**. Зі збільшенням цих відкладів круті схили яру починають заростати рослинністю. Так діючий яр перетворюється в балку.

Головні причини зародження і розвитку ярів: 1 – порушення дернового покриву на схилах; 2 – орання задернованих крутих схилів, складених рухливими породами, які легко розмиваються; 3 – будова неукріплених канав на схилах; 4 – випас скоту на схилах.

Засоби боротьби з яроутворенням поділяються на профілактичні та припиняючі.

Профілактичні засоби боротьби з яроутворенням:

- 1) регулювання стоку поверхневих вод на всьому водозборі;
- 2) заборона вирубаня лісу та чагарників по крутих схилах;
- 3) заборона випасу скоту;
- 4) заборона орання схилів (особливо в напрямку униз по схилу).

Припиняючі засоби боротьби з яроутворенням:

- 1) будівництво водовідвідних споруд (канави, дренажі);
- 2) терасування схилів;
- 3) укріплення схилів чагарниками, деревами, трав'яною рослинністю;
- 4) закріплення дна ярів і стінок залізобетонними конструкціями.

4.3.2. Селеві потоки (селі)

У гірських районах через своєрідність рельєфу і клімату тимчасові потоки бувають бурхливими і утворюють селеві потоки. Селі викликають зливи або швидке танення снігів і льодовиків у горах.

Залежно від порід, які складають поверхню басейну, гірські потоки бувають:

- 1) водокам'яними;
- 2) грязекам'яними (глинистими);
- 3) водяними.

Відкладання селевих потоків називають **пролювієм** і утворюють своєрідні форми рельєфу – *конуси виносу*. Пролювіальні відклади бувають двох видів з різними фізико-механічними властивостями:

1. *Невідсортовані*, які складаються з глиб, щебеню, гальки з піщаним, супіщаним і суглинистим заповнювачем.

2. *Відсортовані* пилювато-глинисті утворення.

Перший тип пролювію утворюється в гирлах гірських річок. Його щільність і міцність відповідають умовам будівництва. Другий тип пролювію має вигляд і властивості лесу з високою пористістю, збагаченого водорозчинними солями і здатного до осідання.

Селеві потоки завдають великих збитків господарству країни, руйнують і зносять споруди.

Для припинення руйнівної діяльності селевих потоків виконують ряд заходів:

1) захист схилів шляхом збереження лісового, чагарникового і трав'яного покривів;

2) терасування схилів;

3) насадження лісів на терасованих схилах;

4) будівництво селеспусків;

5) будівництво селеуловлювачів;

6) створення селесховищ.

4.3.3. Геологічна діяльність річок

Річка – це постійний водотік, який протягом свого життя (багато тисяч років) виробляє річкову долину.

Річкова долина – сильно витягнуті в довжину звивисті врізи в земну кору різної ширини.

Початок ріки називають верхів'ям, кінець – гирлом.

Одна третина всіх видів опадів на земній поверхні збігає у вигляді річок (близько 35 тис. км³ води). Річки утворюються по-різному. Існує чотири способи зародження річок, залежно від чого розрізняють:

1) річки з джерельним і сніговим живленням (ріки Європи);

2) річки, які утворюються завдяки таненню льодовиків (ріки Середньої Азії, Кавказу, Південно-Східної Азії);

3) річки з дощовим живленням (Амур, Амазонка, Ніл, Конго, деякі ріки Франції);

4) річки змішаного живлення (деякі ріки Середньої Азії та Кавказу).

У різні пори року джерела живлення змінюються.

По мірі свого руху кількість води в річках збільшується, тому що в них впадають нові наземні та підземні джерела. У головну річку впадає декілька приток, які приймають малі річки і струмки, а ті у свою чергу – талі снігові та дощові потоки.

Площа земної поверхні, з якої в дану річку вода стікає у вигляді струмків, снігових і дощових потоків, носить назву **водозбірного басейну ріки**. Річкові басейни розмежовуються вододілами, які є найбільш піднятими ділянками місцевості.

Залежно від контуру поперечного профілю розрізняють такі типи долин: щілина, ущелина, каньйон, V-подібна долина, коритоподібна, трапецеїдальна, нечітко виражена (рис. 4.6).

Щілина – глибока, дуже вузька долина з прямовисними схилами. Поширені щілини в гірських районах на тих ділянках, де річка перерізає дуже стійкі породи.

Каньйон – більш широка, ніж щілина, долина з майже прямовисними схилами і вузьким дном.

Ущелина – глибока гірська долина з обривистими схилами, трохи розширеними у верхній частині.

V-подібна долина – різновид ущелини, яка характеризується більш пологими схилами і більшою шириною дна. Поширена в гірських районах.

Коритоподібна долина характеризується увігнутими схилами, які виположуються до дна. Нижня частина такої долини врізана у дно більш широкої долини.

Трапецеїдальна долина поширена на рівнинах. Долини такого типу мають тераси.

Нечітко виражена долина має дуже пологі схили. До цього типу належать долини рік у заболоченій місцевості.

Залежно від місця знаходження розрізняють річки:

1. Гірські, що характеризуються значним ухилом дна між верхів'ям і гирлом, великою швидкістю води і вузькою глибокою долиною (щілина, каньйон, ущелина).

2. Рівнинні, що характеризуються невеликим ухилом дна, незначною швидкістю води і широкою неглибокою долиною (V-подібна, коритоподібна, трапецеїдальна, нечітко виражена).

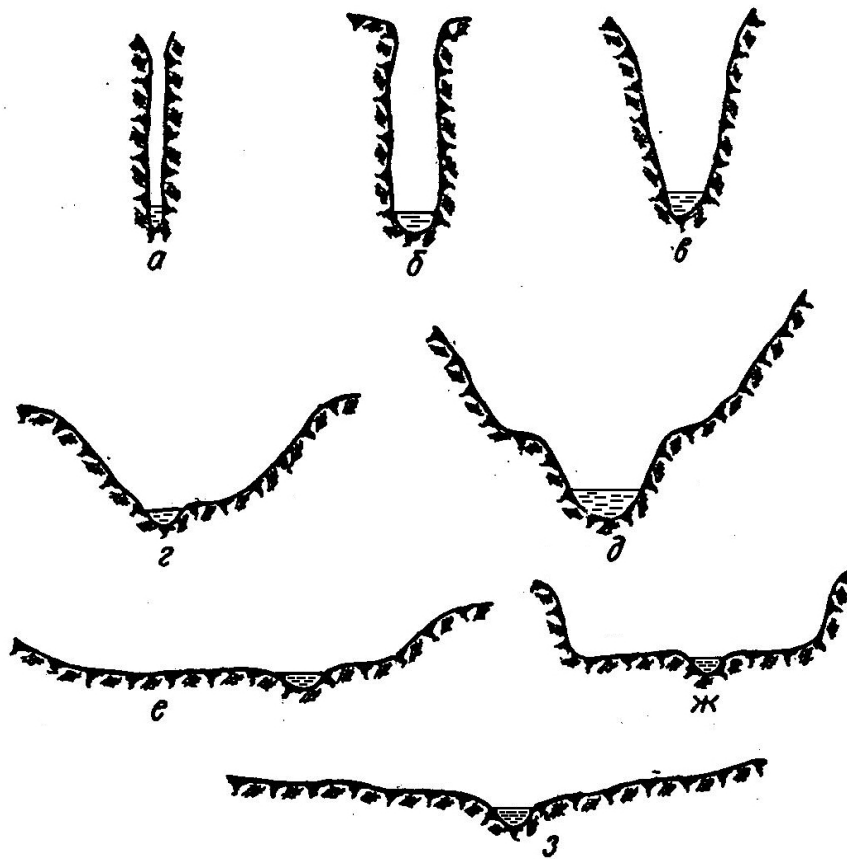


Рис. 4.6. Схеми річкових долин:
 а – щілина; б – каньйон; в – ущелина; г – V-подібна долина;
 д – коритоподібна; е – трапецеїдальна; ж – ящикоподібна;
 з – нечітко виражена

У житті рівнинної річки нашого регіону розрізняють етапи, які залежать від пори року та кількості води:

- 1) льодохід – період, пов'язаний з руйнуванням льоду;
- 2) повінь – найбільший підйом рівня води, який триває протягом 20-25 днів;
- 3) кінець повені – поступовий спад рівня води від найбільшого до середнього рівнів (триває 40-60 днів);
- 4) межень – мінімальний рівень води влітку;
- 5) паводок – підвищення рівня води під час дощів.

Ріка виконує 3 види діяльності:

- 1) руйнує гірські породи – ерозія глибинна (донна) і бокова (берегова);
- 2) переносить продукти руйнування (транспортування);
- 3) відкладає зруйновані породи (аккумуляція).

Глибинна (донна) ерозія спрямована вглиб річки; бокова (берегова) призводить до підмивання берегів і розширення долини.

Процес транспортування зруйнованих гірських порід здійснюється трьома шляхами:

1) перекоченням по дну (волочінням) – переносяться переважно грубоуламкові матеріали (глиби, валуни, щебінь, галька, жорства, гравій);

2) перенесенням у завислому стані (піщані, пилові та глиняні частинки);

3) у розчиненому стані (частинки мінералів, які розчиняються у воді, – переважно карбонати, сульфати кальцію та магнію, хлористий кальцій).

Перенесення уламкового матеріалу залежить від швидкості течії. Під час повеней і паводків у рівнинних річках швидкість збільшується – переважає перекочування по дну. Це характерно для гірських річок протягом року. Коли рівень води зменшується, рівнинні річки транспортують уламковий матеріал у завислому та розчиненому станах.

Річкові відклади у вигляді різноманітних осадків, які формуються в долинах і в місцях впадання річок у водойми, називають **алювієм**.

Кожна річка у своєму розвитку набуває певного поздовжнього профілю, особливістю якого є те, що спад дна річки від верхів'я до її гирла поступово зменшується. Внаслідок цього найбільшу швидкість течії річка має у верхів'ї і найменшу – біля гирла.

У верхній течії (зона I) переважає глибинна ерозія і винесення зруйнованого матеріалу, у середині течії (зона II) – бокова ерозія і перенесення зруйнованого матеріалу, а в нижній течії (зона III) ерозія практично не відбувається, тут здійснюється відкладання (аккумуляція) зруйнованого матеріалу (рис. 4.7).

Гірські річки переносять продукти руйнування гірських порід волочінням та у зваженому стані, а рівнинні – у зваженому і розчиненому вигляді.

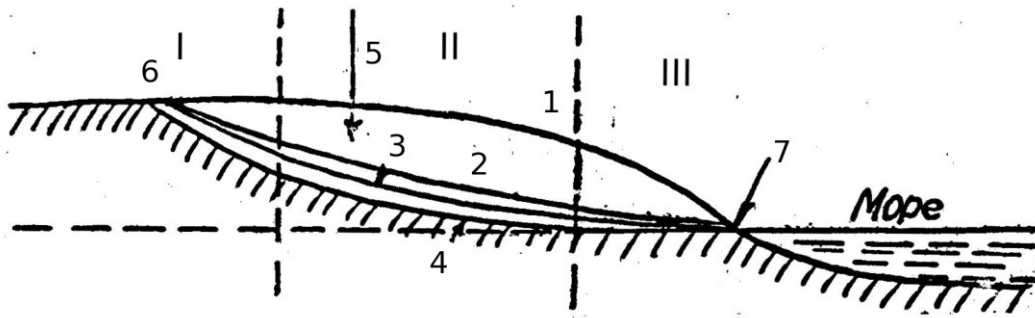


Рис. 4.7. Поздовжній профіль ріки:

- I – верхня течія; II – середня течія; III – нижня течія;
- 1, 2, 3 – послідовні стадії вироблення профілю рівноваги;
- 4 – поздовжній профіль; 5 – напрямок донної ерозії;
- 6 – верхів'я; 7 – гирло

Базис ерозії – це рівень, нижче якого річка не може врізатися – поглиблювати своє русло. За базис ерозії для кожної річки визначають рівень водного басейну, у який вона впадає. Наприклад, для Дніпра базисом ерозії є рівень Чорного моря. Базис ерозії визначається для кожної річки водозбірного басейну.

У річкових долинах виділяють такі елементи: дно, тальвег, русло, заплава, тераси, меандри, стариці, схили долини, корінний берег (рис. 4.8).

Дно – низька частина долини.

Тальвег – лінія, що з'єднує в поздовжньому напрямку найнижчі точки дна долини.

Русло – найнижча частина дна долини, по якій тече вода.

Заплава – частина долини, яка затоплюється під час повені.

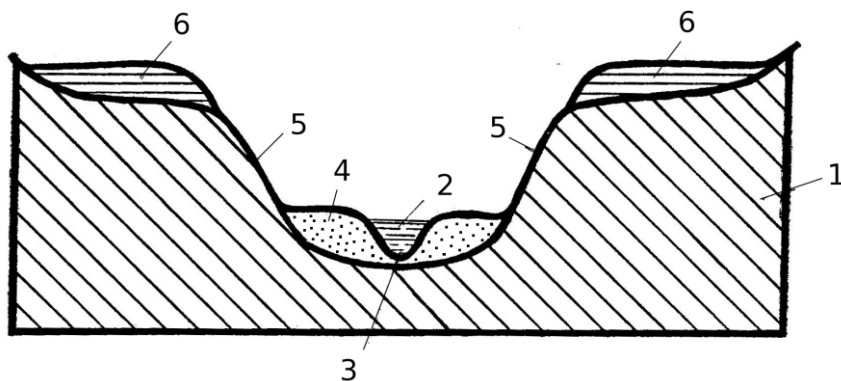


Рис. 4.8. Поперечний розріз річкової долини: 1 – корінний берег; 2 – русло; 3 – дно; 4 – заплава; 5 – схили долини; 6 – тераси

Тераси – горизонтальні або злегка нахилені до річки площини різної ширини, що підносяться на певну висоту над річкою. Кількість терас може бути різною: від однієї і більше, деякі з них утворені алювіальними відкладами.

Алювіальні відклади або алювій – породи, відкладені текучими водами річок.

Меандри – довгі луки петлеподібної форми.

Стариці – частини меандрів, які втратили зв'язок з річкою.

Схили долини – підвищені ділянки суші, які обмежують з двох боків ложе долини.

З виположуванням поздовжнього профілю річкової долини вниз за течією жива сила потоку меншає, у середній течії вона вже не може розмивати породи вглиб, і тут починається бокова ерозія, що веде до розширення річкового русла і долини. Разом з цим внаслідок неоднорідності гірських порід русло середньої течії завжди буває звивистим, утворюючи меандри. У ряді випадків окремі меандри так зближуються, що між ними лишається вузький перешийок, який промивається під час повені, і річка змінює русло. Після цього петля залишається осторонь від головного русла, помалу зовсім відділяється від нього, залишаючи стариці. Внаслідок невпинного занесення стариці під час повеней від неї залишається тільки серпоподібне озерце, яке потім перетворюється на болото (рис. 4.9).

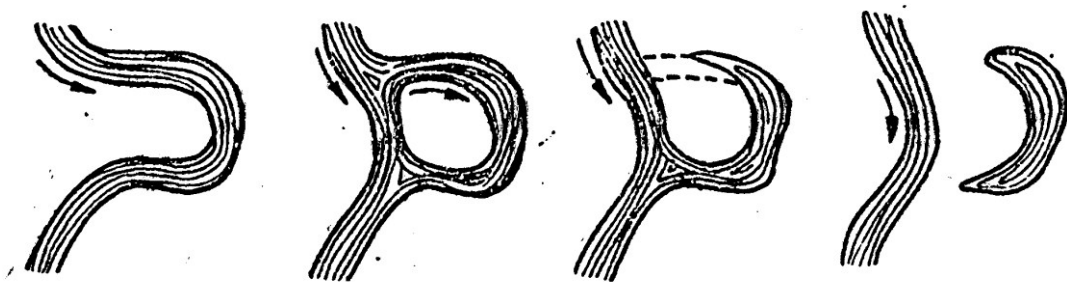


Рис. 4.9. Схема послідовного розвитку річкових меандр і перетворення їх у стариці

Долина річок при заглибленні проходить 3 стадії: 1) молодість; 2) зрілість; 3) старість.

На стадії молодості в річковій долині найінтенсивніше проявляється глибинна ерозія. Поглиблення дна припиняється насамперед у гирлі річки, тому що в напрямку від верхів'я до гирла нахил дна поступово зменшується. Відповідно зменшується швидкість течії річки і врзання вглиб. Ця стадія характерна для гірських річок. На стадії зрілості річка продовжує виробляти свій профіль рівноваги, який поступово набуває вигляду плавної кривої, пологої в нижній течії і більш крутої у верхній. Згодом, коли вона його виробить, глибинна ерозія проявляється переважно лише у верхній течії, а в нижній переважає бічна ерозія, внаслідок чого долина розширюється і заповнюється осадами. Русло починає блукати, звиватися серед власних намулів, утворюючи петлеподібні завороти – **меандри** (рис. 4.9).

На стадії старості річка ніби відмирає. Поздовжній профіль річки дуже виположується, течія сповільнюється і стає ледве помітною, русло звивається (меандрує), долина заболочується, виникають озера і стариці (рис. 4.9). Під час повеней все дно долини часто покривається водою і на ньому нагромаджуються своєрідні суглинисті відклади – заплавний алювій. Ця стадія типова для рівнинних річок.

У долинах річок поширені поперечні та поздовжні тераси.

Поперечні тераси являють собою східчасті утворення, перпендикулярні до напрямку долини. Вони утворюються в місцях виходу по долині річки більш міцних порід, ніж поширені вище або нижче за течією. Поперечні тераси обумовлюють утворення на річках водопадів і порогів, наприклад Ніагарський водопад у США, який утворився внаслідок того, що в руслі ріки знаходяться кристалічні доломіти, які важко розмиваються, а нижче них залягають менш міцні сланці, пісковики та вапняки.

Відомі пороги на Дніпрі в районі Запоріжжя утворились тому, що по долині річки виходять давні кристалічні породи, які важко розмиваються.

Поздовжні тераси відповідають давнім заплавам річки. Утворюються вони внаслідок періодичного врзання річки у дно долини, обумовленого коливальними рухами земної кори. Загальна кількість поздовжніх терас у рівнинах річок може досягати двох – дев'яти. Нумерація терас проводиться знизу вгору. Висота поздовжніх терас над руслом змінюється від

кількох метрів до кількох сотень метрів, ширина – від кількох метрів до кількох десятків кілометрів. Поздовжні тераси – дуже зручні природні будівельні майданчики, на яких будуються села, міста, заводи, залізниці, автомобільні дороги. Площі їх використовуються як сільськогосподарські угіддя. Для правильного використання територій поздовжніх терас треба знати характер алювіальних відкладів.

Поздовжні тераси за походженням бувають ерозійними, акумулятивними та змішаними (рис. 4.10).

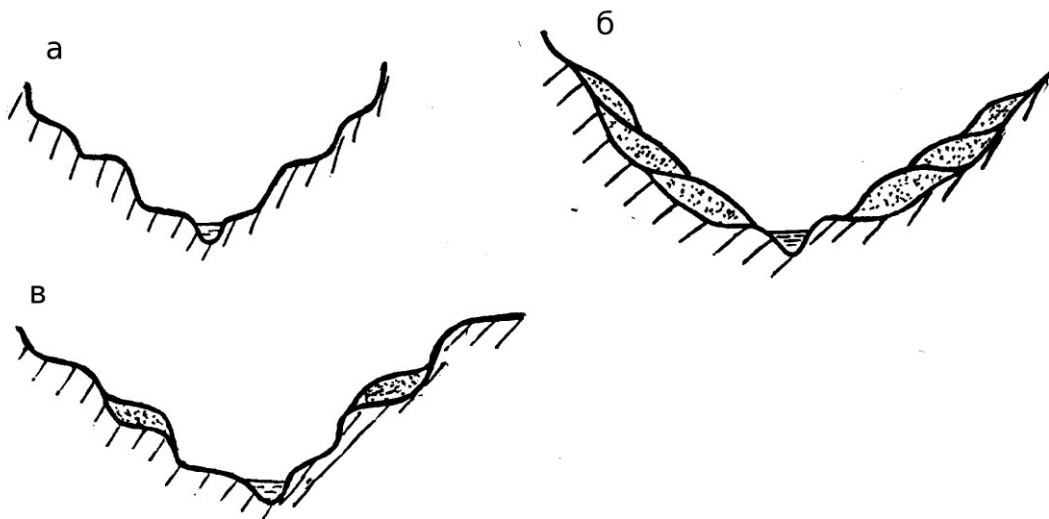


Рис. 4.10. Різновиди терас річок:
а – ерозійні; б – акумулятивні; в – змішані

Акумулятивні тераси складені алювіальними та озерними відкладами строкатого складу, що мають різні фізико-механічні властивості.

Ерозійні тераси являють собою сходинки, вироблені в корінних породах протічною водою, потужність алювіальних відкладів у даному випадку буде мінімальною.

Змішані тераси схожі за властивостями та складом з акумулятивними, виникають у тому випадку, якщо річковою ерозією під потужною товщею алювіальних відкладів розкриті корінні породи.

Руслові відклади складаються з грубих відкладів – гальки, гравію, крупного піску. Найбільша крупність характерна для руслового алювію гірських річок. Тут, у верхній частині,

зустрічаються великі валуни, у середній і нижній частині, де швидкість течії зменшується, - галька, гравій, який містить пісок. Такі суміші уламкового матеріалу називаються галечно-піщаними, гравійно-піщаними. Русловий алювій рівнинних річок складається з піску та піщано-глинистих відкладів.

Заплавні відклади утворюються під час повеней, коли заплавні тераси вкриваються водою, яка несе велику кількість зруйнованих порід: глини, суглинки, супіски і дрібнозернисті піски. Заплавні відклади містять значну кількість органічних речовин.

Старичні відклади утворюються у старицях, складених супісками та мулами, які містять багато органічних домішок.

Алювіально-делювіальні відклади, характерні для зовнішньої частини заплави, складаються з порід заплавного алювію, збагаченого уламками порід, зміщених по схилах, у вигляді щебеню і піщано-глинистого матеріалу.

У процесі розвитку річкових долин положення русла, заплави і стариць у плані змінюється, внаслідок чого руслові, заплавні і старичні відкладання розподілені в товщі алювію в розрізі і плані дуже складно. Характерною особливістю їх буває шаруватість, неоднорідність осадів за складом, дрібністю зерен, кольором, розташуванням частинок. Шаруватість буває горизонтальною, косою, хвилястою.

Характерна особливість великоуламкових і піщаних алювіальних відкладів – їх мала ущільненість. Вони бувають доброю основою для споруд, які становлять лише статичне навантаження. При дії динамічного навантаження їх ущільнення може бути значним. Тому, проектуючи споруди з динамічним навантаженням, слід точно визначати природну щільність пісків в умовах залягання.

Будівельні властивості глин, супісків і суглинків відрізняються складністю залежно від гранулометричного та мінерального складу, щільності, вологості, консистенції та інших факторів. Тому об'єктивна оцінка глинистого алювію може бути дана з урахуванням його фізико-механічних властивостей.

Для будівель і споруд, які знаходяться в річних долинах, підмив берегів ріки в ряді випадків викликає значну небезпеку, тому що призводить до обрушення берегів, появи обвалів, зсувів та інших небезпечних геологічних явищ.

Боротьбу з ерозією проводять такими засобами:

- 1) спорудження штучних берегів (набережних);
- 2) укладання залізобетонних плит вздовж берегів;
- 3) спорудження шпунтових огорож;
- 4) вільний накид бутового каміння та залізобетонних тетраедрів;
- 5) спорудження підпірних стін;
- 6) спорудження дамб і перемичок.

4.4. Геологічна діяльність льодовиків

Льодовики – це маси природного наземного льоду, які мають здатність рухатись. На сьогодні вони покривають 16 млн км² (або 11 %) поверхні суходолу. Розподілені льодовики на Землі нерівномірно: 85,16 % їхньої загальної площі припадає на Антарктиду, понад 11 % – на Гренландію і лише 3,4 % – на всі інші області Землі (гірські райони). Якби всю масу льоду сучасних льодовиків розподілити рівномірно по поверхні планети, то потужність такої оболонки становила б приблизно 50 м. Льодові покриви Антарктиди та Гренландії відіграють важливу роль у формуванні клімату планети, суттєво впливають на гідрологічний режим Світового океану. З льодовиками пов'язані також катастрофічні явища, які треба прогнозувати в господарській діяльності. Нарешті, у льодовиках у законсервованому вигляді міститься дуже велика маса прісної води (понад 27 млн км³). Отже дослідження льодовиків – проблема дуже важлива й актуальна. Будову льодовиків і явища, пов'язані з їхньою роботою, вивчає наука **гляціологія**.

Утворення льоду зі снігу здійснюється поступово, проходячи декілька стадій. Сніг, який випадає, нагромаджується протягом сотень і тисяч років на плоских чи ввігнутих поверхнях рельєфу. Під впливом сонячних променів він обтоплюється і стає зернистим. Нижні шари цього снігу під тиском верхньої товщі або внаслідок насичення водою поступово ущільнюються, а зерна снігу зливаються в одну суцільну масу. Такий зернистий лід називають **фірном**.

Густина снігу коливається від 0,05 до 0,45 г/см³, густина фірну – 0,40...0,83 г/см³. У разі густини 0,83 г/см³ фірн перетворюється на **глетчерний лід**, у якому між окремими зернами вже нема проміжків, заповнених повітрям; останнє лишається тільки у вигляді замкнених бульбашок. З 11 м³ снігу утворюється близько 1 м³ глетчерного льоду. Кубічний метр свіжого снігу важить 85 кг, фірну – близько 600 кг, глетчерного льоду – 900 кг.

Рух льодовиків пов'язаний із пластичністю льоду. Збільшення потужності льодовика призводить до зростання тиску в його нижніх шарах, що у свою чергу підвищує пластичність льоду і знижує температуру танення. Отже в нижніх шарах льодовика танення льоду відбувається при температурах, набагато нижчих, ніж 0 °С. Утворена вода є ніби "мастилом" для ковзання крижаної товщі. З цих причин активно рухаються нижні частини льодовика, верхні ж пересуваються разом із ними пасивно. Швидкість руху льодовика пропорційна його потужності і куту нахилу місцевості, де він розташований. Тобто чим потужніший льодовик, тим швидше відбувається його розтікання в разі значних потужностей – навіть незалежно від характеру рельєфу. На крутіших схилах льодовик може рухатися, маючи меншу потужність. Швидкість руху льодовиків змінюється також у часі – влітку швидкості руху набагато вищі, ніж взимку, вдень вищі, ніж вночі. Пов'язано це явище з інтенсивністю танення льоду в придонній частині льодовика.

У льодовиків виділяють *зону живлення*, тобто ту територію, де сніг перетворюється на фірн, а потім – на глетчерний лід, і *зону стоку*, тобто територію, по якій рухається льодовик. За співвідношенням цих зон розрізняють три морфологічних типи льодовиків: гірські, покривні і проміжні.

Гірські льодовики охоплюють лише 0,5 % площі, вкритої сучасним зледенінням. Вони розвинені в районах з молодими горами – Альпах, Андах, Гімалаях, на Кавказі. Гірські льодовики розташовані у глибоких долинах, між крутими схилами і повільно пересуваються у вигляді льодових потоків. У них чітко виражені зони живлення і стоку.

Такі льодовики живлять гірські ріки. Танення льоду влітку забезпечує ці річки достатньою кількістю води в умовах сухого клімату (річки Середньої Азії).

Покривні (материкові) льодовики розташовані в полярних і приполярних районах і характеризуються відсутністю чіткого поділу на зони живлення і стоку. У таких льодовиків спостерігають *радіальний характер руху льодових мас* – від центральних районів до окраїн.

Типовими покривними льодовиками є льодовики Антарктиди і Гренландії. Їх називають ще *льодовиковими щитами*. Так, гренландський льодовик має площу близько 2 млн км², досягаючи максимальної потужності у 3,3 км при середній 1,5 км. Гренландський льодовик розтікається у всі боки від центральної частини зі швидкістю 1...7 км/р., переважно він закінчується на суходолі, однак окремими язиками спускається також до моря.

Льодовий щит Антарктиди охоплює площу близько 13,9 млн км², максимальна потужність його досягає 4 км, середня – близько 2 км. В Антарктиді льодовики покривають і шельфову частину океану. Від шельфових і вивідних льодовиків часто відламуються великі брили – *айсберги*, які розносяться океанічними течіями на значні відстані і є небезпечними для судноплавства.

Покривні льодовики відомі також на островах Канадського архіпелагу, в Ісландії, на Шпіцбергені, Землі Франца Йосифа, Новій Землі.

Льодовики проміжного (скандинавського) типу характерні для плосковершинних гір Скандинавського півострова. Це невеликі за розмірами (до 10 тис. км²) льодові покриви, які мають ознаки покривних і гірських льодовиків. Відомі також на островах Канадського архіпелагу, на Алясці, Шпіцбергені, Північному Уралі.

Льодовики виконують значну роботу щодо руйнування гірських порід, транспортування уламкового матеріалу та його накопичення.

Руйнівний вплив льодовиків на породи називають *екзарацією*.

При своєму русі льодовик виконує велику руйнівну роботу. Він виорює продукти вивітрювання гірських порід, руйнує скелі, дробить і стискає підстильні гірські породи і переносить їх до нижньої межі свого поширення. Найбільша кількість уламкового матеріалу потрапляє до льодовика під час його формування і руху.

Під час свого руху льодовики переносять різноманітний уламковий матеріал – від піску до великих валунів (брил). Весь цей матеріал, що транспортується льодовиком і відкладається, утворює *морени*. Розрізняють такі типи морен: донні, берегові, кінцеві (рис. 4.11).

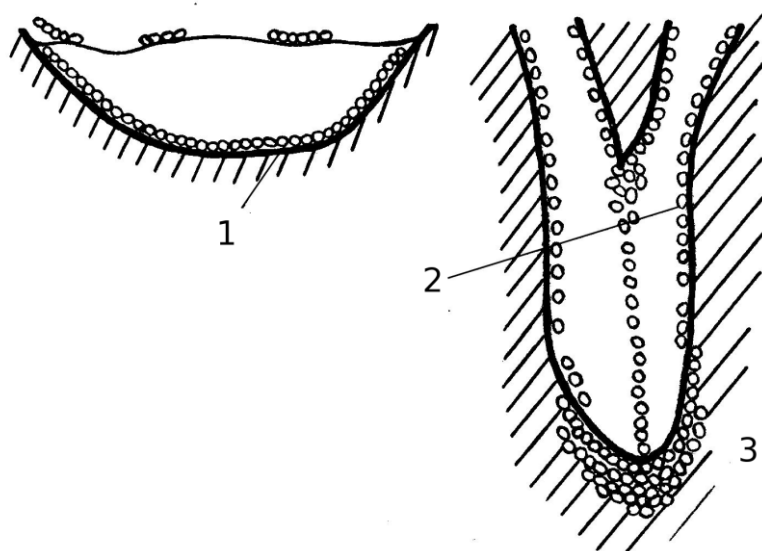


Рис. 4.11. Схема розташування морен:
1 – донні; 2 – берегові; 3 – кінцеві

Донні морени утворюються з уламків порід, які виникають при руйнуванні ложа льодовика і переміщення під час його руху.

Берегові морени існують у вигляді валів, що простягнулися по схилах льодовикових долин.

Кінцеві морени розташовані у вигляді дугоподібних пасом нижнього кінця льодовика.

Особливістю морен є їх неоднорідність, безладні скупчення глини, піску, гальки та валунів найрізноманітніших розмірів, без ознак відсортованості за розміром.

Значна щільність моренних відкладів зумовлює їх підвищену міцність. Більшість моренних відкладів вважається надійною основою для відповідальних і важких споруд. Але присутність водонасичених піщаних прошарків і лінз слабких глин і суглинків створюють труднощі під час розробок котлованів і виїмок.

Переміщуючись нижче снігової межі, льодовик починає поступово танути, перетворюючись у річки і струмки. Робота талих вод найміцніше пов'язана з діяльністю льодовика, внаслідок чого матеріал морен перемивається і відкладається нижче від його краю. Ці відклади називають *річково-льодовиковими*. Особливість їх полягає в тому, що з віддаленням від краю льодовика вони переходять у горизонтальному напрямі у більш відсортований і дрібніший матеріал. Біля краю льодовика ці відклади складаються з валунів і гальки, а потім поступово переходять у гравій і пісок. А на відстані кількох кілометрів від краю льодовика вони вже складаються з суглинків і глин.

Уламковий матеріал, який переносить льодовик під час танення, утворює *моренні покриви* – своєрідні форми рельєфу. До них належать друмлини, ози, ками, зандрові поля.

Друмліни – продовгуваті овальні горби довжиною від кількох сотень метрів до 10-15 км, шириною 100-200 м і висотою 5-30 м. Області поширення друмлінів – Естонія, Латвія, Швеція, Канада.

Ози – довгі вузькі пасма або вали, подібні до дорожніх насипів, витягнуті за напрямком руху льодовика та складені шарами піску, гравію, гальки. Їх довжина досягає десятків кілометрів, ширина 50-150 м, висота 15-50 м. Типові озіві пасма є в Житомирській області, країнах Балтії.

Ками – хаотично розташовані конусоподібні горби, часто з плоскими вершинами і крутими схилами, складені пісками, супісками, глинами, з домішками гравію та гальки. Ками поширені в тих самих районах, що й ози.

Зандрові поля (зандри) – горбкуваті рівнини з озерами талих вод, розташовані за кінцевою мореною. Прикладами зандрових полів є піщані рівнини українського та білоруського Полісся. Вони утворилися під час наступу льодовиків на територію цих регіонів. За дослідженнями, вони наступали з двох центрів.

Першим була територія Скандинавії, Фінляндії та Кольського півострова, другим – територія Нової Землі, Полярного та Північного Уралу. Спеціалісти вважають, що наступ скандинавських льодовиків був трикратним. Його Південний край доходив до Дону і Дніпра (Київ, Полтава). Свідченням цього є моренні відклади в цих регіонах.

4.5. Геологічна діяльність морів і океанів

Моря та океани займають близько 71 % поверхні Землі або 361 млн км². Довжина берегової лінії материків і островів досягає 26 тис. км. У морях та океанах зосереджено 1,4 млрд км³ води. Вона в морях і океанах перебуває в постійному русі: це морський прибій, хвилі відкритого моря, припливи та відпливи, морські течії. Рух води в морях і океанах обумовлений енергією, яка надходить до Землі з космосу, головним чином від Сонця. Хвилі викликає вітер, морські течії зобов'язані своїм походженням клімату, а припливи та відпливи – силам тяжіння Луни і Сонця.

Висота морських хвиль становить 10-15 м, а іноді досягає 40 м. Сила ударів морських хвиль на породи, які складають береги, – 300-380 кН/м² (30-38 т/м²). Руйнівна робота хвиль посилюється також ударами уламків гірських порід. Ці уламки підлягають у подальшому подрібненню хвилями, які постійно переміщують уламки по морському дну то в один, то в інший бік. Внаслідок тертя один об одного уламки набувають гладкої поверхні. Розмір зерен гравію та гальки весь час зменшується, а дрібні мулуваті частинки відносяться далеко в море припливами і відпливами, а також морськими течіями (рис. 4.12). Море (океан) виконує такі функції: руйнування гірських порід, їх транспортування та накопичення. Процес руйнування морського берега хвилями називається **абразією**. Її інтенсивність залежить від сили удару, міцності порід, що складають берег, конфігурації берега (опуклі, звернуті до моря ділянки берега, за інших умов руйнуються більш інтенсивно, ніж увігнуті бухтоподібні), особливостей залягання пластів (рис. 4.13). Якщо вони залягають горизонтально, їх руйнування відбувається повільніше, ніж при нахилі пластів у бік моря.



Рис. 4.12. Розподіл осадів на глибині моря при віддаленості від берега: 1 – галька; 2 – гравій і грубозернистий пісок; 3 – пісок; 4 – дрібний пісок; 5 – глина

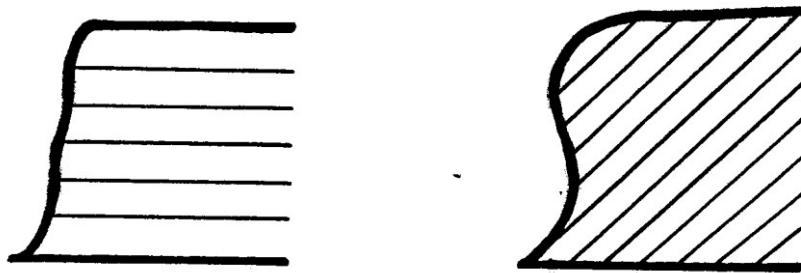


Рис. 4.13. Залежність руйнування берега від особливостей залягання пластів

Швидкість руйнування морського берега може досягати 30 м/р. і більше.

Абразійне руйнування крутого берегового обриву проходить у кілька етапів (рис. 4.14).

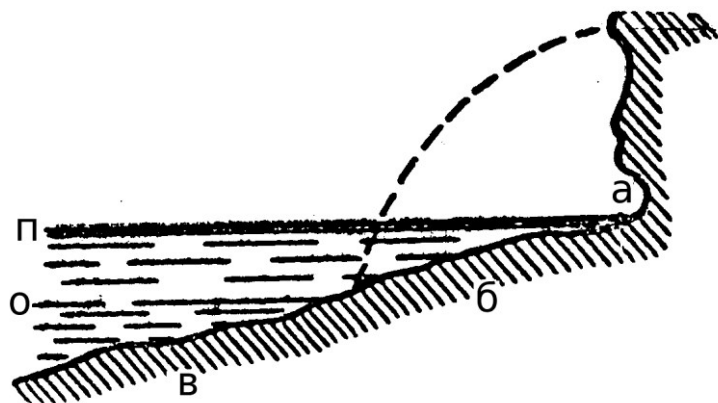


Рис. 4.14. Розмив крутого берега:
а – прибійна ніша; б – абразійна тераса на рівні припливу; в – тераса на рівні відпливу

Спочатку в нижній частині утворюється виїмка – прибійна ніша і берег таким чином відступає, залишаючи біля свого підніжжя абразійну терасу. Потім знову утворюється ніша, відбувається обрушення нового карниза і розширення тераси, надводна частина якої вкрита продуктами абразійного руйнування і називається пляжем. Цей процес продовжується доти, доки не утвориться профіль рівноваги: з розширенням абразійної тераси хвилі частину своєї енергії гасять на підступах до кліфу.

Абразія призводить до руйнування морських берегів.

Для укріплення берегів у боротьбі з абразією існує ряд заходів. Вони поділяються на пасивні та активні.

Пасивні заходи боротьби з абразією:

1. Збереження головного захисного елемента – пляжу.
2. Заборона розробки у прибережній зоні гальки та піску для будівельних і господарських потреб.

Активні заходи боротьби з абразією:

1. Спорудження хвилевідбійних стінок вертикального типу.
2. Спорудження бунів.
3. Спорудження хвилеломів.
4. Встановлення тетраподів.

Хвилевідбійні стінки споруджують вздовж берега у пляжній зоні з монолітного залізобетону, а зовнішню поверхню облицьовують камінням зі скальних порід для зменшення стирання бетону.

Буни – це залізобетонні або металеві стіни, які встановлюють під кутом або перпендикулярно до берега. Вони затримують наноси, які хвилі переміщують вздовж берега. Хвилі, зустрічаючи на своєму шляху перешкоди, втрачають швидкість, і пісок, гравій, галька відкладаються між бунами (рис. 4.15).

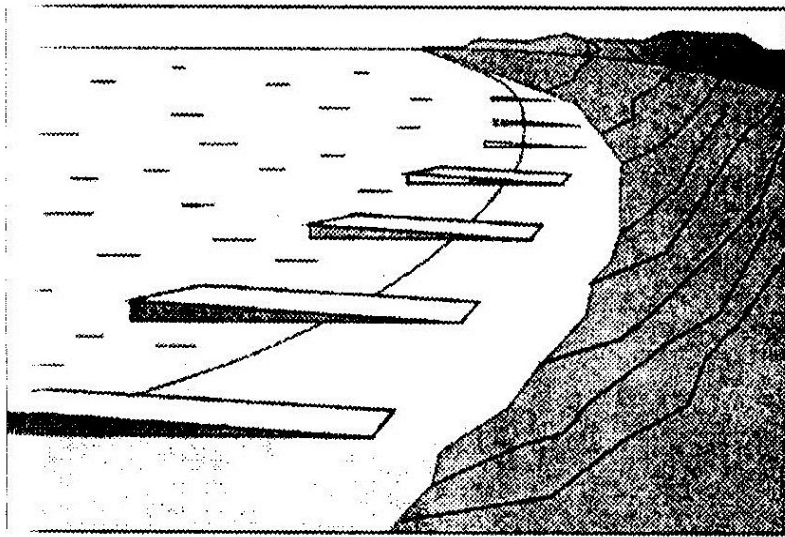


Рис. 4.15. Укріплення берега бунами

Хвилелом будують паралельно береговій смужі на відстані 30-40 м від берега, на глибині 3-4 м. Верхівку хвилелому встановлюють на глибині 0,3-0,5 м від низького рівня моря. Похила грань хвилелому звернута в бік моря. Його споруджують з монолітного бетону або залізобетонних коробів, заповнених бетоном (рис. 4.16).

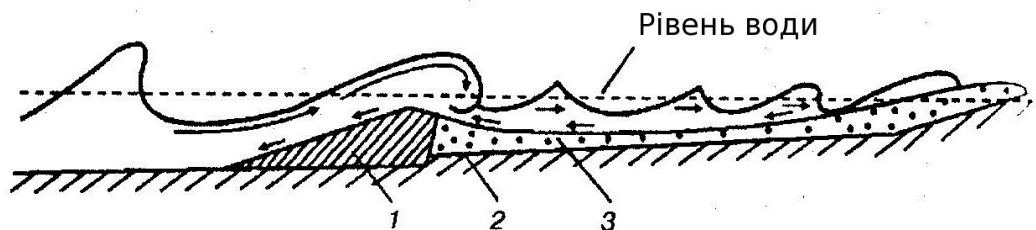


Рис. 4.16. Принципова схема роботи донного хвилелому (за В.С. Гамаженком): 1 – хвилелом; 2 – дно до побудови хвилелому; 3 – наноси, що скупчуються за хвилеломом

Тетраподи – залізобетонні фігури з чотирма відгалуженнями у вигляді зрізаних конусів, які симетрично розташовані у просторі. Така форма тетраподів добре утримує їх на одному місці, особливо на крутих схилах.

Будівельна робота моря полягає в утворенні нових геологічних відкладів із уламкових гірських порід, хімічних та органічних осадів (рис. 4.17).

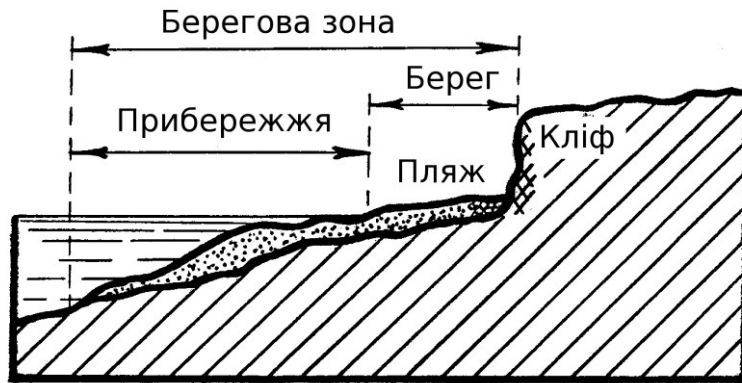


Рис. 4.17. Схема будови абразійного морського берега

Великі уламки гірських порід відкладаються всюди, де зменшується рух води. Вздовж морського узбережжя знаходяться прибережні відклади, утворені галькою, гравієм і піском. З цих відкладів утворюються берегові вали, пляжі, коси, рифи, пересипи.

Розрізняють такі види морських відкладів: шельф, відклади материкового схилу, глибоководні відклади (рис. 4.18).

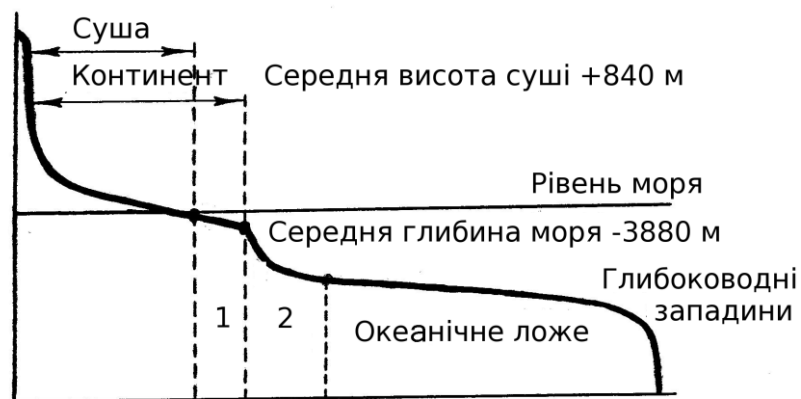


Рис. 4.18. Гіпсографічна крива Землі:

1 – континентальний шельф; 2 – континентальний схил

Велика кількість дрібних частинок, які утворилися від руйнування берега або принесені з водою ріки, відкладаються на дні моря (табл. 4.2).

Типи морських відкладів

Зони відкладів	Глибина зони, м	Види відкладів
Суша	0-20	Галька, гравій, піски, пісковики
Континентальний шельф	20-200	Піски, глини, вапняки, корали, доломіти, конкреції (руди)
Континентальний схил	200-2500	Чорні та сині мули
Глибоководні западини	>2500	Червоні глибоководні глини, залізо-марганцеві конкреції

Відклади шельфу утворюються у прибережній смузі моря шириною 60-80 км і глибиною 20-200 м, де відбуваються значні морські хвилювання. Ці відклади характеризуються різноманітністю складу і шаруватістю (піски, черепашки, органічні та мінеральні мули).

Відкладання материкового схилу утворюються на глибині від 200 до 2500 м. У цій зоні майже нема пісків. У глибоких частинах розвинені однорідні тонкошаруваті мули синюватого, блакитнуватого і червонуватого кольору. У результаті ущільнення цих мулів утворюються товщі жирних морських глин. У їх складі значне місце займають продукти розкладу морських організмів. Постійними супутниками цих відкладів є сірчисті та залізисті сполуки, що надають їм різного забарвлення, і вуглекислі солі, кількість яких досягає 50 %. У підвищених ділянках цієї зони зустрічається вапняний мул, що складається з уламків кристалів і вапняних водоростей, з яких утворюються вапняки.

У найглибших частинах океанічного дна осади переважно органогенні. Це осади скелетних утворень мікроскопічних рослин і тварин, з яких утворюються різноманітні мули. Після їх ущільнення і перетворення вони стають вапняком, крейдою, діатомітом, трепелом, червоною глибоководною глиною.

Типи морських відкладів подані в табл. 4.2.

Відкладання водорозчинних солей частіше відбувається в лагунах, тобто в частинах моря, відгороджених від нього піщаними косами. Концентрація солей у воді лагун внаслідок випаровування збільшується і з часом досягає межі розчинності.

Частина солей при цьому переходить в осади, які відкладаються на дні. Під час припливів або хвилювань у морі до лагуни потрапляють нові порції морської води, які знову випаровуються, концентруються і відкладаються у вигляді солей. Прикладом такого процесу може служити затока Кара-Богаз-Гол у Каспійському морі. По берегах і на дні затоки відкладались глауберова і поварена солі, гіпс, вапняк, доломіт.

У 1980 р. ця лагуна була відгороджена від моря греблею для того, щоб зменшити випаровування води з Каспійського моря, рівень якого тоді катастрофічно падав. У результаті лагуна почала перетворюватися в берегове озеро, у якому майже зовсім припинились осади солей.

Накопичення солей може припинитися не тільки тоді, коли лагуна перетворюється в берегове озеро, а ще й у тому випадку, коли відбувається її опріснення за рахунок надходження в лагуну великої кількості прісної води, наприклад впадання великої річки. У таких умовах накопичуються мулисті або дрібнопіскуваті осади, часто з домішками карбонатного матеріалу.

При будівництві на морських відкладах необхідно враховувати умови їх залягання, стан і властивості.

Піски, гравій (давні та сучасні) можна використовувати як основу для споруд. В укосах виїмок і насипів вони стійкі, якщо кут закладання виїмок не перевищує кута природного укусу пісків і якщо у бортах виїмок не відбувається суфозія.

Глинисті морські відклади до четвертинного періоду знаходяться у твердому стані і служать надійними основами для споруд. На природних схилах і в укосах виїмок вони нестійкі внаслідок тріщинуватості глинистих порід.

Вапняки і доломіти мають значну міцність. Але вони схильні до карстування і тому треба проводити профілактичні заходи або переносити будівельні майданчики в інші місця.

З геологічною діяльністю моря пов'язано багато корисних копалин. Це будівельні матеріали: вапняки, глини, піски, пісковики, гравій, галька, конгломерати та ін. На шельфі видобувають фосфорити. В останні роки шельф служить для видобування нафти і газу. Безпосереднього зв'язку родовищ нафти з геологічною діяльністю моря наука не встановила, але родовища нафти на шельфі розвідують дуже часто. На більш

глибоких ділянках дна океану у великих кількостях знаходяться залізо-марганцеві конкреції, які будуть служити основними ресурсами близького майбутнього. По берегах морів утворюються розсипища, з яких видобувають золото, алмази та інші мінерали. У вчених зростає інтерес до складу води та елементів, які в ній розчинені. У воді є золото, платина та інші цінні елементи. Незважаючи на невеликий вміст цих елементів у воді, запаси їх у морі величезні, оскільки води в морях дуже багато. У морській воді міститься також багато солей.

4.6. Геологічна діяльність озер

Озеро – замкнене заглиблення на поверхні землі, яке заповнене водою і не має сполучення з морем.

Озера охоплюють площу близько 2,7 млн км² або 1,8 % земної поверхні.

Найбільші озера світу площею сотні тисяч квадратних кілометрів, подібні за соляним складом і режимом до внутрішніх морів, вважають морями (Каспійське, Аральське).

За походженням розрізняють такі види озер:

1. Тектонічні – западини, які утворились внаслідок утворення складок або скидів.

2. Ерозійні, утворені в дельтах, заплавах річок внаслідок льодовикового виорювання.

3. Карстові – заглиблення, які утворились внаслідок розчинення водою гірських порід.

4. Гребельні – утворились природними обвалами, кінцевими моренами. До цієї групи належать льодовикові та вулканічні озера.

За кількістю солей розрізняють озера:

1) прісні, у яких 1 л води містить менше 1 г солі;

2) солоні, у деяких випадках кількість розчинених солей перевищує такий показник океанів. Наприклад, 1 л води в озері Баскунчак містить 284,2 г солей.

Геологічна діяльність озер подібна до геологічної роботи морів, але набагато менша за масштабами.

Озера виконують три види діяльності: руйнування берегів (абразія), транспортування уламкового матеріалу, формування озерних відкладів.

Переробка берегів, яка супроводжується їх відступом, може досягати 40-70 м/р.

Озерна абразія (переробка берега) пов'язана з рухом води, спричиненим вітром: чим більше за розміром озеро, тим вищі хвилі та інтенсивніші процеси руйнування берега. У великих озерах (Каспійське, Аральське, Байкал, Онезьке) висота хвиль може досягати 2-3 м.

Процеси абразії добре ілюструються на прикладі штучностворених озер (водосховищ) на Дону, Волзі, Дніпрі. Так, піщані береги Рибінського водосховища за 12 років його експлуатації (у початковий період) було розмито на 40-55 м. Аналогічні явища спостерігались і на Цимлянському водосховищі, де за 5 років береги було зрізано хвилями в середньому на 50 м, а в окремих місцях – на 100-120 м. У невеликих озерах зі стабільним рівнем процеси абразії мінімальні. Крім того, вони стримуються рослинністю, що покриває береги озер.

Накопичувальна робота озер полягає у відкладанні в них уламкових, глинистих, хімічних і біохімічних осадів. Пухкі відклади озер містять частинки розміром від 0,005 мм (глини) до 200 мм (валуни).

Біля берегів відкладається озерний алювій – це гравій, галька, пісок; пілуваті та глинисті відклади утворюються в середній частині та на дні. Іноді на дні озер зустрічаються стрічкові глини – неоднорідне утворення з тонких шарів, які чергуються: піщані – літні відклади, глинисті – зимові відклади. В озерах також можуть утворюватись сапропель, діатоміти, трепели та інші гірські породи. У малих озерах іноді утворюється *торф*.

Сапропель (сапропелевий мул) – драглеподібна маса оливково-бурого кольору, жирна на дотик, містить 50-70 % органічної речовини.

Потужність сапропелів на дні озер вимірюється найчастіше метрами, лише зрідка досягаючи 30...40 м. Сучасні сапропелеві відклади поширені в озерах областей недавнього зледеніння, зокрема в Ленінградській області, Підмосков'ї, Білорусі, країнах

Балтії, в українському Поліссі. Сапропелі є цінними корисними копалинами: їх можна використовувати як лікувальні грязі (Сакське озеро в Криму), як добавку до кормів для відгодівлі худоби, для підживлювання рекультивованих кислих ґрунтів відпрацьованих торфовищ; через суху перегонку з них видобувають газ, бензин, вазелін, парафін тощо. Процеси подальшого ущільнення перетворюють сапропель на різновид вугілля – *сапроеліт*. Його знайдено у Львівсько-Волинському басейні.

Торф – органогенна гірська порода, складена з залишків рослинних організмів, напіврозкладених в умовах обмеженого доступу кисню. Вміст мінеральної частини в торфі коливається від 0,5 до 50 %.

Захисні засоби для озер подібні до морських.

4.7. Геологічна діяльність боліт

Болота – перезволожені ділянки земної поверхні, де розвивається болотяна рослинність і утворюється торф шаром більше 30 см. Загальна площа боліт на планеті становить 1,75 млн. км².

Розрізняють такі види боліт (рис. 4.19):

1. Низинні, що утворюються по долинах річок, на берегах озер; їх живлення здійснюється ґрунтовими, річковими, озерними, дощовими і талими водами.

2. Верхові, що живляться атмосферними опадами, утворюються в умовах помірно прохолодного клімату, де опадів більше, ніж випаровувань води. Розташовані на вододілах, річкових терасах, пологих схилах.

3. Перехідні (приморські), що за своїми властивостями займають середнє місце між низинними та верховими, частіше утворюються на схилах, морському узбережжі з вологим кліматом.

Різновидом низинних боліт є *плавні* – заболочені ділянки, порослі вологолюбною трав'яною рослинністю (очерет, тростина тощо), які формуються на заплавах і в дельтах великих річок – Дніпра, Дону, Дунаю, Кубані.

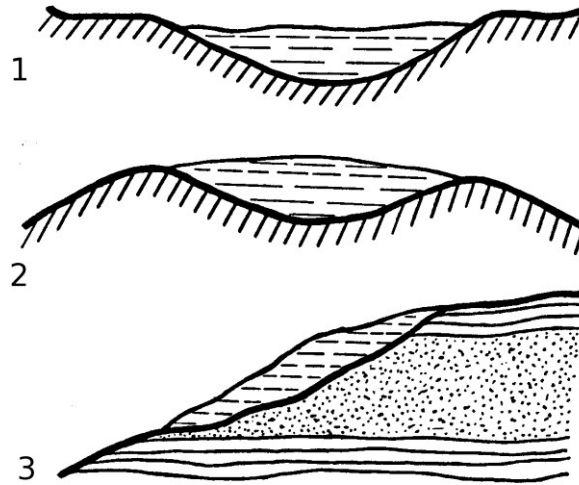


Рис. 4.19. Типи боліт:
1 – низинні; 2 – верхові; 3 – перехідні

Болота займають значні території на північному заході України.

Геологічна діяльність боліт зводиться переважно до утворення торфу.

Заболочування водоймища починається з того, що на берегах озера або річки, яка повільно тече, розростається болотяна рослинність. Відмираючи, вона падає на дно водоймища, де через нестачу кисню залишки, які відкладаються, не гниють, а накопичуються з року в рік, утворюючи поклади торфу. З його накопиченням відкрита водна поверхня звужується, водоймище міліє, повністю заторфовується і виникає болото, у якому під торфом знаходиться озерний мул – сапропель.

На поверхні води біля берегів утворюється плавучий килим з густопереплетених рослин, який називають *сплавиною*. На її поверхні росте болотяна рослинність, при цьому сплавина стовщується і займає все більшу поверхню водоймища (рис. 4.20). У результаті заростання водоймищ і заболочування місцевості утворюються осадові органічні гірські породи – торф і сапропель. Вони мають несприятливі фізико-механічні та будівельні властивості. Торф має велику вологостійкість, сильне стискання, а при великому розкладанні і зволоженості під тиском розпливається. Сапропель теж розпливається під навантаженням. Тому ці породи неприйнятні як основа для доріг та інших інженерних споруд.

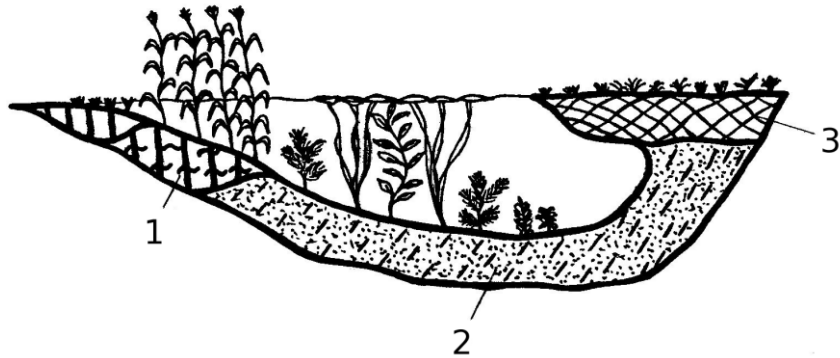


Рис. 4.20. Заростання озера:
1 – торф; 2 – сапропель; 3 – сплавина

Деяке поліпшення властивостей ґрунтів у заболоченій місцевості можливе за рахунок меліорації та дренажу.

Геологічна роль боліт не обмежується утворенням торфу і сапропелю. Болота слугують гігантськими фільтрами для очищення забруднених промисловими відходами атмосферних вод, торф чудово адсорбує такі забруднювачі води, як нафта, гербіциди, пестициди, важкі метали. Крім того, сфагновий торф який утворюється з моху сфагнуму, має унікальну здатність знищувати хвороботворні мікроби у воді.

Контрольні питання до розділу 4

1. Що таке вивітрювання?
2. Які існують види вивітрювання?
3. Що таке кора вивітрювання?
4. Які зони виділяють у корі вивітрювання?
5. Що таке ґрунти?
6. Призначення ґрунтів.
7. На які класи поділяють ґрунти за своїми ознаками?
8. Що називають елювієм?
9. Що називають ерозією?
10. Які розрізняють види ерозії?
11. Що називають делювієм?
12. Що таке яри?
13. Що таке базис ерозії для ярів?
14. Як називають відклади ярів?

15. Які існують засоби боротьби з ярами?
16. Як утворюються селеві потоки?
17. Що таке пролювій?
18. Які форми рельєфу утворюють селі?
19. Які існують засоби боротьби з селями?
20. Що являють собою річки?
21. Які способи живлення річок існують?
22. Що таке водозабірний басейн річки та вододіл?
23. Які типи річкових долин розрізняють?
24. Якими є характерні ознаки гірських і рівнинних річок?
25. Які види діяльності виконує річка?
26. Якими шляхами транспортує річка зруйновані гірські породи?
27. Що таке алювій?
28. Що таке базис ерозії річки?
29. Які елементи виділяють у річкових долинах?
30. Які види долин розрізняють у річок?
31. Які види відкладів визначають у річок?
32. Як характеризують будівельні властивості алювіальних відкладів?
33. Які існують засоби боротьби з ерозією річок?
34. Що називають фірном і глетчерним льодом?
35. Що називають мореною?
36. Які існують види морен?
37. Які форми рельєфу утворюють льодовики?
38. Що таке абразія?
39. Які види морських відкладів розрізняють?
40. Які існують засоби боротьби з абразією?
41. Що таке озеро?
42. Як розрізняють озера за походженням?
43. Що таке болото?
44. Як розрізняють болота за походженням?
45. Як утворюються торф і сапрпель?
46. Що таке вітер?
47. Що таке дефляція?
48. Що таке коразія?
49. Де і як утворюються дюни та бархани?
50. Які існують засоби захисту від сипких пісків?

5. ОСНОВИ ГІДРОГЕОЛОГІЇ

5.1. Походження і класифікація підземних вод

Наука, яка вивчає підземні води, називається *гідрогеологією*. Основні завдання, які вивчає гідрогеологія:

- 1) умови залягання і походження;
- 2) закони руху;
- 3) фізичні властивості та хімічний склад;
- 4) взаємозв'язок атмосферних і підземних вод;
- 5) заходи щодо водовідведення підземних вод при будівництві.

5.1.1. Види і стани води в гірських породах

Види води в гірських породах класифікують за різними ознаками.

1. За *агрегатним станом* вода може знаходитись в одному з трьох видів:

- а) твердому;
- б) рідкому;
- в) газоподібному.

2. За *походженням* розрізняють підземні води:

а) *інфільтраційні*, що виникають внаслідок просочення (інфільтрації) атмосферних опадів і поверхневих вод, річок та озер у товщі гірських порід. Це головний шлях живлення підземних вод;

б) *конденсаційні*, утворені в порожнинах гірських порід у результаті конденсації пароподібної вологи. Частіше спостерігаються в пустелях і напівпустелях;

в) *седиментаційні*, захоронені в порах осадових порід у разі седиментації (накопичення) осадів на дні водоймищ;

г) *ювенільні*, що виникають з кисню і водню, що виділяються з магми під час її кристалізації. Вони утворюються при вулканічних процесах.

3. За *видами зв'язку з мінеральними частинками* води класифікують так (рис. 5.1):

а) *водяна пара* заповнює разом з повітрям не зайняті водою пори в гірських породах. Пароподібна вода має велику рухомість і пересувається з місць з більшою пружністю пари в місця з меншою її пружністю. Вона проникає в гірські породи, але може утворюватися в них за рахунок випаровування вологи;

б) *гігроскопічна вода* утворюється на частинках породи в результаті згущення (конденсації) водяної пари, що проникає з повітря. Ця вода міцно утримується на поверхні частинок молекулярними силами, її можна усунути з породи тільки випаровуванням.

Гігроскопічна вода не рухається як рідина, а переміщується з одних шарів в інші тільки у вигляді водяної пари. Вміст гігроскопічної води в породі не сталий і залежить від вологості повітря. Гірські породи містять різну кількість гігроскопічної води. Грубоуламкові породи містять її менше, ніж дрібнозернисті;

в) *плівкова вода* обволікає частинки породи у вигляді плівки, яка товстіша, ніж гігроскопічна вода. Плівкова вода теж утримується на частинках породи силами молекулярного притягання між частинками породи і молекулами води, причому молекулярні сили найміцніше зв'язують дуже тонкий шар води, який безпосередньо прилягає до частинки. З збільшенням товщини плівки ці сили швидко зменшуються і вплив їх на поверхню товстої водної плівки незначний.

Плівкова вода здатна дуже повільно переміщатися під впливом молекулярних сил від частинок з товстими плівками до часток з тоншими. Отже, плівкова вода може переміщатися від вологіших шарів породи до шарів менш вологих. Плівкова вода не підлягає силі ваги, оскільки сили молекулярного притягання, що удержують плівкову воду в частинках породи, значно більші за силу ваги. Плівкова вода не передає гідростатичного тиску, бо вона не заповнює цілком всіх пор породи.

Плівкова вода переходить у пароподібну вже при звичайній температурі, тобто повітряно суха порода не містить плівкової води.

Плівкова вода міститься в більшій кількості в дрібнозернистих породах і в меншій – у грубозернистих.

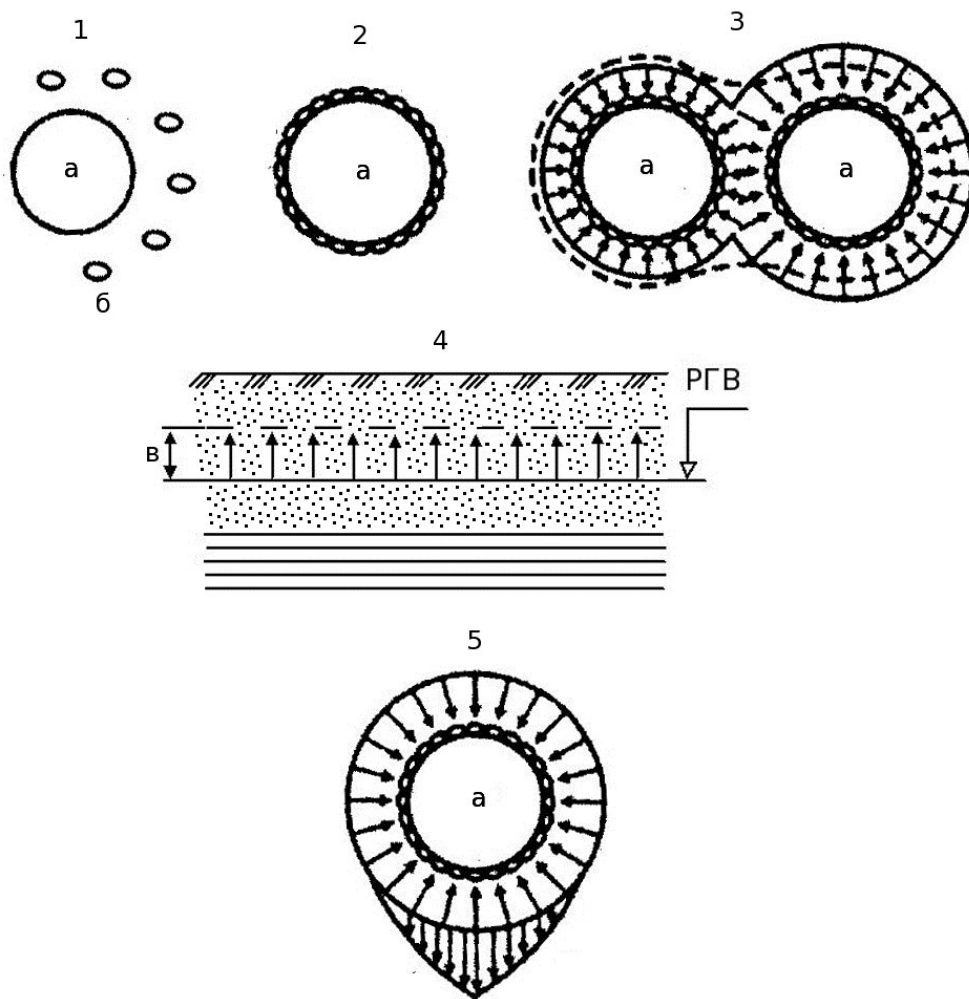


Рис. 5.1. Схеми різних станів води:

- 1 – пароподібна; 2 – гігроскопічна; 3 – плівкова; 4 – капілярна;
 5 – вільна (гравітаційна); а – частинка гірської породи;
 б – молекула води; в – зона капілярного підняття води

Гравітаційна вода поділяється на *капілярну* та *вільну*;

г) *капілярна вода* заповнює капілярні пори і утримується в них силами поверхневого натягу. Капілярні сили до певної міри перевищують сили ваги, тому капілярна вода може підійматися над рівнем вільної поверхні підземних вод на ту чи іншу висоту, утворюючи так звану капілярну зону;

д) *вільна вода*, на відміну від капілярної, заповнює всі пори породи. Переміщується виключно під впливом сили ваги і часто утворює підземні потоки;

е) *вода у твердому* стані зустрічається в гірських породах, що мають від'ємну температуру. Гірські породи в мерзлому стані утворюють сезонну та багаторічну мерзлоту;

ж) кристалізаційна та хімічно зв'язана вода. Такі води входять до складу кристалічних ґрат різних мінералів.

4. За ознакою температури розрізняють води:

- а) холодні, з температурою нижче 20 °С;
- б) теплі, з температурою від 20 до 37 °С;
- в) гарячі, з температурою від 37 до 42 °С;
- г) дуже гарячі, або терми, температура вище 42 °С.

5. За ступенем мінералізації або за кількістю розчинених речовин підземні води поділяються:

- а) на слабосолонуваті – 1-3 г/л солей;
- б) солоні – 10-50 г/л солей;
- в) слабкі розсоли – 50-100 г/л солей;
- г) розсоли – більше 100 г/л розчинених речовин.

6. Залежно від переважаючих іонів розрізняють води:

- а) гідрокарбонатні, які містять іони HCO_3^- ;
- б) сульфатні – SO_4^{2+} ;
- в) хлоридні – Cl^- ;

7. Залежно від переважаючих аніонів води бувають:

- а) кальцієві Ca^{2+} ;
- б) магнієві Mg^{2+} ;
- в) натрієві Na^+ .

8. Залежно від розчинених газів існують води:

- а) вуглекислі;
- б) сірководневі;
- в) радонові.

Підземні води, які мають лікувальні властивості, називаються **мінеральними**.

Води, які містять у розчиненому вигляді компоненти, кількість яких дозволяє їх витягати, називають **промисловими**.

9. За гідравлічними ознаками поділяються на напірні та безнапірні.

Напірні води мають підвищений гідростатичний тиск і прагнуть підвищити свій рівень у виробках, що пов'язано з відсутністю вільного виходу води і водотривкими покрівлею та подошвою. Напірні води залягають у корінних породах і на значних глибинах.

Безнапірні води характеризуються вільною поверхнею, яка встановлюється під впливом сили тяжіння.

10. За умовами залягання підземні води поділяються (рис. 5.2):

- а) на порові;
- б) ґрунтові;
- в) верховодку;
- г) міжпластові;
- д) тріщинні;
- е) карстові.

Порові води – підземні води, які знаходяться в порах пухких відкладань.

Ґрунтові води – підземні води першого від поверхні постійно існуючого водоносного горизонту, який знаходиться на першому водотривкому шарі (рис. 5.2).

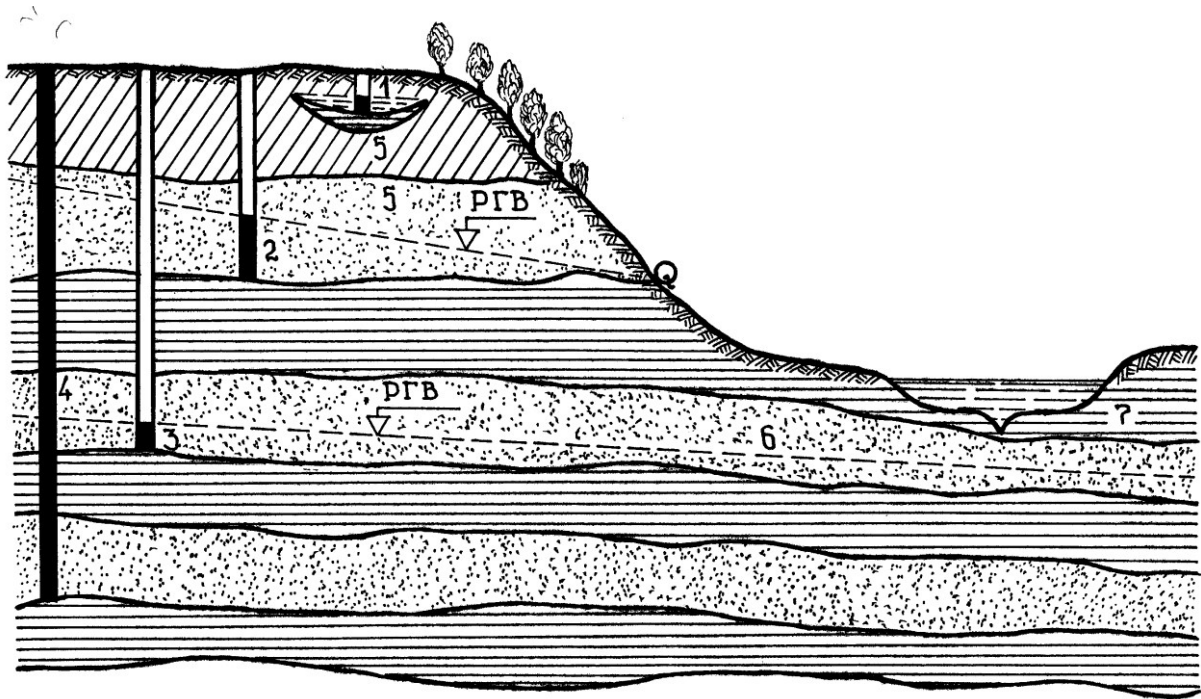


Рис. 5.2. Схема залягання підземних вод:

- 1 – верховодка; 2 – ґрунтові води; 3 – безнапірні міжпластові;
- 4 – напірні міжпластові (артезіанські); 5 – зона аерації;
- 6 – зона живлення; 7 – зона розвантаження

Зверху ґрунтові води не перекриваються водонепроникними породами, а водопропускний пласт вони заповнюють не на всю товщу, тому поверхня ґрунтових вод вільна, ненапірна.

Поверхня цих вод називається дзеркалом ґрунтових вод. Відстань від водотривкого шару до дзеркала називається потужністю водоносного горизонту. Вище дзеркала ґрунтових вод знаходиться зона аерації (зона живлення). Для ґрунтових вод зони живлення та поширення збігаються. Основне джерело живлення – атмосферні опади. Зоною розвантаження ґрунтових вод служать ближчі долини річок я ярів. Розвантаження відбувається, якщо ґрунтовий потік перетинається будь-яким зниженням у рельєфі місцевості, тобто на таких ділянках маємо виходи джерел. Ґрунтовий потік, що плавно знижується до місця розвантаження, утворює криволінійну поверхню, яка називається депресійною поверхнею.

Верховодка. Різновид ґрунтових вод, який зустрічається в межах зони аерації. Це найближчі до поверхні води, що утворюються на лінзах або прошарках водотривких порід. Живлення верховодки залежить від атмосферних опадів. Верховодка насичує різні типи пухких порід – піски, супіски, суглинки. Глибина залягання верховодки обмежується 2 м. Така вода не має витриманого водотривкого шару. Верховодку не слід плутати з ґрунтовими водами, хоч і неглибокими, але такими, які мають у своїй основі витриманий водотривкий шар.

При будівельних роботах наявність верховодки є несприятливим фактором. Часто, щоб усунути шкідливий вплив верховодки, доводиться влаштовувати спеціальні дренажні споруди.

Міжпластові води залягають і циркулюють у порах або тріщинах водовмісних порід, які зверху та знизу перекриваються водотривкими пластами.

Тріщинні води циркулюють у скельних породах (магматичних, осадових, метаморфічних), які пронизані рівномірною тріщинуватістю. Напір тріщинних вод обумовлюється гідростатичним тиском води в сполучених тріщинах або тиском газу з більш глибоких зон земної кори.

Карстові води – підземні води тріщин, каналів, порожнин у вапняках, гіпсах, доломітах та інших водорозчинних породах.

Міжпластові води бувають напірними та безнапірними.

Міжпластові безнапірні води не заповнюють цілком водоносного шару і поверхня їх не стикається з водотривкою покрівлею, залишаючись вільною. Зона живлення таких вод не співпадає з зоною розповсюдження. Міжпластові безнапірні води зустрічаються порівняно рідко. При будівництві вздовж схилів слід враховувати виходи міжпластових безнапірних вод, щоб завчасно запобігти їх шкідливу дію.

Міжпластові напірні води – це підземні води, які при розкритті свердловиною водоносного пласта з напірною водою підіймання вище водотривкої покрівлі водоносного горизонту.

Площина, яка визначає положення напірного рівня у водоносному пласті, називається п'єзометричним рівнем. Висоту підйому води вище водотривкої покрівлі називають *напором*.

Для характеристики напірних водоносних горизонтів складаються карти гідроізогіпс. Частіше за все карти поверхні землі в горизонталях, гідроізогіпс та ізогіпс водотривкої покрівлі водоносного горизонту поєднуються. Це дає можливість вирішити практичні завдання: визначати глибину артезіанського водоносного горизонту, величину напору, напрямок руху напірних вод, гідравлічний нахил, потужність водоносного горизонту, взаємовідношення дзеркала ґрунтових вод з рельєфом поверхні.

До напірних вод належать *артезіанські*. Вони цілком заповнюють водоносний горизонт, який залягає між двома водотривками і перебуває під певним тиском або напором. Артезіанські води досягають поверхні землі.

Геологічні структури, які містять кілька напірних шарів, – це *артезіанський басейн* (рис. 5.3).

Площа виходу на поверхню водопроникного шару на вищих відмітках – це зона живлення напірного водоносного горизонту. Площа виходів водовмісного горизонту на нижчих відмітках, куди внаслідок перевищення зони живлення стікає вода напірного шару, є зоною розвантаження або дренажу.

Площа водоносного горизонту між зоною живлення і розвантаження називається *зоною напору*. Рух напірних вод відбувається від зони живлення до зони розвантаження.

5.2. Фізичні властивості та хімічний склад підземних вод

У процесі гідрогеологічних вишукувань визначають такі фізичні властивості підземних вод: температура, колір, прозорість, смак і запах.

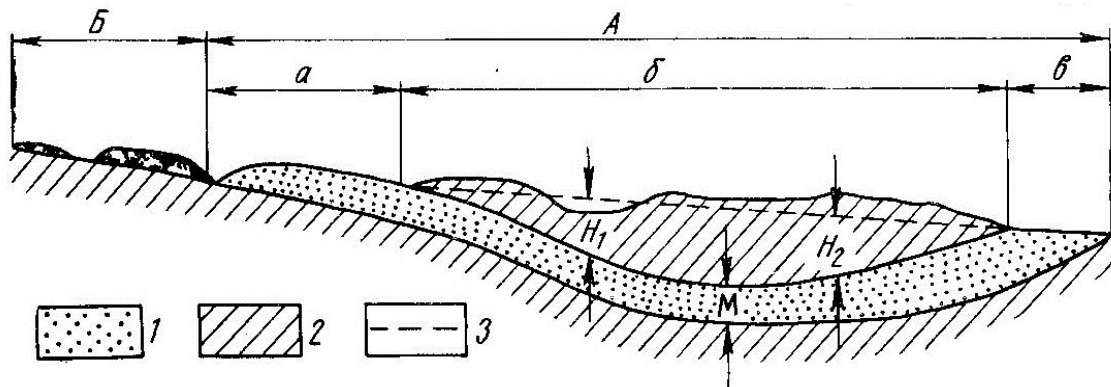


Рис. 5.3. Схема артезіанського басейну:

- А – межа розповсюдження напірного водоносного горизонту;
- Б – межю розповсюдження ґрунтових вод;
- а – зона живлення; б – зона напорів; в – зона розвантаження;
- H_1 – напірний рівень вище поверхні землі;
- H_2 – напірний рівень нижче поверхні землі;
- М – потужність водоносного горизонту з напірною водою;
- 1 – водонасний пласт; 2 – водотривкі пласти;
- 3 – п'єзометрична лінія

Температура змінюється у широких межах. У зонах багаторічної мерзлоти води мають температуру мінус $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче. У районах вулканічної активності і виходу гейзерів може перевищувати $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура підземних вод, які неглибоко залягають у середніх широтах, змінюється в межах $5\text{-}12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Колір залежить від мінеральних та органічних домішок. Жовтуватий і буруватий колір надають органічні домішки, закисні сполуки заліза та сірководень надають воді зеленувато-блакитних відтінків. Частіше за все підземні води не мають кольору.

Прозорість залежить від кількості мінеральних та органічних речовин. Для визначення ступеня прозорості треба заміряти висоту стовпа води в сантиметрах, крізь який можна прочитати спеціальний шрифт.

Смак залежить від мінеральних та органічних речовин, газів і домішок, які розчинені у воді. При вмісті хлористого натрію до 500 мг/л вода має солодкуватий смак, якщо більше 500 мг/л – солоний; сульфати магнію надають гіркового присмаку; солі заліза – терпкого; органічні речовини – солодкуватого, гідрокарбонати кальцію та магнію, а також вільна вуглекислота – приємного освіжаючого. Слабомінералізовані дощові води мають неприємний смак. Для визначення смаку беруть воду, нагріту до температури 20-30 °С.

Запаху підземні води майже не мають. Іноді сірководень надає воді запаху тухлих яєць. Зустрічаються води з “болотним”, гнилісним, пліснявілим запахом. Для визначення запаху воду підігрівають до температури 50-60 °С. Питна вода не повинна мати жодного запаху.

Хімічний склад води свідчить, що в підземних водах знайдено більше 80 елементів періодичної системи Д. І. Менделєєва. Тобто підземні води є природними розчинами. Хімічні властивості води визначаються кількістю і співвідношенням катіонів та аніонів.

Активна реакція. При температурі 22 °С у чистій воді кількість водневих і гідроксильних іонів дорівнює 10^7 , тобто для нейтральних вод $\text{pH} = 7$. Якщо $\text{pH} > 7$, вода має лужну реакцію, при $\text{pH} < 7$ – кислу.

Частіше підземні води мають слаболужну реакцію.

Жорсткість – це особлива якість води, обумовлена присутністю іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} . Розрізняють:

а) *загальну жорсткість*, обумовлену присутністю у воді солей кальцію та магнію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 ;

б) *карбонатну* – присутність у воді бікарбонатів кальцію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і магнію $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, які випадають в осад;

в) *постійну*, яка залишається у воді після вилучення бікарбонатів.

Жорсткість виражають у міліграм-еквівалентах (мг екв.) Ca^{2+} та Mg^{2+} на 1 л води; 1 мг екв. відповідає вмісту 20,04 мг/л Ca^{2+} або 12,16 мг/л Mg^{2+} .

Для питних потреб найбільше підходять води з загальною жорсткістю 3-7 мг екв.

5.3. Поліпшення якості води

Якщо якість води не задовольняє потреби споживачів, її треба поліпшувати різними засобами: освітленням, хлоруванням, пом'якшенням, озонуванням.

Освітлення досягають шляхом пропускання води через пористі речовини: гравій, пісок, пористе каміння, сітки, тобто засобом фільтрації.

Хлорування застосовують у випадках великої кількості мікроорганізмів. Знезаражування досягають шляхом обробки газоподібним хлором або його сполуками.

Останнім часом розповсюджується спосіб знезаражування за допомогою ультрафіолетових променів визначеної довжини.

Пом'якшування забезпечує зменшення кількості солей кальцію та магнію, які обумовлюють жорсткість води. Застосовують такі види пом'якшення: дистиляція (випаровування з наступним охолодженням), содово-вапняковий і цеолітовий способи та іонообмінні смоли.

Озонування – спосіб очищення води від шкідливих мікроорганізмів, який ґрунтується на сильних окиснювальних властивостях озону.

5.4. Агресивність підземних вод щодо бетону та залізобетону

Залежно від агресивності розрізняють води, які обумовлюють такі агресії:

а) *сульфатну*. Якщо у воді підвищена кількість аніонів SO_4^{2-} , це призводить до кристалізації в бетоні нових сполук, об'єм яких збільшується у 2,5 рази і сприяє руйнуванню бетону;

б) *вуглекислу*. Викликає розчинення та вилугування з бетону складових частин (головним чином – вапна $CaCO_3$, основну частину цементного каменю). Відбувається, коли у воді мала кількість HCO_3^- ;

в) *загальнокислотну*. Обумовлена низьким показником $pH < 4,5$. При цьому посилюється розчинення вапна. Залізобетон стає стійким, якщо у воді $pH > 11$;

г) *магнезіальну*. Як і сульфатна, веде до руйнування бетону в разі проникнення в нього води з підвищеною кількістю катіонів Mg^{2+} ;

д) *кисневу*. Обумовлена присутністю у воді кисню і відбувається щодо металевих частин, спричиняє їх корозію.

5.5. Основні закони руху підземних вод

Рух підземних вод поділяють на два види: гравітаційний і негравітаційний.

Негравітаційний рух одержав назву міграції води. Розповсюджена вона в зоні аерації.

Гравітаційний рух води – це вільний рух води під впливом сили тяжіння.

Розрізняють два види гравітаційного руху: *інфільтрація* – вільне просочування води в порах і тріщинах порід, які частково заповнені водою, і *фільтрація* – переміщення підземних вод нижче їх дзеркала, у зоні повного насичення, здійснюється під впливом гідравлічного напору або гідростатичного тиску.

Фільтрація може бути безнапірною та напірною.

Безнапірна фільтрація характерна для ґрунтових вод, коли поверхня фільтрувальної води завжди вільна, тиск на неї постійний і дорівнює атмосферному. Напірна фільтрація характерна для артезіанських водоносних горизонтів.

Безнапірний рух підземних ґрунтових вод здійснюється, якщо є різниця рівня води у двох розрізах (рис. 5.4). Різниця рівнів $\Delta H = H_1 - H_2$ в розрізах 1 і 2 обумовлює рух води в напрямку розрізу 1.

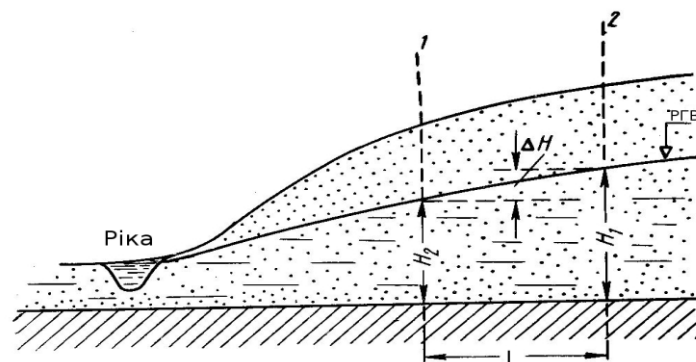


Рис. 5.4. Схема безнапірної фільтрації

Швидкість руху підземного потоку залежить від різниці напору та від довжини шляху фільтрації L .

Відношення різниці напору ΔH до довжини шляху фільтрації L називається гідравлічним нахилом або гідравлічним градієнтом I .

$$I = \frac{\Delta H}{L}. \quad (5.1)$$

З гідравліки відомо, що залежно від форми і розміру пор у гірських породах швидкість і характер руху води змінюється. Якщо рух підземних вод відбувається у вузьких тріщинах або невеликих порах гірських порід, то він має паралельно-струмчатий (ламінарний) характер, тобто без розривів з плавною зміною швидкості і підпорядковується закону Дарсі

$$G = K_{\phi} I S, \quad (5.2)$$

де G – кількість води, що фільтрується за одиницю часу;

K_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації;

I – гідравлічний градієнт;

S – площа поперечного перерізу потоку.

Поділивши обидві частини рівняння на площу S , матимемо закон Дарсі в іншій формі. Позначимо співвідношення $\frac{G}{S}$ через швидкість фільтрації V

$$V = K_{\phi} I. \quad (5.3)$$

Одержане рівняння показує, що при ламінарному русі швидкість фільтрації прямо пропорційна гідравлічному градієнту. Якщо прийняти $I = 1$, то одержимо, що при гідравлічному градієнті, що дорівнює одиниці, коефіцієнт фільтрації кількісно дорівнює швидкості фільтрації. Його розмірність така сама, що й у швидкості (метр за добу, метр за секунду, сантиметр за секунду).

У грубоуламкових і сильнотріщинуватих породах за наявності великих порожнин або довгих тріщин рух підземних вод стає схожим на рух води по каналах і трубах і визначається як турбулентний (вихровий). Він характеризується перемішуванням окремих струмків води пульсацією, утворенням вихрів. Такий вид руху описується формулою нелінійного закону фільтрації (Краснопольского)

$$V = K_o \sqrt{2} . \quad (5.4)$$

5.6. Визначення коефіцієнта фільтрації

У наведених вище рівняннях, які описують рух підземних вод, головною розрахунковою величиною є коефіцієнт фільтрації. Він кількісно характеризує фільтраційні властивості гірських порід і тому його часто застосовують при вирішенні багатьох практичних питань.

Коефіцієнт фільтрації визначають такими способами:

а) польовими дослідно-фільтраційними роботами – відкачування, наливанням, нагнітанням та інфільтрацією з шурфів;

б) різноманітними приладами;

в) емпіричними формулами.

Серед польових методів найпростішим є метод Болдирєва. Його застосовують для визначення коефіцієнта фільтрації в зоні аерації. Необхідно відрити шурф на потрібну глибину для досягнення ґрунту, який досліджують. При цьому відстань до рівня ґрунтових вод повинна перевищувати 0,5 м. В одному з кутів дна шурфу додатково відривають зумпф з такими розмірами: довжина 25-30 см; ширина 25-30 см; глибина 30-35 см. Біля шурфу встановлюють бак з водою. За допомогою шланга воду подають до зумпфа. Лінійка, яка встановлена на дно зумпфа, дозволяє визначати рівень води. Кран на шланзі допомагає добитися такої подачі води, щоб її рівень був постійним. Тобто кількість води, яка прибуває з бака до зумпфа, дорівнює кількості води, яка фільтрується крізь ґрунт дна. Після встановлення постійного рівня води в зумпфі тричі заповнюємо

водою зі шланга мірний циліндр відомого об'єму V . При цьому визначаємо час, необхідний для його заповнення. Для подальших розрахунків знаходимо середнє арифметичне з трьох вимірів часу t (рис. 5.5).

Визначимо постійну витрату води за формулою

$$Q_I = \frac{V}{t} . \quad (5.5)$$

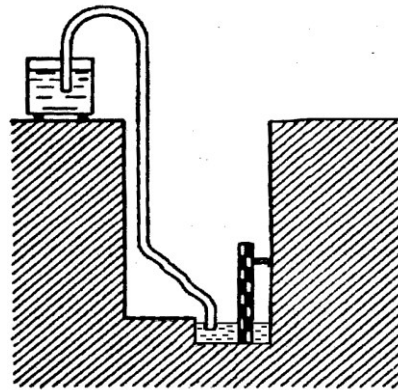


Рис. 5.5. Визначення коефіцієнта фільтрації методом Болдирєва

Площу фільтрації визначаємо з урахуванням розмірів дна зумпфа. Приймаємо, що гідравлічний градієнт $I=1$.

Таким чином, з формули (5.2) одержуємо значення коефіцієнта фільтрації

$$K_{\phi} = \frac{Q}{F} . \quad (5.6)$$

У випадку, коли треба визначити вид ґрунту, якщо відомий його коефіцієнт фільтрації, користуються табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Значення коефіцієнта K_{ϕ} для деяких ґрунтів

Вид ґрунту	K_{ϕ} , м/доба
Грубозерністі піски	15-50
Різнзерністі піски	5-20
Середньозерністі піски	5-15
Дрібнозерністі піски	1-5

5.7. Методи захисту від ґрунтових вод. Види дренажів

У тих випадках, коли підземні води ускладнюють будівництво та експлуатацію будівель і споруд, приймають рішення про зниження їх рівня. Захист від ґрунтових вод може здійснюватись трьома методами: 1) відкритим водовідливом; 2) створенням горизонтальних дренажів; 3) організацією вертикальних дренажів.

При виборі способу водозниження враховують умови залягання, джерело живлення ґрунтових вод, характер їх потоків, розміри зони, яку осушують, і необхідний термін водозниження. Якщо рельєфні умови прийнятні, іноді створюють безпосередній самопливне відведення води з кар'єрів до річки. У деяких випадках застосовують комплексний спосіб осушення, при якому боротьба з водою здійснюється шляхом сумісного застосування двох або трьох методів.

5.7.1. Відкритий водовідлив

Відкритий водовідлив являє собою відкачування води насосами безпосередньо з котлованів (рис. 5.6).

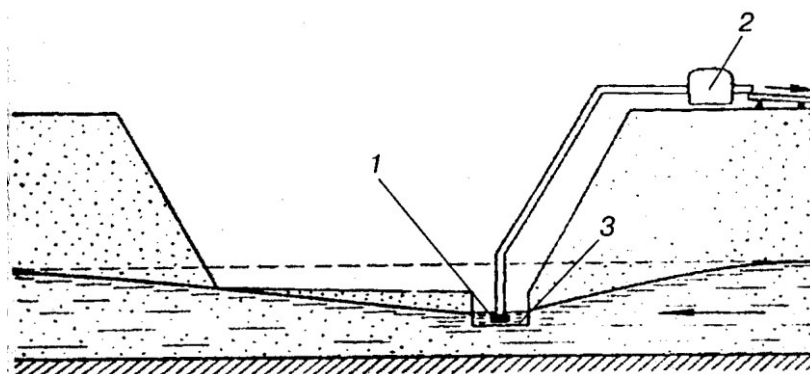


Рис. 5.6. Схема відкритого водовідливу:

1 – фільтр; 2 – насос; 3 – зумпф (лоток)

Для цього роблять невеликі приймальники (лотоки, зумпфи). Для поліпшення надходження води в зумпфи на дні котлована роблять канавки з нахилом у бік зумпфа. Відкачування здійснюється безперервно або періодично залежно від кількості

води, яка надходить до зумпфа. Відкритий водовідлив застосовують лише в неглибоких котлованах, які виривають у стійких породах. Під час розробки піщаних ґрунтів, які схильні до опливання (пливуни), або в разі небезпеки виникнення суфозних явищ відкритий водовідлив не застосовують. Якщо спостерігається великий приплив підземних вод, водовідлив потребує застосування потужних насосів.

5.7.2. Горизонтальний дренаж

Горизонтальний дренаж забезпечує відведення води за допомогою каналів, лотоків, траншей і підземних галерей. Відведення води здійснюється самопливом. Такий вид дренажу застосовують для осушення кар'єрів, укосів, виїмок, зсувних схилів і заводських територій. Підземні галереї частіше за все роблять на зсувних схилах з метою їх осушення та запобігання руху ґрунтових мас. Глибина відкритих каналів 5-6 м. Дренажні траншеї (прорізи) можуть мати глибину 10-15 м. На дні такої траншеї укладають перфоровану трубу, яка вище засипається дренаючим матеріалом. Дренажні прорізи закладають поперек або уздовж схилів з метою розкриття водомісткого шару та видалення з нього води.

Відповідно до розміщення горизонтальних дренажів у плані відносно дренаваної площі і джерел надходження до неї ґрунтових вод розрізняють головний, береговий і кільцевий дренажі.

Головний дренаж має за мету перехопити потік ґрунтових вод, що рухається з одного боку до осушуваної площі (рис. 5.7).

Береговий дренаж перехоплює ґрунтові води, що надходять від річки, коли в ній підіймається рівень води внаслідок повеней, улаштування гребель тощо, і не дозволяє змінитися природному рівню ґрунтових вод; отже, береговий дренаж є свого роду головним.

Кільцевий дренаж оточує суцільним кільцем площу, яка захищається, щоб не допустити підтоплення її ґрунтовими водами (рис. 5.8).

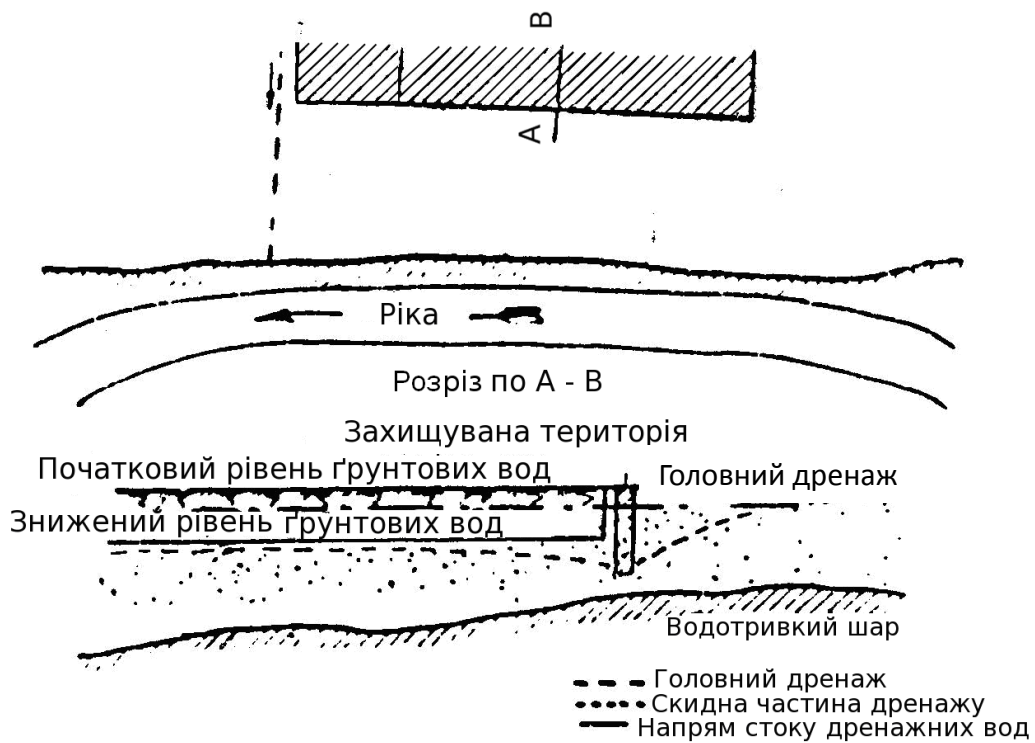


Рис. 5.7. Схема головного горизонтального дренажу

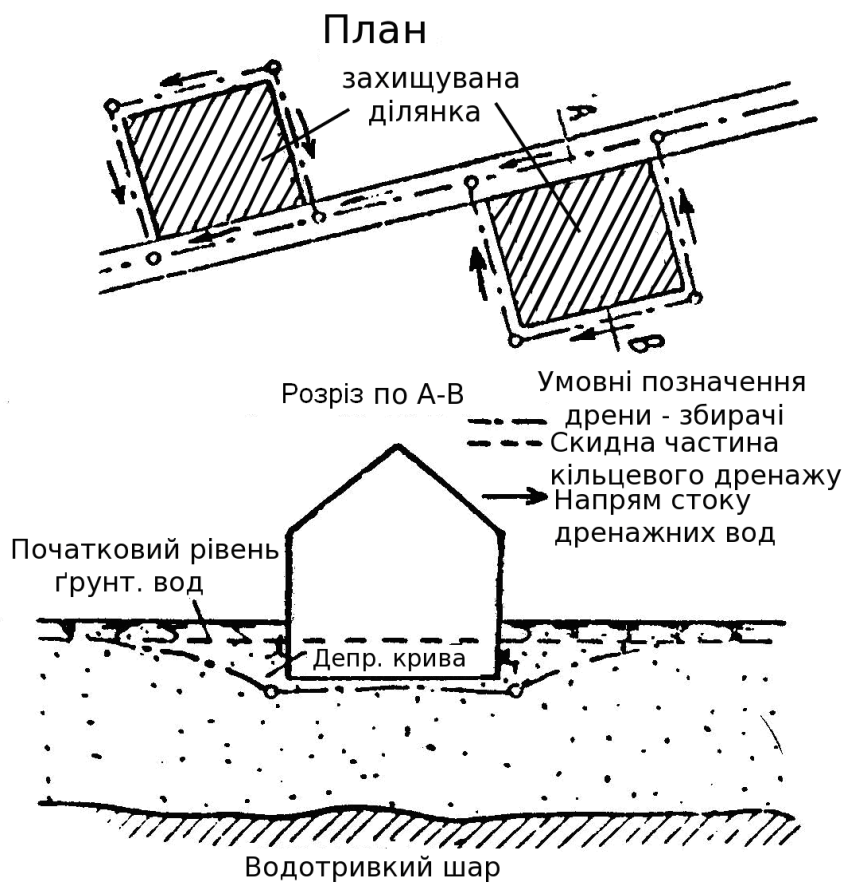


Рис. 5.8. Схема кільцевого горизонтального дренажу

5.7.3. Вертикальний дренаж

Вертикальний дренаж – осушувальна система, яка складається з декількох вертикальних дрен. Види вертикального дренажу:

- 1) водознижувальні свердловини;
- 2) голкофільтрові споруди;
- 3) поглинаючі колодязі;
- 4) електродренаж.

Водознижувальні свердловини обладнують спеціальними насосами, які поміщають всередину них. Кар'єр охоплюють системою подібних свердловин, з яких періодично відкачують воду. Відкачування викликає утворення навколо свердловин депресійних воронки, які об'єднуються, і це викликає загальне зниження рівня ґрунтових вод у межах кар'єрів (рис. 5.9).

Голкофільтрові установки складаються з системи голкофільтрів (тонких металевих трубок довжиною 7-9 м з фільтром на нижньому кінці). Такі установки широко застосовують для осушення будівельних котлованів, а також під час проходки гірничих виробок. Голкофільтрова водознижувальна установка складається з системи голкофільтрів, які встановлюються навколо котлована через 0,5-2 м і більше та приєднуються до загального збірного трубопроводу, який з'єднується з вакуумним насосом або компресором (рис. 5.10).

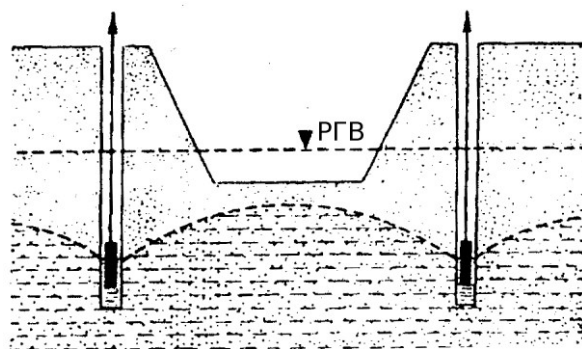


Рис. 5.9. Водознижувальні свердловини

Під час роботи таких голкофільтрів у кільцевий простір, що лежить між двома трубками, подають стиснене повітря, під дією якого до внутрішньої трубки поступає вода під визначеним тиском.

Електроосушення або електродренаж застосовують для дренажу водомістких товщ з дуже низьким коефіцієнтом фільтрації (менше 1 м/доба). Найбільш ефективно електроосушення здійснюють у всіх видах глинистих ґрунтів у комбінації з голкофільтровими установками (рис. 5.10, 5.11).

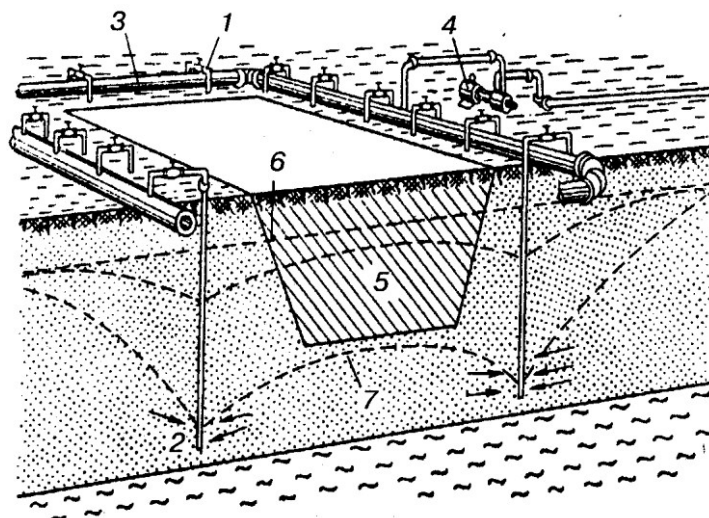


Рис. 5.10. Схема дії голкофільтрів: 1 – голкофільтри; 2 – перфорована частина голкофільтра; 3 – трубопровід (колектор); 4 – насос; 5 – котлован; 6 – природний рівень ґрунтових вод; 7 – знижений рівень ґрунтових вод

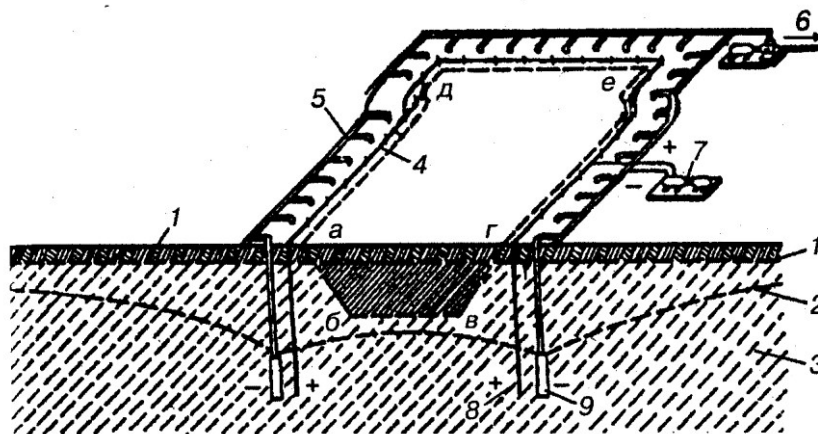


Рис. 5.11. Схема електродренажу: 1 – рівень ґрунтових вод до осушення; 2 – рівень ґрунтових вод, знижений електродренажем; 3 – водовмісні породи; 4 – електричний ланцюг, який з'єднує аноди 8; 5 – колектор, який з'єднує бурові свердловини (катоди) 9; 6 – насос; 7 – генератор постійного струму; а, б, в, г, д, е – контур котлована

Вбирні колодці облаштовують, якщо під водотривким шаром залягає ґрунт, який має високе водопроникнення (рис. 5.12).

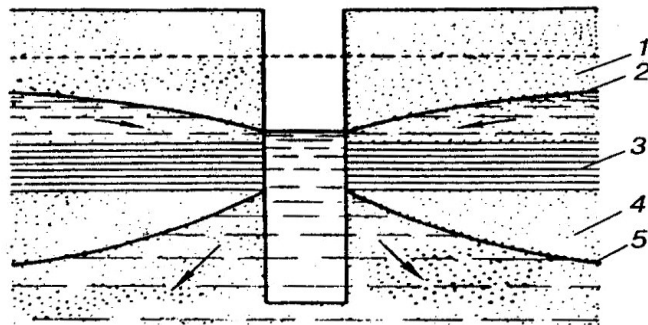


Рис. 5.12. Вбирний колодязь: 1 – шар, який розробляють; 2 – депресійні криві; 3 – водотрив; 4 – ґрунт, який має високе водопроникнення; 5 – криві воронки водопоглинання

У такому випадку вода з верхніх шарів водовмісних горизонтів по колодязю буде поступати вглиб шару, який має значний коефіцієнт фільтрації, при цьому товща ґрунту, який розробляють, осушується.

Вбирні виробки скидають воду як у безводні, так і в обводнені породи. У якості вбирних колодязів можна застосовувати свердловини, шурфи та колодязі. Вбирні виробки або значно знижують рівень води в кар'єрах, або зовсім їх осушують.

Залежно від характеру розкриття водоносного шару водозбори бувають досконалими та недосконалими. Різниця між ними полягає в тому, що досконалі розкривають водоносний шар на всю потужність, від рівня води до покрівлі підстильного водотривкого шару. *Недосконалі* дренажі є такими, у яких дно не доведене до водотривкого шару. У досконалих дренажах вода надходить тільки з боків, а в недосконалих вода може проникати з боків і через дно (рис. 5.13).

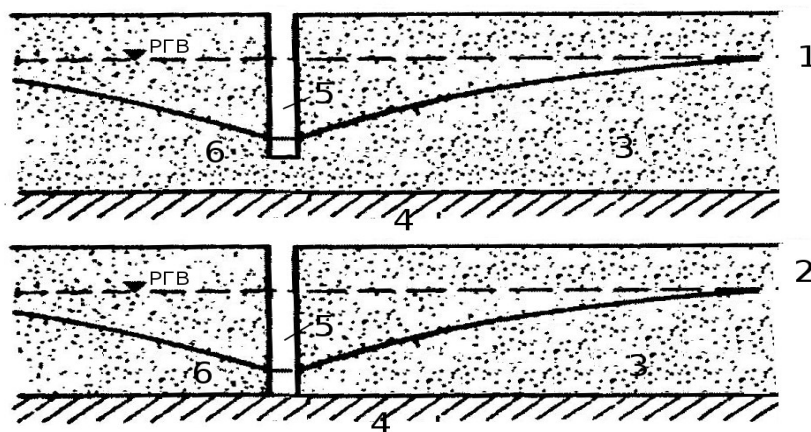


Рис. 5.13. Схеми вертикальних дренажів: 1 – недосконалий; 2 – досконалий; 3 – верховодка; 4 – водотривкий шар; 5 – водознижувальні свердловини; 6 – рівень ґрунтових вод після їх зниження

Контрольні питання до розділу 5

1. Що таке гідрогеологія?
2. Основні завдання гідрогеології.
3. За якими ознаками класифікують підземні води?
4. Як класифікують підземні води за походженням?
5. Як класифікують підземні води за видами зв'язку з мінеральними частинками?
6. Що таке напірні та безнапірні води?
7. Що являє собою верховодка і її характерні ознаки?
8. Що являє собою артезіанський басейн?
9. Головні елементи артезіанського басейну.
10. Які властивості характеризують підземні води?
11. Що таке жорсткість води? Які види жорсткості бувають?
12. У яких видах проявляється агресивність підземних вод?
13. Які існують способи поліпшення якості води?
14. На які види поділяють рух підземних вод?
15. Які існують способи визначення коефіцієнта фільтрації?
16. Які існують методи захисту від ґрунтових вод?
17. Що являє собою відкритий водовідлив?
18. Які характерні ознаки вертикальних дренажів, їх основні види?
19. Які характерні ознаки горизонтальних дренажів, їх основні види?

6. ФІЗИКО-ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА СТІЙКІСТЬ СХИЛІВ ТА СПОРУД

6.1. Процеси, обумовлені рухом порід по схилах

У результаті дії вивітрювання гірських порід утворюється велика кількість глиб, щебеню і дрібних уламків. Доки цей матеріал знаходиться на скелях у стані рівноваги, він залишається на місці свого утворення. Але як тільки сила P стає більше за силу, яка чинить опір руху цих уламків M , вони починають рухатися та скочуються до підніжжя схилу (рис. 6.1).

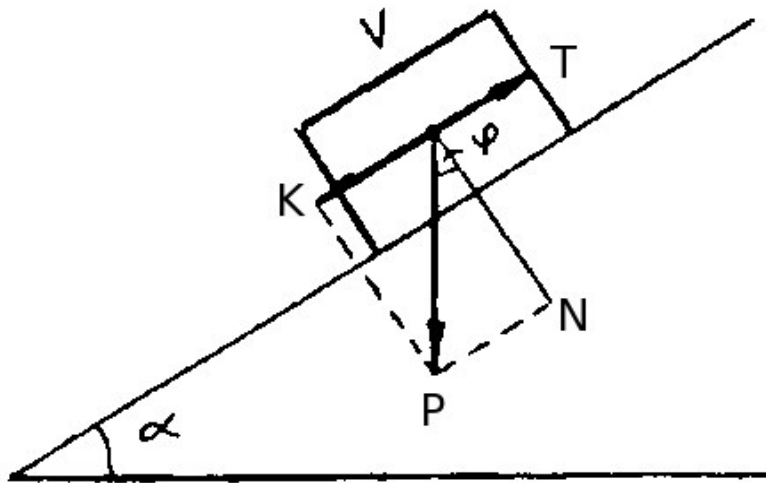


Рис. 6.1. Схема взаємодії сил, які викликають переміщення гірських порід

6.1.1. Осипи

Осипи – це повільне переміщення униз скупчення уламків гірських порід по схилах під дією сили тяжіння. Вони утворюють у нижній частині схилу вали різної довжини або конуси. Нерідко осипи займають площу в кілька сотень квадратних метрів або кілометрів. Осипи ускладнюють будівництво та експлуатацію доріг, викликають руйнування виїмок і насипів. Іноді осипи глибоко висуваються в долину річок. При цьому змінюється русло річки. Під час сильних паводків матеріал осипу змивається водними потоками, тобто стає твердою складовою селевого потоку.

За гранулометричним складом розрізняють головні типи осипів:

1. грубоглибові осипи з вільними проміжками, розмір уламків від декількох десятків сантиметрів до декількох метрів;
2. грубоглибові осипи з дрібнозернистим заповнювачем;
3. плитчасті осипи з вільними проміжками;
4. плитчасті осипи з дрібнозернистим заповнювачем;
5. щербенисті осипи. Глинисті частинки майже відсутні, що надає таким осипам деякої стійкості;
6. розсіяні осипи. Уламки розсіяні по схилу і не з'єднуються один з одним.

Гранулометричний склад осипів відрізняється нерівномірністю у вертикальному розрізі та за площею. До подошви схилу розмір уламків збільшується, це пов'язано з більшою дальністю перекочування великих уламків. У нижній частині осипу починається накопичування дрібних уламків. Заповнення осипу дрібнозернистим заповнювачем залежить від петрографічного складу порід і їх вивітреності.

Рухливість осипу визначається ступенем рухливості:

$$K = \frac{\alpha}{\varphi}, \quad (6.1)$$

де α – кут укосу осипу;

φ – кут внутрішнього тертя уламкового ґрунту.

Якщо $K=1,0$ – осипи рухливі, при $K < 0,5$ осипи нерухливі, вони ущільнюються.

За ступенем рухливості осипи поділяють на *діючі*, *загасльні* та *згаслі*.

Діючі осипи не мають рослинності.

Загасальні – вкриті трав'яною рослинністю і частково чагарниками.

Згаслі – вкриті чагарниками і деревами.

Швидкість руху осипу становить 2-15 см/р. Вона залежить від крутості самого схилу.

У межах кожного осипу можна виділити три зони: живлення, транспортування, накопичення (рис. 6.2). Потужність шару осипу може досягати 30-40 м. Поверхня осипу утворює укіс з кутом 30-40°.

Різновидом осипів є розсипи (куруми). Це накопичення грубоуламкового матеріалу на горизонтальних ділянках (терасах, плато, нагір'ях).

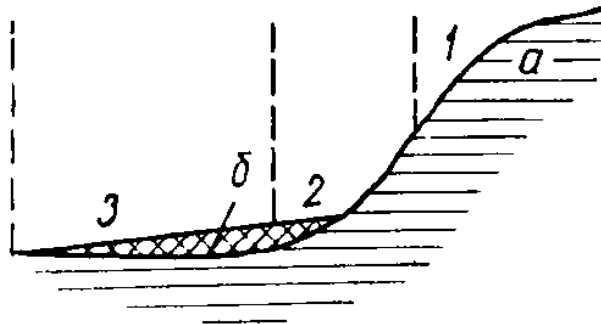


Рис. 6.2. Поздовжній переріз кам'яного осипу:
а – корінна порода; б – осип; 1 – зона живлення; 2 – зона транспортування; 3 – зона накопичення

Засоби захисту від осипів:

1. Збирання частини осипу, який знаходиться вище споруди на схилі.

2. Збирання нестійких глиб.

3. Осушення підшви осипу (перехоплення води).

4. Спорудження підпірних стінок, берм (рис. 6.3).

5. Влаштування уловлюючих траншей (рис. 6.4).

6. Спорудження сітчастих загорож.

7. Спорудження галерей, естакад і тунелів (рис. 6.5).

Галереї – це споруди, які будують над залізницею. Вони мають форму навісу і за конструкцією бувають арковими, балковими, консольними.

Тунелі – це споруди, які повністю забезпечують безпеку руху поїздів.

6.1.2. Обвали. Вивалювання

Обвали – раптове падіння мас гірських порід по крутих схилах.

Вивалювання – обвалення окремих глиб і каміння зі скельних порід, які складають виїмки та круті схили.

Причини утворення обвалів:

- 1) обривистий вигляд гірських схилів;
- 2) поступове зникання зчеплення між глибою та масивом породи в результаті вивітрювання, розтріскування породи, змочування глини у тріщинах порід;
- 3) розклинювальна дія льоду, коренів рослин, дрібних уламків, що опиняються у вертикальних тріщинах;
- 4) сейсмічні поштовхи;
- 5) потужні пориви вітру;
- 6) гідростатична дія води;
- 7) поштовхи від уламків, що падають зверху;
- 8) трясіння від будівельного транспорту і механізмів і вибухових робіт.

Для захисту від обвалів використовують складні інженерні споруди: підпірні, облицювальні та підтримувальні стінки, контрфорси, анкерування нестійких пластів, забивання вивалювання (рис. 6.3).

6.1.3. Лавини

Лавини – раптове обвалення великих мас снігу, що переміщуються схилами вниз у гірських районах.

Швидкість руху лавин досягає 350 км/год. Вона залежить від крутості схилу, його поверхні, стану снігу, об'єму лавини. Якщо сніг мокрий, лавини виникають на схилах менше 15°.

Розрізняють такі види лавин:

- *снігові зсуви*;
- *лоткові*;
- *стрибаючі*.

Снігові зсуви – це великі маси снігу, що зісковзують по поверхні крутих трав'янистих схилів. Вони спостерігаються на південних схилах одразу після перших снігопадів.

Лоткові лавини – переміщення снігових мас визначеними руслами.

Стрибаючі лавини виникають, коли снігові маси досягають прямовисних ділянок схилу, вони роблять стрибки на дно долини.

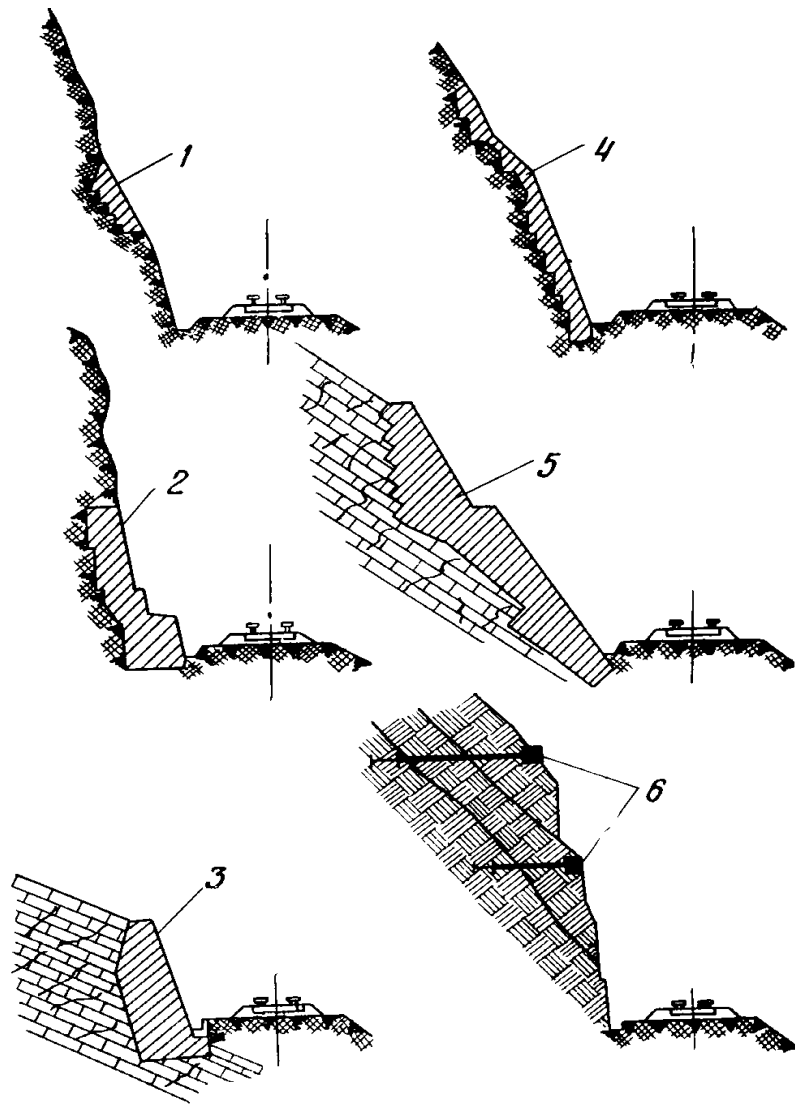


Рис. 6.3. Види протиобвальних споруд:
 1 – забивання вивалювань; 2 – підтримувальна стінка;
 3 – підпірна стінка; 4 – облицювальна стінка; 5 – контрфорс;
 6 – анкерування нестійких пластів

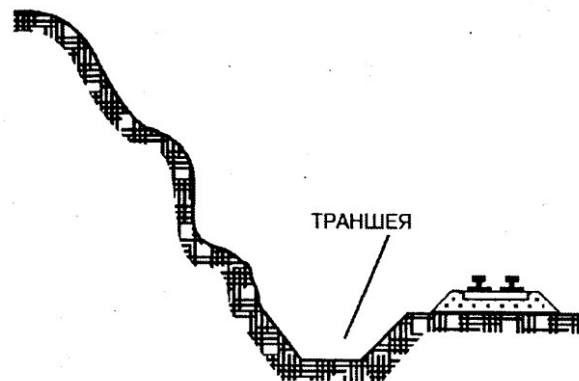


Рис. 6.4. Траншея

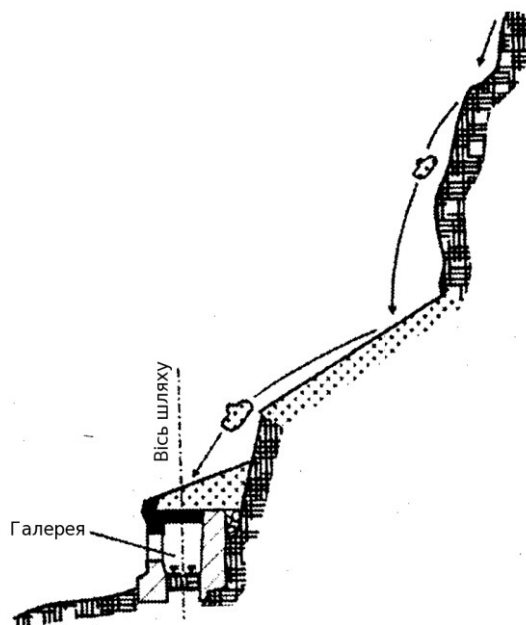


Рис. 6.5. Галерея

Виникненню лавин сприяють такі фактори:

- 1) перекристалізація снігу;
- 2) рельєф місцевості;
- 3) кліматичні умови.

Лавини становлять значну небезпеку для людей та інженерних споруд.

Засоби захисту від лавин:

1. Спорудження снігоутримувальних стінок.
2. Періодичне прибирання снігових мас зі схилів.
3. Спорудження тунелів і галерей.

6.1.4. Зсуви

Зсувами називають повільні переміщення гірських порід по схилу під впливом сили ваги, пов'язане з діяльністю поверхневих і підземних вод.

Зсувний процес довгий у часі та незворотний. Швидкість руху зсуву коливається від декількох міліметрів або сантиметрів на рік до 10-30 м і більше на добу. Об'єм зсувних мас коливається від десятка до сотень тисяч кубічних метрів.

Зсуви – дуже поширене явище, яке спостерігається на всіх континентах, окрім Антарктиди. Кожен рік вони завдають великої шкоди: гине багато людей, руйнуються будівлі, споруди, дороги.

Вивченням зсувних процесів займаються вже багато десятиріч. Стационарні спостереження за розвитком зсувних деформацій і комплексні дослідження проводять геологічні організації, численні спеціальні установи, науково-дослідні інститути, зсувні станції. На основі цих робіт розробляють протиісзувні заходи.

Зсув може виникнути, коли порушується стан граничної рівноваги гірських порід, з яких складається схил (рис. 6.1).

Фактори, які сприяють утворенню зсувів:

- 1) збільшення крутості схилу;
- 2) нахил поверхні землі співпадає з нахилом падіння пластів;
- 3) чергування водовмісних та водотривких пластів;
- 4) вивітрювання гірських порід;
- 5) спорудження на схилах важких будівель;
- 6) зволоження ґрунтів;
- 7) вплив динамічного навантаження.

У кожному зсуві розрізняють такі елементи: поверхню сковзання, надзсувний уступ, підошву зсуву, зсувний цирк, зсувну терасу, тіло зсуву, зсувні накопичення (бугри випирання), глибину захоплення, брівку зсуву (рис. 6.6).

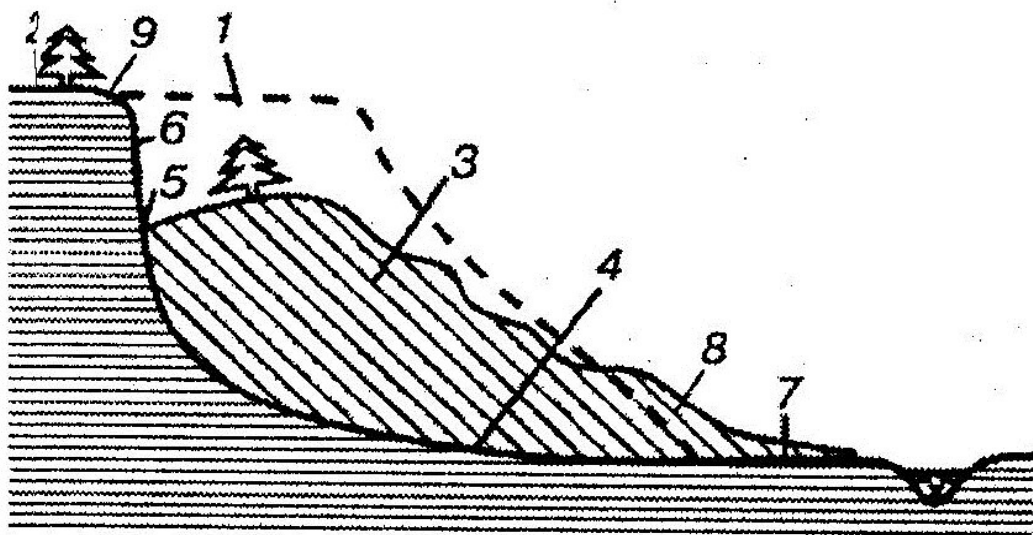


Рис. 6.6. Схема зсуву:

- 1 – початкове положення схилу; 2 – неповрушений схил; 3 – тіло зсуву; 4 – поверхня сковзання; 5 – зсувна тераса; 6 – надзсувний уступ; 7 – підошва зсуву; 8 – бугор випирання; 9 – брівка зсуву (брівка зриву, тріщина відриву)

Поверхня сковзання – поверхня, по якій здійснюється відрив і зміщення зсувних мас гірських порід.

Надзсувний уступ – це уступ над зміщеною частиною гірських порід, складений породами в їх корінному заляганні. Висота уступу може бути від декількох сантиметрів до кількох метрів.

Підошва зсуву – це лінія перетину поверхні сковзання зі схилом. Якщо підошва зсуву нижче поверхні схилу, утворюються бугри випирання. Правильне визначення підошви зсуву має велике практичне значення, тому що дозволяє визначити причини утворення зсуву.

Зсувні накопичення – маси гірських порід, накопичених на схилі в результаті неодноразових зсувних процесів. Якщо базис ерозії знаходиться вище підошви зсуву, поверхня зсувних накопичень має бугристий вигляд (бугри випирання).

Глибина захоплення схилу зсувом – відстань від поверхні зсуву до поверхні сковзання, яка вимірюється по нормалі до поверхні схилу.

Зсувний цирк – це виїмка, яка утворюється на схилі в результаті сповзання частини порід.

Брівка зсуву – дугоподібна лінія, яка відокремлює зсув з боку схилу. Вона знаходиться там, де під час сповзання зсуву можна було спостерігати брівку зриву і тріщину відриву.

Зсувна тераса – ділянка, яка утворюється нижче надзсувного уступу на поверхні зміщених мас. Якщо зсув складний, таких терас декілька.

Тіло зсуву – це зміщені маси гірських порід, які мають різні контури. Верхню частину порід, накопичених на схилі в результаті неодноразових зсувних процесів, називають *головою*, а нижню – *язиком*.

Головними ознаками зсувних явищ є:

- 1) бугристий характер поверхні;
- 2) виходи підземних вод і заболочування поверхні;
- 3) "п'яний ліс";
- 4) руйнування ґрунтів і будівель.

Нерідко масиви зсуву розбиваються системою тріщин, які орієнтовані в різних напрямках, часто паралельних схилу. У результаті чергування водовмісних і водотривких пластів на

поверхні водотривів накопичуються маси води, які створюють заболочені ділянки. Це негативно впливає на стійкість схилу. Також зовнішньою ознакою зсувів є вигнуті та неприродно похилені дерева, які ростуть на зсувному схилі. Їх називають “п'яним лісом”.

Способи боротьби з зсувами

Способи боротьби з зсувними явищами полягають в усуванні факторів, які сприяють утворенню зсувів. Умовно всі способи можна поділити на чотири групи.

1. Профілактичні:

- а) зволоження схилу;
- б) планування схилу (зрізання частини схилів, спорудження контрбанкетів, улаштування берм, насипів);
- в) влаштування берегоукріплювальних і струмененапрямних споруд;
- г) збереження на схилі рослинності, яка сприяє стійкості схилу;
- д) упорядкування будівництва автодоріг і залізниць поблизу схилу;
- е) заборона підрізання та прорізання схилів;
- ж) заборона проведення вибухових робіт;
- и) заборона поливу площ, зайнятих сільськогосподарськими угіддями.

2. Зменшення вологості ґрунтів, з яких складається схил:

- а) влаштування різноманітних споруд для відведення поверхневих і підземних вод (спорудження лотоків, напірних каналів, загороджувальних валів, дренажних прорізів і галерей, наскрізних фільтрів);
- б) укріплення масиву водотривкими матеріалами (перем'ятою глиною і т. п.);
- в) різноманітні види закріплення ґрунтів (заморожування, силікатизація, цементация, випал, електрохімічне закріплення);
- г) запобігання витіканням із системи водопроводів і каналізації.

3. Влаштування спеціальних споруд для утримання ґрунтових мас від переміщення (палі, підпірні стінки, залізобетонні шпильки, струмененапрямні дамби, хвилевідбійні стінки, контрфорсні стовпи).

4. Повне прибирання ґрунтових мас, схильних до зсувів (при невеликих об'ємах).

Зсуви завдають величезної шкоди господарству країни. Вони дуже поширені в Криму, Одесі, на схилах Дніпра. Характерною рисою, що відрізняє зсув від інших видів деформацій гірських порід, є його повторюваність. Вона полягає в тому, що на одному й тому самому схилі зсув може виникнути, загаснути, знов прийти до руху, знов загаснути і т. д. доти, доки не настане рівновага укосу.

Профілактичні засоби допомагають запобігати шкідливій дії зсувів. Планування схилів досягається спорудженням контрбанкетів.

Контрбанкет – це підсипання, що привантажує схил. Вона супроводжується зрізанням частини схилу. Також планувати схили можна, відсипаючи насипи, берми (рис. 6.7).

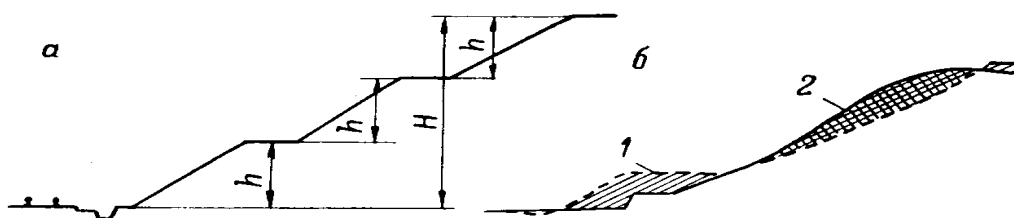


Рис. 6.7. Схеми планування схилів:

- а – влаштування берм; б – влаштування контрбанкету:
1 – зрізання частини схилу; 2 – спорудження контрбанкету

На берегах річок і морів одним із факторів, який сприяє виникненню зсувів, є підмивання берегів. У цьому випадку до системи протизсувних заходів належить безпосереднє укріплення берегів і влаштування хвилевідбійних стінок, струмененапрямних дамб тощо.

Заходи, спрямовані на осушення схилу, мають багато варіантів. Основним заходом до врегулювання поверхневого стоку є впорядкування стоку по укосі і відведення всіх поверхневих вод від небезпечної ділянки. Канави і водостоки, що прокладаються в межах зсувного масиву, мають за мету охороняти тіло зсуву від інфільтрації атмосферних опадів. Розміщення канав і лотоків на схилі орієнтують переважно до природоутворених водостоків, доповнюючи їх розгалуженнями для збирання води зі схилів (рис. 6.8).

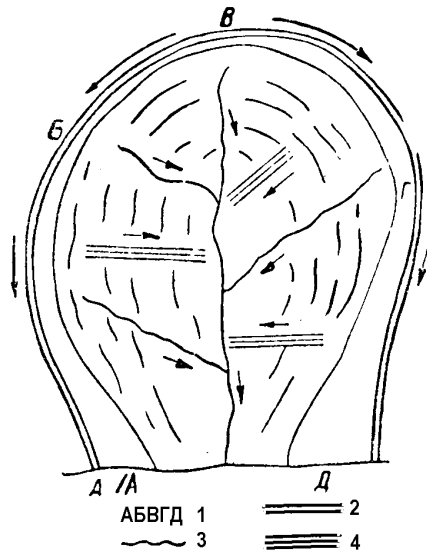


Рис. 6.8. Схема відведення поверхневих та атмосферних вод із зсувного схилу: 1 – зсувний схил; 2 – нагірна канава; 3 – природні водостоки, які потрібно поправити та укріпити; 4 – канали для осушення тіла зсуву

Заходи щодо влаштування підземного дренажу спрямовані на відведення підземних вод від ділянки, яку захищають.

Залежно від глибини залягання і характеру водоносного горизонту застосовують дренажні прорізи і дренажні галереї, забивні фільтри (рис. 6.9, 6.10, 6.11). Забивні фільтри – це металеві труби діаметром 50-75 мм з просвердленими отворами діаметром 3-5 мм у кількості декількох сотень на 1 пог. м. На кінці труби є наконечник.

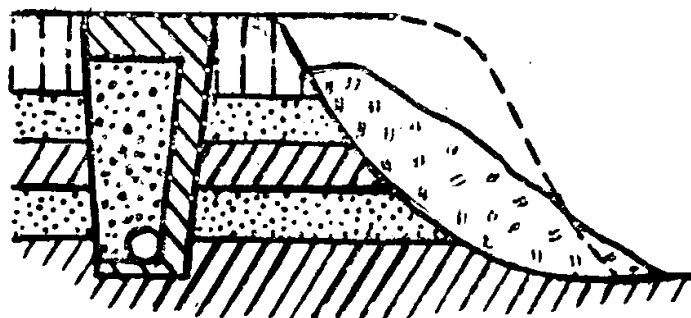


Рис. 6.9. Осушення зсувного масиву дренажним прорізом: 1 – зсувні накопичення; 2 – водовмісні пласти; 3 – водотривкі шари; 4 – дренажна засипка; 5 – дренажна труба; 6 – гідроізоляція (водотривкий ґрунт, м'ята глина)

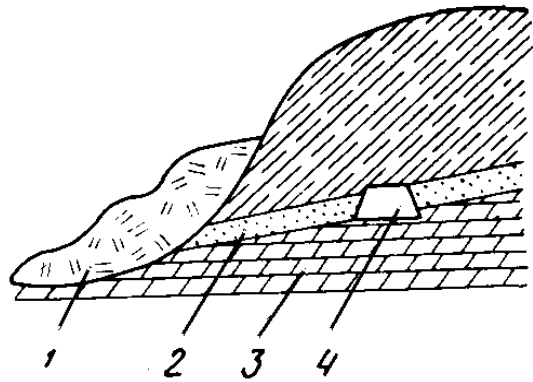


Рис. 6.10. Осушення зсувного масиву дренажною галереєю, розташованою у водовмісному пласті:
1 – зсувні накопичення; 2 – водовмісний пласт; 3 – водотривкий пласт; 4 – галерея

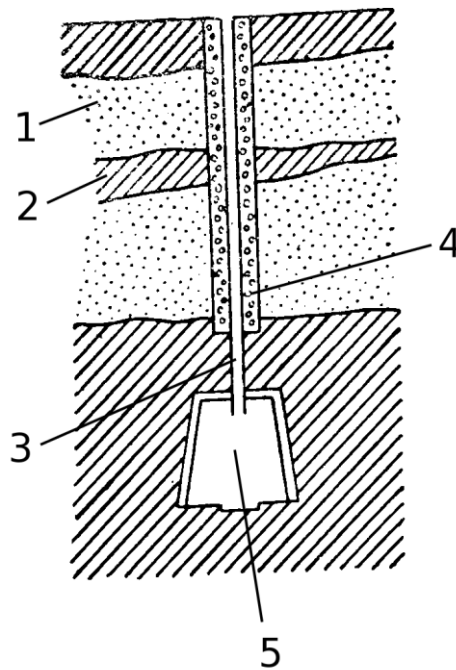


Рис. 6.11. Скидання води з водоносних пластів у галерею за допомогою наскрізних фільтрів:
1 – водовмісні пласти; 2 – водотривкі пласти; 3 – голкофільтр;
4 – дренажна засипка; 5 – галерея

Заходи механічного утримання сповзаючих мас зводяться до влаштування в основі зсуву різного роду споруд, які утримують маси гірських порід. З цією метою застосовують підпірні стінки, контрфорсні стовпи, контрбанкети, забивання паль і залізобетонних шпильок.

Підпiрнi стiнки дають позитивнi результати лише при невеликiй потужностi сповзаючої маси i якщо спорудженi на цiлком стiйких породах.

Основа пiдпiрної стiнки має знаходитися нижче вiд поверхнi сповзання, iнакше вона перемiщується разом iз зсувом (рис. 6.12).

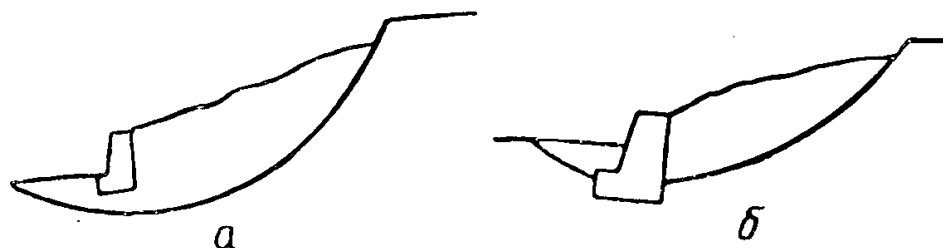


Рис. 6.12. Схема глибини закладання фундаменту протизсувної пiдпiрної стiнки:
а – неправильне; б – правильне

За стiнкою влаштовують дренаж, як це показано на рис. 6.13.

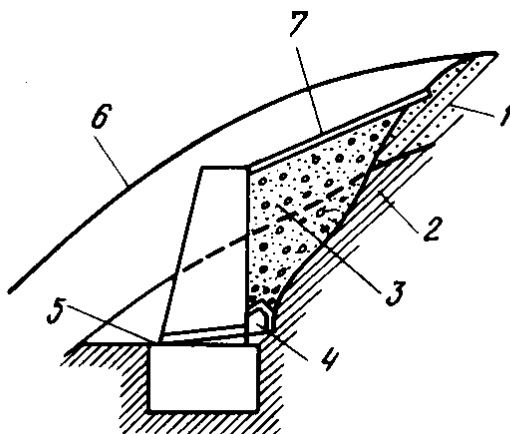


Рис. 6.13. Протизсувна пiдпiрна стiнка: 1 – частина зсуву, що залишилась; 2 – корiннi породи; 3 – дренажна засипка пазухи; 4 – дренаж; 5 – вихiд води; 6 – поверхня зсуву; 7 – гiдроiзоляцiя

Контрфорснi стовпи можна застосовувати тiльки в тому випадку, коли сама сповзаюча маса має ту чи iншу жорсткiсть. В iншому випадку породи, що зсуваються, можуть затримуватися бiля самого контрфорса i сповзати у промiжках мiж ними (рис. 6.14).

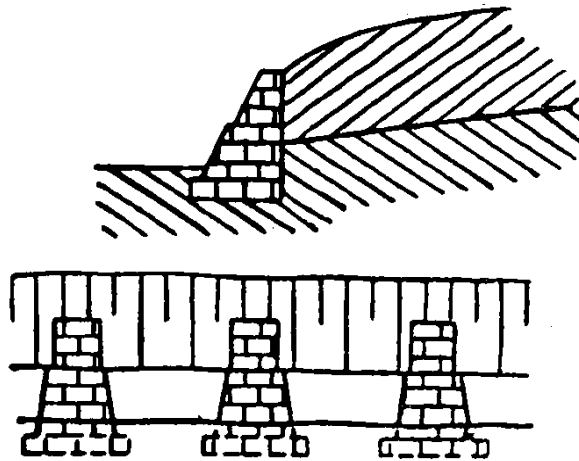


Рис. 6.14. Контрфорсні стовпи

Прошивання тіла зсуву палями дає позитивний результат також при невеликій потужності сповзаючої маси по поверхні, яка має невеликий нахил. Застосовують залізобетонні палі. Для того щоб не порушити стійкості схилу при забиванні, палі занурюють у заздалегідь підготовлені свердловини. З метою заощадження матеріалу палі замінюють залізобетонними шпильками, якими перетинається площадка сковзання зсуву, а частину свердловини закидають глиною і трамбуєть її (рис. 6.15).

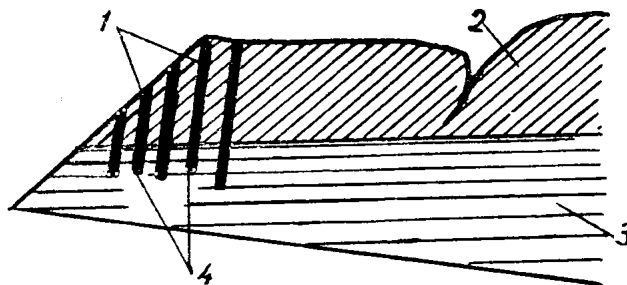


Рис. 6.15. Укріплення зсувного схилу за допомогою залізобетонних шпильок:

1 – глина; 2 – сповзаюча порода; 3 – стійка порода; 4 – шпильки

Штучне закріплення рухливих порід шляхом їх цементації, силікатизації, заморожування та електрохімічним способом є ефективним і застосовується залежно від типу ґрунтів.

Найбільш доцільно використовувати території з розвинутими зсувами для влаштування зеленої зони. Але в ряді випадків, коли необхідно забудовувати схили, треба додержуватись таких вимог:

1. Загальне планування схилу виконувати згори вниз, тому що підрізання ґрунтів біля підніжжя завжди є небезпечним.

2. Забезпечувати надійне перехоплення атмосферних опадів і їх скидання за межі ділянки, де проводяться земляні роботи.

3. Здійснювати забудову ділянки знизу вгору.

4. Усі будівлі, споруджені в зсувній зоні, повинні мати збільшену жорсткість, просту конфігурацію у плані і бути розрізаними на окремі відсіки (у разі значної довжини).

6.2. Процеси, обумовлені дією поверхневих і підземних вод

6.2.1. Карст

Карст – сукупність явищ, які супроводжуються розчиненням підземними водами гірських порід з утворенням у них порожнин.

Виникати і розвиватися карст може лише в разі одночасної присутності підземних вод і гірських порід, які мають здатність до розчинення. Якщо одна з цих умов буде відсутня, карст не буде розвиватися.

Основні фактори, які сприяють утворенню та розвитку карсту:

- 1) розчинність гірських порід;
- 2) умови їх залягання;
- 3) особливості порід покрівлі;
- 4) умови циркуляції підземних вод;
- 5) хімічний склад і температура підземних вод;
- 6) рельєф місцевості.

Як відомо, найбільшу розчинність мають галіт і силвін, значно меншу – гіпс і ангідрит, ще меншу – вапняки та доломіти. За рівних умов інтенсивність карстоутворення визначається чистотою порід, які розчиняються: чим менше вони містять

нерозчинних домішок, тим енергійніше проходить карстоутворення, тому що ці домішки сприяють закупорці (кольматації) тріщин.

Лише активні тріщини (не менше 1 мм) є шляхами для циркуляції підземних вод, у менших тріщинах рух води уповільнюється.

Інтенсивність карстоутворення визначається потужністю шарів порід, які здатні розчинятися. Якщо вона мала, утворення карстів менш небезпечне, тому що виключається можливість утворення значних порожнин. До того ж малопотужні пласти розчинних порід перешаровуються глинами, які містять глинисті частинки, що обумовлюють кольматацію тріщин. Це веде до загасання карсту.

Інтенсивність розвитку карсту також визначається рівнем підземних вод, який залежить від положення базису ерозії. Якщо базис ерозії знижується, карстовий процес може початися і заглибитися, доки рівень підземних вод не досягне місцевого базису ерозії. У разі неглибокого залягання підземних вод усі порожнини в породах можуть бути заповнені водою, що обумовить слабкий рух води, тобто слабке карстоутворення. Якщо підземні води залягають глибоко в породі, може бути вільна циркуляція, тому карстові явища проходять інтенсивніше.

Значну роль у процесі розвитку карсту відіграють рельєф і клімат місцевості. Найінтенсивніше розвиток карсту відбуватиметься в районах із зливним характером опадів, які сприятимуть змиву нерозчинних залишків з поверхні породи. Горизонтальний або слабохвилястий характер місцевості, піднятої досить високо над рівнем моря, теж сприяє швидкому розвитку карсту.

Швидкість карстоутворення визначається хімічним складом і температурою води. Якщо вона містить CO_2 , має підвищену температуру, процес карстоутворення прискориться.

Для розвитку карсту потрібні такі умови: наявність розчинних порід, доступних до проникнення в них води системою тріщин, наявність умов для циркуляції води і винесення продуктів розчинення, відповідні швидкості та склад води. Наявність цих умов визначає діючий карст.

Райони, де карст набув досить великого поширення, мають специфічні форми рельєфу.

Замість зв'язаних між собою річкових долин у карстових районах утворюються окремі замкнені різні за формою і розмірами западини. На різних стадіях свого розвитку вони мають різні назви: карри, понури, воронки, улоговини.

Карри – борозноподібні невеликі заглибини на поверхні породи, що характеризують початкову стадію розвитку карсту, яка далі переходить у стадію понор.

Понорами називають вертикальні отвори (карстові колодязі), що мають значну глибину порівняно з поперечними розмірами. Розвиваючись далі, понори переходять у воронки, які можуть досягати в діаметрі кількох десятків, а іноді і сотень метрів.

Збільшуючись у своїх розмірах, кілька воронок зливаються в одне загальне зниження – *уловину*.

Разом з поверхневими формами карсту відбувається розвиток підземних форм – це печери, галереї.

Печери – підземні пустоти різних форм і розмірів, які утворюються в розчинних породах. Горизонтальні розгалуження печер називають галереями.

Довжина найбільшої печери Європи – Постойна Яма (височина Карст) на березі Адріатичного моря – перевищує 20 км. Великі печери відомі у вапняках штату Кентуккі в США, де так звана Мамонтова печера має зі своїми бічними відгалуженнями довжину понад 200 км. В Україні печери зустрічаються в Криму, Карпатах, на Донбасі.

У карстових печерах нерідко прокладають собі шлях підземні річки, що тягнуться на кілька десятків кілометрів (р. Суха поблизу селища Волноваха Донецької області).

Боротьба з карстом дуже важка, вона вимагає значних витрат і не завжди дає позитивні наслідки. Заходи в боротьбі з карстом мають бути спрямовані на те, щоб припинити надходження і течію води по утворених порожнинах. Досягають цього, перекриваючи виходи на земну поверхню порід, що карстуються, і заповнюючи порожнини бетоном, грубим піском, теплим асфальтом та іншими заповнювачами.

Досить часто через труднощі і дорожнечу боротьби з карстовими явищами переносять будівництво з закарстованих ділянок на ділянки зі сприятливішими інженерно-геологічними умовами. У разі неможливості обходу карстового району треба ретельно досліджувати геологічні властивості місцевості з обов'язковим частим свердлуванням.

6.2.2. Суфозія

Розрізняють механічну і хімічну суфозію. *Хімічна суфозія* – це карстові явища.

Під *механічною суфозією* розуміють механічне вимивання частинок породи, найчастіше піщаної, текучою підземною водою.

Сприятливими умовами для розвитку механічної суфозії є:

- 1) висока пористість піску (40-50 %);
- 2) співвідношення діаметрів зерен суміжних фракцій $\frac{d_1}{d_2} > 20$;
- 3) турбулентний режим потоку, можливий у пісках тільки при градієнті фільтрації $J=5$;
- 4) чергування шарів піску зі співвідношенням їх коефіцієнтів фільтрації більш ніж у два рази.

У місцевостях, схильних до суфозії, утворюються суфозні воронки. Це западини круглої форми глибиною до кількох метрів. Частіше за все вони утворюються вздовж русел річок і ярів. У деяких випадках воронки поглинають стічні води, розширюються і на поверхні землі з'являються провали.

Якщо суфозні форми рельєфу багаточисленні і охоплюють значні площі, то такі ділянки називають суфозними полями.

Механічна суфозія – небезпечне явище, яке нерідко призводить до виникнення зсувів, руйнування споруд і будівель (рис. 6.16).

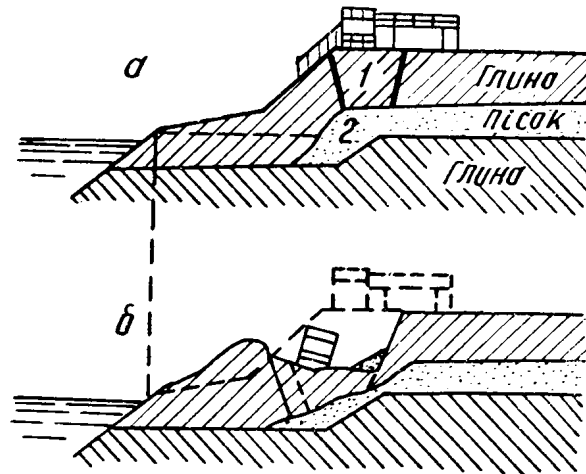


Рис. 6.16. Зсув, викликаний винесенням водою піску з підстильного пласта: а – початок зсуву; б – проміжний стан зсуву; 1 – зсувний схил; 2 – підстильний пласт

Щоб запобігати механічній суфозії, треба вживати заходів до зменшення швидкостей фільтрації шляхом силікатизації, цементації, бітумізації тощо. Серед заходів боротьби з суфозією застосовують перехоплення підземних вод дренажем з метою запобігання руху води в породах.

6.2.3. Глиняний карст

З явищем суфозії пов'язаний глиняний карст, який виникає в рухливих піщано-глинистих породах, гіпсових і мергелистих породах, процес утворення його зумовлений механічним винесенням частинок породи через підземні канали, утворені раніше внаслідок розчинення солей. Таким чином, глиняний карст має карстово-суфозійні причини.

Аналогічні наслідки має так званий карст у лесгах, вапнякових і гіпсових конгломератах, а також у пісковиках, тому що в цьому випадку руйнування породи відбувається хімічним шляхом, а винесення піску – механічним.

Дослідження свідчать, що суфозійні порожнини в лесгах схожі з карстовими, але мають свої особливості. Вони мають вертикальні стінки призматичного або циліндричного поперечного перерізу, їх довжина в горизонтальному напрямку та розміри печер значно менші.

Суфозійні форми порожнин у лесах дуже нестійкі, стінки швидко руйнуються. Розміри заглиблень на поверхні землі в діаметрі 0,3-1 м, рідко – 1-2 м.

Суфозія в лесах і глинистих породах – наслідок не тільки гідродинамічного тиску, а також складних фізико-хімічних процесів.

Заходи щодо запобігання суфозії у глинах і лесах зводяться до перехоплення поверхневих і ґрунтових вод різного роду дренажними спорудами.

6.2.4. Просідання ґрунтів

Просідання – здатність ґрунтів при стійкому зволоженні зменшувати свій об'єм і деформуватися.

Явище просідання ґрунтів характерне для лесових порід (леси, лесоподібні суглинки, рідше лесоподібні супіски). Вони дуже поширені на Землі і вкривають 15 % суходолу. На території СНД потужність лесових товщ не перевищує 30-40 м, у Китаї вона досягає 100 м. Леси розповсюджені також у Західній Європі та Південній Америці. В Україні вони залягають у південній частині. Найбільш поширені у Дніпропетровській і Запорізькій областях, де потужність пластів досягає 20-25 м.

За походженням лесові ґрунти бувають еоловими, водно-льодовиковими та пролювіальними.

Причиною просідання є значна пористість лесових ґрунтів – 44-55 % (іноді сягає 58-62 %). Крім звичайної мікропористості, характерної для ґрунтів, які містять частинки пилу та глини (розміром 0,05-0,005 мм і менше), лесовим ґрунтам властива макропористість. Великі пори розміром близько 1 мм (іноді більше), які можна розгледіти неозброєним оком, пронизують леси у вигляді вертикальних трубочок.

Леси та лесові ґрунти складаються переважно з фракцій пилу та мають жовтий або жовто-бурий колір. Природна вологість дорівнює 7-12 % з можливістю збільшення до 20-23 %.

У природних умовах при невеликій вологості леси та лесові ґрунти мають значну механічну міцність і стійкість в укосах, зберігають майже вертикальне положення при висоті укосу до 10 м. При зволоженні в результаті фізичної дії води

(розклинювального ефекту тонких плівок зв'язаної води) і хімічного розчинення солей, які складають скелет ґрунту, порушуються структурні зв'язки між частинками, і вони укладаються більш щільно. При цьому зменшується пористість і виникають вертикальні деформації (осідання). Інтенсивність ущільнення залежить від характеру структурних зв'язків, їх міцності, складу солей, вологості та пористості порід, величини навантаження (у тому числі і власної ваги на ущільнену товщу). Залежно від дії цих факторів ущільнення може відбуватися швидко або продовжуватися тривалий час. Тому просідання в деяких випадках починається значно пізніше за зволоження породи.

Ступінь просідання лесових ґрунтів визначається такими даними:

- 1) гранулометричний склад;
- 2) мінеральний склад;
- 3) пористість;
- 4) потужність шару.

Залежно від виду просідання лесових порід виділяють такі типи ґрунтів:

1. Просідні леси (при замочуванні деформуються від власної ваги).

2. Леси, які просідають при замочуванні (у вигляді великого додаткового осідання) лише в разі довантаження від споруди.

3. Леси, які просідають при замочуванні (у вигляді невеликого додаткового осідання) у разі довантаження від споруди.

4. Леси стійкої структури (не реагують на замочування).

Леси першого типу дають просадки до 2,5-3 м. Леси другого типу, довантажені додатковим тиском, створюють додаткове осідання, іноді в 10-20 разів більше, ніж звичайне. Для лесових ґрунтів третього типу характерна значна кількість глинистих частинок, які у слабоущільненому стані набрякають. До четвертого типу належать леси, які залягають нижче рівня ґрунтових вод. Вони вже ущільнилися і тому не мають здатності просідати.

Явище просідання лесових порід спричиняє нерівномірне осідання будинків і споруд, що призводить до деформації фундаменту, утворення у стінах будинків і споруд тріщин, нерівномірного нахилу споруд, порушення роботи механізмів, що знаходяться в будинках. У ряді випадків осідання можуть досягти таких значних розмірів, що створюється загроза цілковитого зруйнування.

Просідання в лесових породах утворюються не тільки при будівництві. Це явище спостерігається також на вододілах і високих терасах річкових долин, укритих лесом і лесоподібними суглинками, у вигляді численних замкнених знижень овальної форми – так званих степових западин.

Просідання виникає внаслідок зволоження лесових порід, зокрема коли під фундаментами будинків і споруд підіймається рівень ґрунтових вод. При цьому підймання рівня ґрунтових вод часто пов'язано не тільки з проникненням у породу атмосферних опадів, а також і з втратами господарських вод (втрати з водопровідної та каналізаційної мереж тощо). Іноді підймання ґрунтових вод може бути викликано спорудженням у районі будівництва гребель і водосховищ. Деякі фахівці схильні пояснювати підймання рівня ґрунтових вод під фундаментами споруд зміною природного теплового режиму і створенням під фундаментами умов, що сприяють конденсації пари повітря.

Проблема підвищення рівня ґрунтових вод і підтоплення фундаментів будівель дуже актуальна для України в наш час. Найбільш активно це явище поширюється на півдні України, де і залягають лесові ґрунти на великих площах.

Способи усунення просідання:

1. Усунення просідних властивостей ґрунтів механічними та фізико-хімічними способами шляхом попереднього замочування, механічного ущільнення, випалу, силікатизації, глинізації.

2. Охорона просідних ґрунтів в основі від замочування шляхом виведення поверхневих вод і забезпечення неможливості замочування.

3. Прорізування товщі просідних ґрунтів фундаментами будівель і споруд.

4. Застосування конструкцій будівель і споруд зі спеціальними пристосуваннями до просідання основ.

До механічних способів належать: замочування ґрунтів, замочування з попереднім виконанням вибухових робіт, поверхнєве трамбування.

Спосіб замочування. Виривають котлован з меншими розмірами порівняно з запроектованими. Дно засипають шаром щебеню товщиною 10 см і наливають воду. Після стабілізації вертикальних деформацій котлован осушують і розробляють його до проектної відмітки. Іноді після замочування виконують трамбування.

Спосіб замочування з попереднім виконанням вибухових робіт. Практикою встановлено, якщо товщу лесових ґрунтів насичують водою на невелику глибину, не завжди від замочування здійснюється потрібне ущільнення. Тому з метою більш глибокого проникнення води і більш повного ущільнення рекомендують попередньо пробурити свердловини на дні котлована. Ці свердловини заряджають вибухівкою та підривають. При цьому лесовий ґрунт розпушується, потім котлован заливають водою, яка проникає на значно більшу глибину. Таким чином, здійснюється необхідне ущільнення лесового ґрунту.

Спосіб поверхнєвого трамбування. Його застосовують у разі неглибокого залягання лесових ґрунтів. Цей метод неефективний в умовах мало- і сильнозволожених і водонасичених порід. Поверхнєве трамбування здійснюють за допомогою спеціальних трамбівок вагою 1-2,5 т. Вона підвішується до крана та скидається з висоти 3,5-4 м. Для досягнення потрібного ущільнення треба нанести 5-10 ударів трамбівкою (рис. 6.17).

Найбільш поширеним способом штучного ущільнення лесових ґрунтів є попереднє замочування порід в основі споруд з наступним механічним ущільнюванням їх трамбуванням. Цей метод неефективний в умовах мало- і сильнозволожених і водонасичених порід.

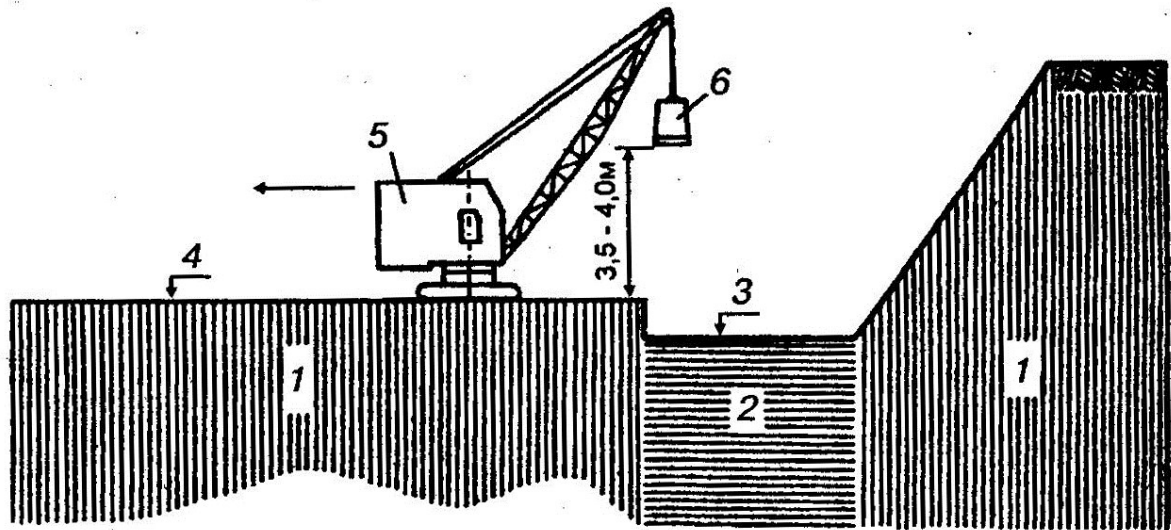


Рис. 6.17. Схема поверхневого трамбування просідного лесового ґрунту:

1 – просідний лесовий ґрунт неущільнений; 2 – ущільнена ділянка;
 3 – проектна відмітка дна котлована; 4 – відмітка розробки дна котлована; 5 – кран; 6 – залізобетонна трамбівка

Якщо просідні ґрунти залягають на значній глибині і вага шару, що лежить вище, достатня для більшого ущільнення, можна застосовувати лише попереднє замочування. Для цього бурять свердловини, заповнюють їх фільтруючим матеріалом (крупний пісок, гравій, гранульований шлак). Потім до свердловин неупинно подають воду. За допомогою геодезичних спостережень чекають повного ущільнення ґрунтів. Тривалість таких робіт може досягати 6 - 8 місяців. Такий спосіб застосовується лише на незабудованих ділянках, тому що в процесі ущільнення ґрунтів раніше побудовані споруди можуть деформуватися.

Іноді застосовують так звані ґрунтові палі. Особливо це доцільно при великій товщі лесових порід, бо розкриття всієї товщі порід котлованом – дорогий і трудомісткий захід. Для цього протягом 48 год замочують спокійним струменем води котлован, відкритий до проектної відмітки закладення фундаменту. Потім у породі проходять свердловини шляхом забивання конусоподібного наконечника – сердечника. У пройдені свердловини засипається та сама лесова порода і ущільнюється по шарах механічним трамбуванням. Міцність основи в цьому випадку підвищується як від ущільнення породи, засипаної у

свердловину, так і від збільшення щільності порід, які прилягають до стінки свердловини у зв'язку з забиванням у породу сердечника.

За наявності в товщі лесових порід підземних вод глибина ущільнення обмежується найвищим їх рівнем, бо нижче від цього рівня породи просідних властивостей не мають.

Метод термічного зміцнювання (закріплення) просідних порід полягає в термічній обробці лесу шляхом спалювання горючих сумішей у пробурених свердловинах. Цей метод здійснюється двома способами. За першим способом у спеціально пробурені свердловини закачують повітря, яке розжарюють у спеціально облаштованих агрегатах до температури 600-800 °С. За другим способом безпосередньо у свердловині спалюють різноманітні види палива (газ, солярка, нафта, кокс, вугілля). Навколо свердловини протягом 5-15 діб утворюється укріплений масив ґрунту діаметром до 3 м і глибиною до 10-15 м. При спалюванні рідкого палива у свердловині (до 80-120 кг на 1 пог. м) утворюється термічна паля діаметром 1,5-2 м, а при витратах палива 120-180 кг на 1 пог. м діаметр термічної палі зростає до 3 м. Порода набуває цеглистого вигляду і цілком втрачає свої просідні властивості. Міцність закріплених ґрунтів досягає 100 МПа. Термічне закріплення ґрунтів розповсюджується на 1-1,2 м від свердловини, тому відстань між свердловинами повинна бути не більше 2 м (рис. 6.18). Даний спосіб застосовувався при будівництві багатопверхових будинків у Запоріжжі, де потужність лесових ґрунтів досягала 11 м.

Спосіб закріплення лесів шляхом силікатизації полягає в тому, що в ґрунт через спеціальні ін'єктори закачують розчин рідкого скла під тиском 0,2-0,3 МПа. Радіус впливу при цьому 0,5-0,8 м, міцність породи досягає опору стиснення 0,6-0,8 МПа, вона стає водотривкою.

Силікатизація з успіхом застосовувалась для закріплення лесової основи Одеського оперного театру, при будівництві високих заводських труб у Запоріжжі та заводу в Нікополі.

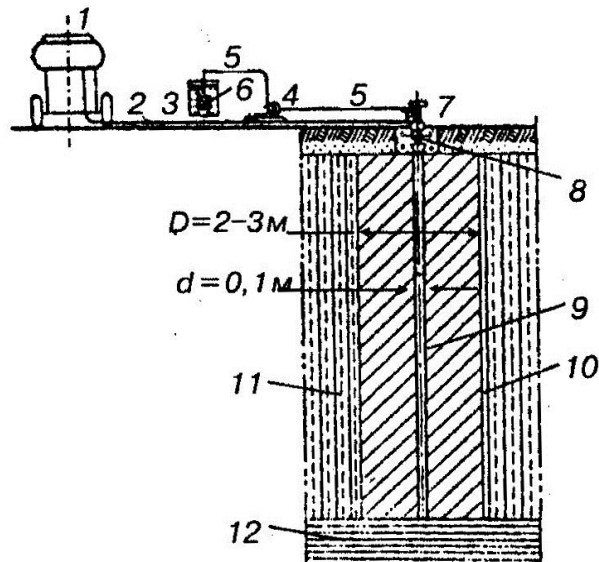


Рис. 6.18. Схема установки для термічного закріплення просідного лесового ґрунту: 1 – компресор; 2 – трубопровід для холодного повітря; 3 – резервуар для рідкого палива; 4 – насос для подачі палива до свердловини; 5 – трубопровід для палива; 6 – фільтр; 7 – форсунка; 8 – затвор з камерою згоряння; 9 – свердловина; 10 – зона термічного закріплення; 11 – просідний ґрунт; 12 – непросідний ґрунт

Для закріплення вологих лесових ґрунтів з малим коефіцієнтом фільтрації застосовують *електросилікатизацію*. При цьому разом нагнітають рідке скло до ін'єкторів і електродів, які забивають у ґрунт між ін'єкторами, і подають електричний постійний струм до них. Це сприяє швидкому знищенню вологи і заповненню пор рідким склом.

Засіб *глинізації* полягає в ін'єкції до ґрунту під тиском водної суспензії глини певного складу. Вона заповнює макро- і мікропори лесових ґрунтів і посилює зв'язки між частинками, припиняє можливість виникнення просідання.

Прорізання товщі просідних ґрунтів фундаментами досягається такими шляхами:

- 1) заглиблення фундаментів будівель і споруд нижче лесових ґрунтів;
- 2) влаштування у збірних конструкціях міцних стиків і армованих поясів,
- 3) збільшення площі обпирання елементів конструкцій;
- 4) застосування спеціальних конструкцій фундаментів.

Основною гарантією успішного будівництва на лесових ґрунтах слід вважати забезпечення високої якості будівельних робіт.

6.2.5. Пливуни

Пливунами називають насичені водою ґрунти, які починають текти і опливати, якщо їх розкрити шурфами, котлованами, шахтами або іншими виробками. До таких ґрунтів належать пилуваті ґрунти, піски та супіски.

До розкриття виробками такі ґрунти мають властивості твердого тіла, після розкриття отримують властивості в'язкої рідини. Пливуни мають добру несучу здатність, якщо їм нікуди розпливатися.

Усі пливуни поділяють на два види: несправжні та справжні.

Несправжні пливуни – це звичайні дрібні та пилуваті піски, що знаходяться у зваженому стані в результаті наявності деякого гідродинамічного тиску підземних вод. Перехід до пливунного стану зумовлений тим, що під дією цього тиску зникає внутрішнє тертя між частинками і вони приходять до руху. Таке ж явище відбувається в разі гравітаційного опливання несправжніх пливунів у стінках виробок.

Справжні пливуни – пилуваті піски та супіски, які стають рухомими у зв'язку не тільки з наявністю гідродинамічного тиску, а й з присутністю у ґрунті органо-мінеральних колоїдних частинок (діаметр $< 0,0005$ мм), що знаходяться на поверхні піщаних частинок і надають справжнім пливунам тиксотропних властивостей.

Тиксотропність – здатність породи розріджуватися під впливом раптово прикладеного навантаження або струшування і знову ущільнюватися після періоду спокою.

Тому в період спокою справжній пливун являє собою звичайну щільну масу, що важко піддається розробці лопатою і вільно витримує певне стиснення. Як тільки пливун виводять зі стану спокою при розробці котлована, він легко розріджується, перетворюючись у важку в'язку рідину, що повільно заповнює котлован.

Кожний вид пливунів має свої ознаки.

Справжні пливуні мають такі характерні властивості:

- 1) наявність частинок розміром менше 0,005 мм у кількості 5-18 %, іноді й більше;
- 2) висока пористість 43-45 %;
- 3) висока вологостійкість;
- 4) достатньо велика густина 1800-2200 кг/м³ завдяки присутності колоїдних частинок;
- 5) малий коефіцієнт фільтрації;
- 6) погана водовіддача;
- 7) цементация частинок після висихання внаслідок клеючої дії колоїдних частинок.

Після висихання пливун перетворюється у звичайний супісок. Для справжніх пливунів вологість 14-15 % є критичною, якщо вона збільшується, пливун починає опливати. З заглибленням котлована в бокових стінках пливуну формуються ніші і невеликі печери, які швидко обвалюються. Пливун дуже повільно рухається від стін котлована до найбільш знижених його частин, утворюючи пологі укуси. Вода в котловані сірувато-молочного кольору. Вода в місцях, де нема руху, не освітлюється, каламуть не осідає. Виїмка ґрунту йде важко. Риючий засіб входить до пливуну з великими зусиллями. Характерно, що при розгойдуванні лопата заглиблюється без тиску на неї, тобто лише під дією власної ваги. Це пояснюється розжиженням піску за рахунок води, яка міститься в ньому. Справжні пливуні своєрідно ведуть себе під час забивання у них палів. Забивання відбувається частими ударами невеликої сили і палия легко входить у ґрунт. Пісок біля палі при цьому не підіймається, а навпаки опускається. Дуже швидко після забивання палі має велику несучу здібність у результаті тиксотропного структуроутворення пливунів. Удари, струшування та вібрації руйнують тиксотропну структуру і пісок "пливе".

Через деякий час у спокійному стані структура відновлюється, а разом з нею і міцність піску, яку він мав у природних умовах.

Несправжні пливуні мають меншу щільність 1600-1800 кг/м³. Колоїдні частинки в них відсутні. Цементация після висушування в несправжніх пливунів не відбувається. Вода

в котловані прозора або слабокаламутна. Коефіцієнт фільтрації становить 1-4 м/доба, тому осушення котлована проводять досить легко водяними насосами.

У справжніх пливунах більша частина води знаходиться у зв'язаному стані, отже усунути її надзвичайно важко і через це боротьба з такими пливунами набагато трудніша, ніж з несправжніми пливунами.

Незважаючи на обводнення, ґрунти, які утворюють пливуни, можуть бути надійною основою, якщо не припущено їх винесення з-під фундаменту. Відомі такі випадки, коли при необачному усуненні пливуна з виїмки створюється небезпека деформацій наявних поблизу будинків і споруд, бо кількість виїнятої породи часто більша від об'єму виїмки в багато разів, особливо коли проходження йде повільно і пливун увесь час надходить до виїмки (рис. 6.19).

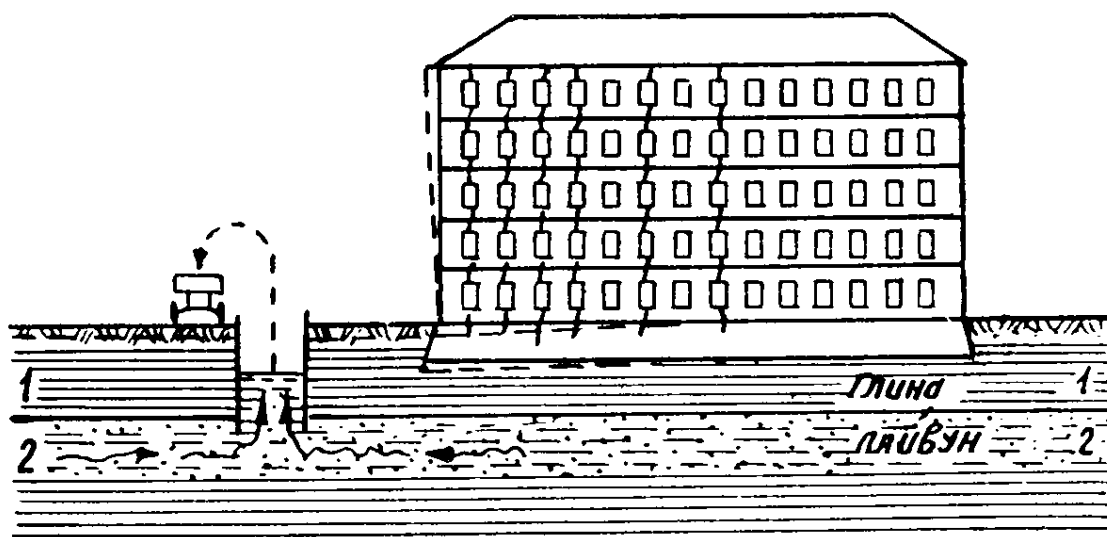


Рис. 6.19. Нерівномірне осідання існуючого будинку, викликане неправильним проведенням земляних робіт при проходженні виїмки поблизу будинку

Таким чином, уся складність будівництва на пливунах зводиться до вміння проводити земляні роботи, споруджувати фундаменти та стінки підвалів, не допускаючи винесення пливуна до котлована.

Заходи боротьби з пливунами

Основні заходи для подолання труднощів, що створюють пливуни при будівництві, такі:

1. Штучне заморожування.
2. Хімічне закріплювання (силікатизація).
3. Штучне осушення.
4. Електрохімічне закріплювання.
5. Шпунтове кріплення.
6. Кесонний спосіб.

Штучне заморожування може бути застосоване для будь-яких пливунів, справжніх і несправжніх. Вибір між цим способом та іншими визначається виключно техніко-економічними розрахунками.

Заморожування ґрунтів полягає в тому, що через циркуляцію у спеціально пробурених свердловинах охолоджених розчинів солей (звичайно хлористого кальцію, який замерзає при температурі мінус 34 °С) вода в породі замерзає. Завдяки цьому порода набуває високої механічної міцності і водонепроникності. Заморожений пливун не поступається міцністю цеглі.

Особливості застосування заморожування:

- 1) тимчасовий характер закріплення;
- 2) значна тривалість процесу заморожування (іноді 30-40 діб);
- 3) відносно невелика глибина дії (залежить від тривалості і протягом 30-40 діб досягає 2-2,5 м);
- 4) значний об'єм робіт з буріння свердловин, які розташовуються в один або декілька рядів.

Основним способом хімічного закріплення є *силікатизація*. Існують два способи силікатизації: дворозчинний і однорозчинний.

У першому способі через систему трубок (ін'єкторів, забитих у породу) нагнітаються по черзі два розчини: спершу рідке скло (силікат натрію), а потім розчин хлористого кальцію. Внаслідок хімічної реакції між цими двома розчинами виділяється твердіючий гель кремнієвої кислоти і порода досить швидко й міцно закріплюється. Незв'язаний пісок перетворюється у штучний пісковик з досить міцним кременистим цементом.

Цей спосіб можна застосовувати для порід, що мають коефіцієнт фільтрації 2 - 4 м/доба, радіус закріплення змінюється від 0,5 до 0,6 м. При менших коефіцієнтах фільтрації спосіб дворозчинної силікатизації не може бути застосований.

У таких породах розчини внаслідок своєї в'язкості не можуть проникати і рівномірно заповнювати дрібні пори, через це радіуси закріплення незначні.

Для закріплення порід з коефіцієнтом фільтрації, меншим за 2 м/доба, застосовується спосіб однорозчинної силікатизації. Він полягає в нагнітанні в породу рідкого скла з домішками фосфорної кислоти. Цей розчин надає породі водостійкості і збільшує міцність, однак вона значно менша, ніж при дворозчинній силікатизації.

Штучного осушення досягають, знижуючи рівень ґрунтових вод відкачуванням. У результаті створюється зона збезводнених порід, у яких полегшується проходження котлованів.

Однак не будь-який пливун можна осушити відкачуванням. Пилувато-глинисті піски та справжні пливуні з їх дуже малою водопроникністю і водовіддачею не піддаються осушенню, бо створюються настільки незначні радіуси осушення, що при них неможливо добитися потрібних результатів.

Закріплення пливунів шляхом їх осушення успішно застосовується в середньозернистих пісках з діаметром зерен 0,3-0,4 мм і коефіцієнтом фільтрації близько 5 м/доба.

Осушення котлована можна досягти шляхом тимчасового зниження рівня ґрунтових вод у пливуні, застосовуючи голкофільтри. Голкофільтр складається з металевої труби діаметром 50-70 мм. Знизу труба має спеціальний наконечник з клапаном; вище по довжині 1-1,5 м вона перфорована і вкрита фільтровою сіткою (рис. 2.3).

Голкофільтри з'єднують по кілька штук у групи, які мають свій насос. Такі групи голкофільтрів називають голкофільтровими установками (рис. 6.20).

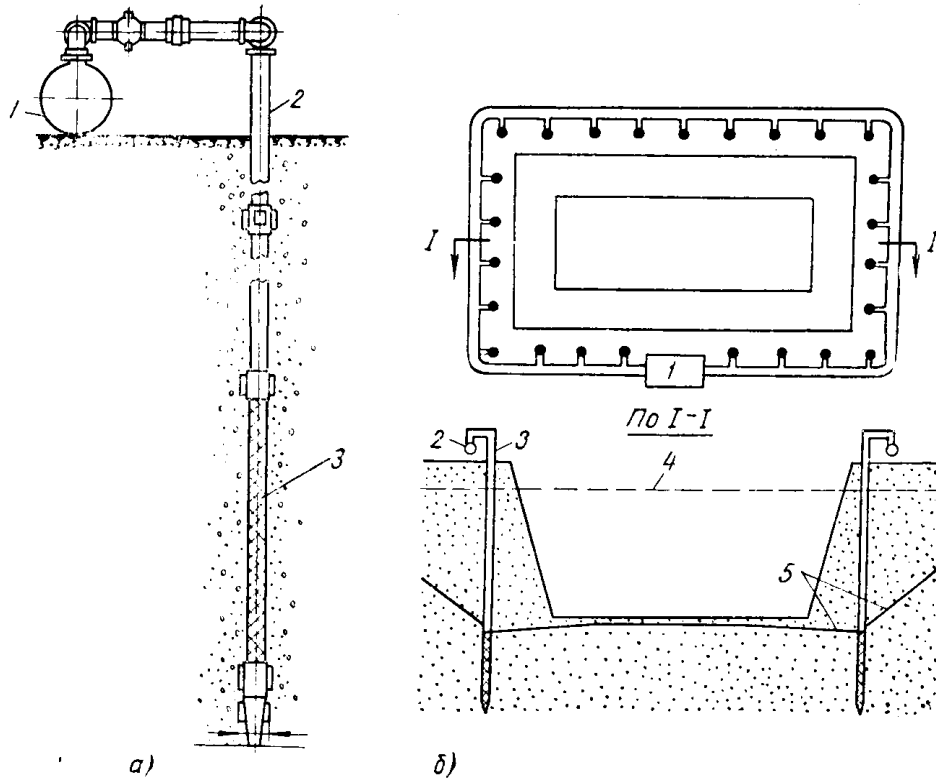


Рис. 6.20. Осушення котлована голкофільтрами: а – схема голкофільтрової установки: 1 – сітчастий фільтр; 2 – наконечник; 3 – кульовий клапан; 4 – отвори в трубі; 5 – колектор; б – схема розташування голкофільтрів: 1 – пересувна водознижуюча установка; 2 – колектор; 3 – голкофільтр; 4 – початковий рівень ґрунтових вод; 5 – знижений рівень ґрунтових вод

Для занурення через трубу голкофільтра нагнітається вода, яка виходячи отвором у наконечнику, розмиває породу. Занурення проходить під впливом власної ваги голкофільтра і працівників, що обслуговує установку, доводиться тільки направляти його.

Швидкість зниження рівня води на невеликій площі залежно від водопроникності осушуваного пласта і густоти розміщення голкофільтрів коливається від кількох годин до кількох днів.

Голкофільтрова установка знижує рівень води в пісках з коефіцієнтом фільтрації не менше 0,2 м/доба.

Після зниження рівня ґрунтових вод на 0,5-1 м нижче відмітки закладання фундаменту в тимчасово осушеному ґрунті починають проходку котлована.

Якщо справжні пливуні погано віддають воду, застосовують електродренаж (накладання постійного електричного струму на голкофільтри та на самостійні електроди).

Електрохімічне закріплення застосовується у пливунах, які не можна закріпити відкачуванням або нагнітанням рідких закріплювальних розчинів.

Спосіб електрохімічного закріплення ґрунтується на впливі постійного електричного струму на так звану активну частину породи, тобто на частинки менше 0,005 мм. У породу забивають металеві електроди. Катодом є сталева труба, перфорована в нижній частині. Електродами пропускають постійний електричний струм, внаслідок чого відбувається так званий електроосмос, тобто пересування зв'язаної води від анода до катода. Воду, що скупчується в катоді – трубі, періодично відкачують. Електроосмос збезводнює породу і збільшує її міцність.

Шпунтове кріплення полягає в тому, що навколо майбутнього котлована забивають дерев'яні, залізобетонні або найчастіше металеві шпунтини, які утворюють суцільну огорожу, що захищає котлован від пливунів. Шпунтини забивають із заглибленням у стінки породи, що унеможлиблює підпливання пливунів під шпунтову стінку в котлован.

Кесонний спосіб проходки пливунів застосовують при спорудженні мостових стояків, колон, глибоких фундаментів. Суть його полягає в тому, що в підземну виробку нагнітають стиснене повітря, яке врівноважує тиск води і таким чином нейтралізує одну з причин утворення пливунів.

6.3. Процеси, обумовлені дією від'ємних температур

6.3.1. Морозне здимання порід

На територіях, де взимку температура повітря нижче нуля, ґрунти промерзають на деяку глибину, а в теплу пору року відтавають. Це явище називають сезонним промерзанням. Цей важливий показник враховують при визначенні глибини закладання фундаментів споруд.

На величину сезонного промерзання поверхні землі впливають такі фактори:

- 1) потужність снігового покриву;
- 2) рельєф поверхні;
- 3) геологічна будова;
- 4) гідрогеологічні умови.

Найбільша глибина промерзання помічена у гравійних і гравійно-галечних ґрунтів, найменша – у глинистих. Головними деформаціями, пов'язаними з сезонним промерзанням і відтаненням ґрунтів, є здимання під час промерзання і осідання під час відтанення.

Здимання ґрунтів – це збільшення в об'ємі під час промерзання у зв'язку з утворенням льоду у верхній частині ґрунтів у вигляді прошарків, лінз та окремих кристалів льоду в результаті міграції води до фронту промерзання.

Вирами називають місцеві підняття верхньої споруди колії (рейок, шпал, баласту), викликані сезонним промерзанням ґрунтів. Висота вирів може досягати 20 см і більше. Завдяки утворенню горбів і западин рейкова колія набуває хвилеподібного профілю з різкими переломами.

Інтенсивність здимання визначається вологістю глинистих порід. Деякі спеціалісти вважають, що морозне здимання порід відбувається при вологості, яка дорівнює межі розкочування або її перевищує.

Найбільший ефект морозного здимання спостерігається у ґрунтів, які містять 50-70 % пилюватих частинок. У них підймання земної поверхні при промерзанні досягає найбільшої величини.

Залежно від місцезнаходження шару, який викликає нерівномірне здимання, вири розподіляють так:

- 1) баластні (поверхневі), які не перевищують 3-5 см у висоту;
- 2) ґрунтові (корінні), досягають 30 см.

Для боротьби з баластними вирами влаштовують поверхневе відведення атмосферних і господарських вод, запобігаючи зволоженню ґрунтів.

Утворенню ґрунтових вирів запобігають, не допускаючи воду до фронту промерзання, що досягається влаштуванням дренажів під канавами, утворенням прошарків з гравію, гальки, щебеню та інших фільтруючих матеріалів у земляному полотні, щоб припинити капілярне підймання води.

Іншою формою деформацій земляного полотна є баластні корита, вони викликають просідання колії та порушення уклону. Баластні корита виникають навесні, коли ґрунт знаходиться у стані збільшеного зволоження. Динамічні навантаження від потягів, що рухаються, викликають у таких ґрунтах значні розтягувальні зусилля, у результаті яких виникають тріщини, які частіше з'являються в підшві баластної призми. Розріджений ґрунт виливається через тріщини на поверхню. При цьому він змішується з баластом.

Таким чином, **баластні корита** – заглиблення в головній ділянці земляного полотна під кожною шпалою. Подальший розвиток баластних корит призводить до утворення баластних кишень, мішків, лож, які розповсюджуються на глибину 3-4 м (рис. 6.21).

Спливання укосів виникають внаслідок перезволоження порід у процесі промерзання та різкого зменшення їх сил опору зрушенню при таненні. Спливання маси порід відбувається на межі з мерзлим ґрунтом. Особливо це явище поширене в південних районах територій вічної мерзлоти.

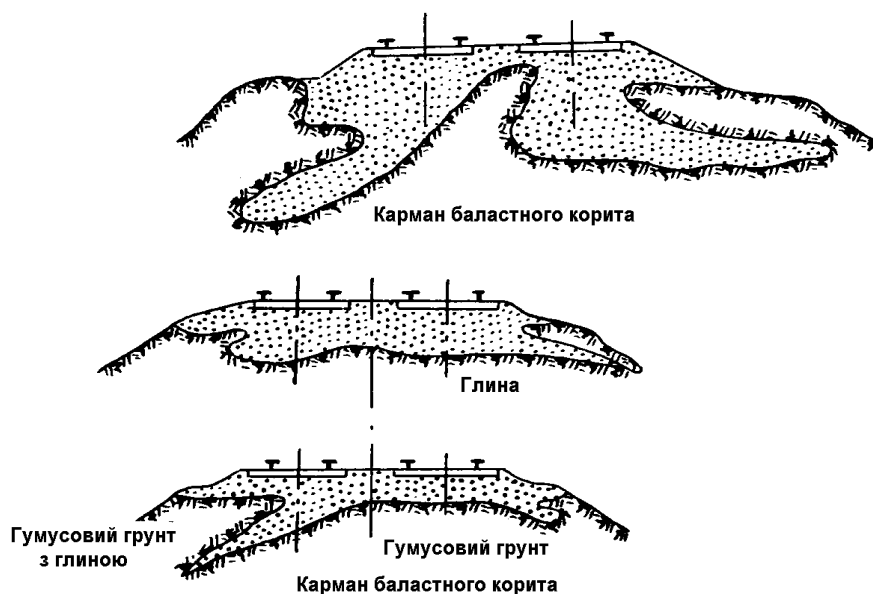


Рис. 6.21. Баластні корита

6.3.2. Вічна мерзлота

Райони півночі Європи, Азії та Північної Америки складаються з порід, у яких міститься лід. Ці породи не підлягають сезонному відтаненню і мають середню температуру мінус 1- мінус 2 °С. Це райони вічної мерзлоти.

Вічна мерзлота являє собою товщу гірських порід, у якій протягом невизначено довгого часу підтримується від'ємна температура, що обумовлює присутність у ній льоду, який цементує частинки порід.

Але навіть у районах вічної мерзлоти зустрічаються породи, у яких незалежно від їх температури циркулює вода, а також ґрунти з додатною температурою, їх називають таликовими або таликами. Вони утворюються під ріками, озерами, у місцях інтенсивного виходу підземних вод.

Залежно від розташування таликів відносно мерзлих порід вони бувають наскрізними та замкненими.

Гірські породи, розташовані в областях вічної мерзлоти, які щорічно розтавають влітку і замерзають взимку, складають діяльний шар. Його потужність залежно від географічного розташування району та складу порід змінюється від 20-30 см і до 3-4 м. У районах Півночі потужність діяльного шару зменшується. Найбільша потужність характерна для пісків, найменша – для торфу. Наприклад, на південь від 55° північної довготи, потужність діяльного шару досягає: у пісках 3-4 м, у глинистих породах 1,8-2,5 м, у торфі 0,7-1 м, а на узбережжі Льодовитого океану – у пісках 1,2-1,6 м, у глинистих породах 0,7-1 м, у торфі – 0,2-0,4 м.

Багаторічна мерзлота становить значну перепону для пересування підземних вод і тому практично розглядається як водотривкий шар. Але на ряді ділянок підземні води циркулюють у товщі багаторічної мерзлоти, для них шляхами є прошарки та прожилки талих порід серед мерзлої товщі. У зоні багаторічної мерзлоти виділяють надмерзлотні, міжмерзлотні та підмерзлотні води.

Класифікація вічної мерзлоти:

1. У плані:

а) суцільна (поширена на значній території);

б) з таликами (розчленована таликами на території різноманітної площини);

в) острівна (у вигляді островів серед необмежених просторів талих порід).

2. У вертикальному розрізі:

а) безперервна (на всій глибині в мерзлому стані);

б) шарувата (складається з чергування вічномерзлих і талих порід).

3. Відносно зимового промерзання:

а) зливна (взимку її поверхня щорічно зливається з шаром зимового промерзання) (рис. 6.22);

б) незливна (зливання не буває або буває не кожний рік) (рис. 6.22).

4. За температурним режимом:

а) діяльний шар;

б) вічномерзла товща (температура коливається від 0 до мінус 8 °С); підмерзлотна товща.

5. За фізичним станом:

а) монолітна (у рихлих породах частинки зцементовані льодом); суха (уламки порід незцементовані в моноліт внаслідок відсутності вологи);

б) пластична (буває у глинистих породах, які мають температуру від 0,1 до – 0,7 °С, але за зовнішнім виглядом не відрізняються від талих).

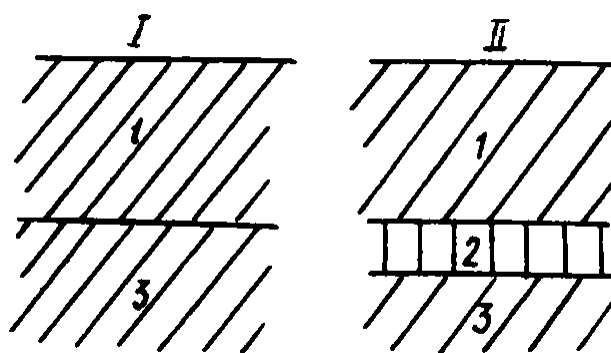


Рис. 6.22. Схеми будови вічної мерзлоти:

I – зливна; II – незливна; 1 – діяльний шар; 2 – проміжний шар з додатною температурою; 3 – вічномерзлі ґрунти

6.3.3. Фізико-геологічні явища, характерні для областей з вічномерзлими породами

У районах вічної мерзлоти будівельники зустрічаються з явищами, які небезпечні для експлуатації споруд.

Значних пошкоджень завдає будинкам і спорудам здимання діяльного шару. Процес цей пов'язаний із збільшенням об'єму порід основи при промерзанні в них води і появі в них значних додаткових напружень. При промерзанні відбувається змерзання (зчіплювання) породи основи з поверхнею фундаменту і його бічних граней. Ці сили зчіплювання намагаються підняти фундамент через збільшення об'єму породи і підймання її земної поверхні.

Явище здимання особливо позначається у глинистих породах, тому що внаслідок їх малої фільтраційної здатності вода, розширюючись при замерзанні, не знаходить виходу. У піщаних породах здимання виявляється значно менше.

Своєрідне явище, властиве зоні багаторічної мерзлоти, – прорив ґрунтових вод з утворенням полою (рос. “наледи”). Це явище пояснюється тим, що коли настає зима, ґрунтові надмерзлотні води затискаються між багаторічною мерзлотою і щораз товстішою замерзаючою масою діяльного шару. Вода, опинившись під тиском, шукає виходу, у найслабших ділянках прориває породу і, витікаючи на поверхню, замерзає, утворюючи полойні бугри – “полої”.

Розрізняють такі види полоїв:

- 1) ґрунтові;
- 2) річкові;
- 3) змішані.

Ґрунтові полої виникають у результаті прориву підземних вод на поверхню.

Перелічені види полоїв однорічні.

Зустрічаються багаторічні полої. Їх називають гідролаколитами. У діаметрі вони досягають декількох десятків і навіть сотень метрів, їх висота 20-40 м (рис. 6.23).

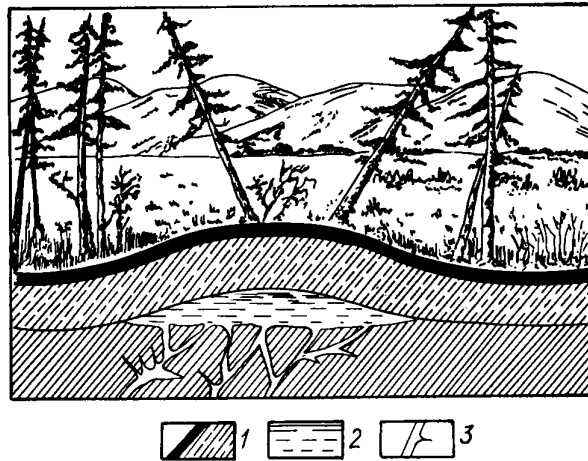


Рис. 6.23. Схема гідролаколіту:

1 – породи діяльного шару; 2 – лід; 3 – водоносна тріщина

Особливо великими є змішані полої, які виникають при сумісній дії підземних і річкових вод. Вони вкривають значні території (десятки та сотні тисяч квадратних метрів). Потужність досягає декількох метрів.

Полої завдають значної шкоди: пошкоджують або повністю руйнують будівлі та споруди, створюють загрозу руху залізничного та автомобільного транспорту, порушують роботу поверхневого дренажу. Запобігають пошкодженням від виникнення полоїв такі засоби:

- 1) снігозатримання;
- 2) штучне утеплення русла річок;
- 3) скидання теплих вод;
- 4) вибух полоїв;
- 5) відведення поверхневих вод;
- 6) перехоплення та зниження рівня ґрунтових вод;
- 7) влаштування мерзлотних поясів.

Мерзлотні пояси – це широкі неглибокі канали, які закладають поперек течії потоку підземних вод (рис. 6.24). Вони створюються для перешкоджання потоку ґрунтових вод на схилах і їх виведення на поверхню у вигляді полоїв вище споруд. Вони нескладні за влаштуванням, зручні, але потребують систематичного очищення від снігу взимку, а влітку – закриття шаром теплоізолюючого матеріалу (торф, мох).

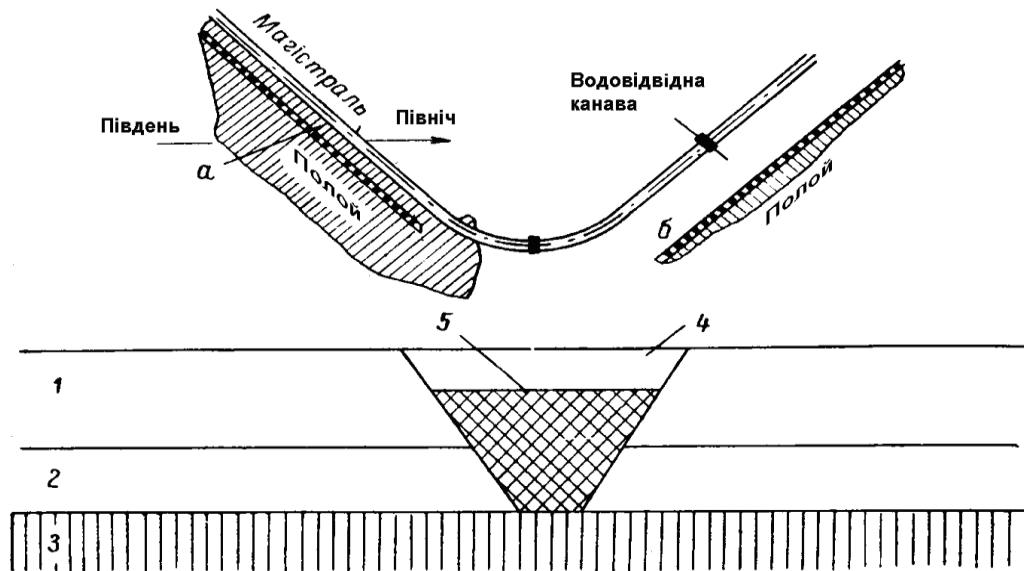


Рис. 6.24 Схема мерзлотного поясу:

1 – шар зимового промерзання; 2 – талий шар; 3 – вічна мерзлота;
4 – мерзлотний пояс; 5 – мерзлотна перемичка.

Мерзлотні пояси: а – довжина 175 м, ширина 3 м, глибина 1 м;
б – довжина 25 м, ширина 2 м, глибина 1 м

Рельєф районів вічної мерзлоти нагадує карстові явища. Завдяки зовнішній схожості це явище називають термокарстом.

Термокарст утворюється при розтаненні льоду у верхній частині вічної мерзлоти внаслідок підвищення температури. Характерними формами проявів термокарстів є воронки, блюдця, западини, улоговини, провальні озера, тріщини. Глибина воронок змінюється від декількох до десятків метрів.

Усі форми термокарсту за походженням поділяють на дві групи:

1. Безпосередньо термокарст, який пов'язаний тільки з явищем відтанення підземного льоду.

2. Термокарст змішаного походження, в утворенні форм якого беруть участь інші фізико-геологічні процеси: суфозія, явища просідання в лесових породах.

Термокарст є значною небезпекою для споруд, які вже побудовані або тільки будуються.

Соліфлюкція – переміщення по схилах водовмісних рухливих відкладань при сумісній дії сили тяжіння та процесів, пов'язаних з їх промерзанням і відтаненням.

Якщо ухил місцевості 7-10°, увесь шар, який відтає, зміщується як суцільне тіло, утворюючи спливання, що своїми проявами нагадують зсуви.

Якщо ухил невеликий (2-5°), рух ґрунтів має характер повільної в'язкої течії, яка охоплює одночасно великі площі схилів. Загальна потужність шару, який рухається, не перевищує 0,2-0,5 м.

Цей шар складається з супісків, суглинків із включеннями щебеню та глиб. У нижній частині схилу породи, які зміщуються, утворюють похилі натічні тераси та охоплюють віялом підніжжя горбів і пасм.

Також розповсюдженою формою соліфлюкційних переміщень ґрунтів є земляні потоки, які утворюються в результаті повільного руху ґрунтів по невеликих улоговинах, які прорізають поверхню схилів.

У районах вічної мерзлоти широко розповсюджено марі. Марі – це великі болота, які від звичайних боліт відрізняються тим, що мають мерзле дно; займають не тільки заплавної частину долин річок, а й охоплюють схили рік.

Утворюються марі тоді, коли швидко потепління, спізнення відтанення порід і випадання атмосферних опадів створюють сприятливі умови для розвитку болотяної рослинності. Вона починає сама затримувати стік води з поверхні. Таким чином, навіть при значному ухилі місцевості її поверхня заболочується, що викликає накопичення торфу і утворення марі. Марі значно ускладнюють рух людей і транспорту.

Вплив вічної мерзлоти на інженерні споруди

Як показують спостереження, порушення нормальної роботи споруд в областях вічної мерзлоти викликані такими причинами:

1. Витискання ґрунту з-під подошви споруди при відтаненні вічної мерзлоти та явища просідання, які супроводжують відтанення у ґрунті льодових мас.

2. Нерівномірне здимання основи споруди при промерзанні талого ґрунту.

3. Зсувні явища на косогорах і виїмках при відтаненні мерзлих ґрунтів.

4. Прорив ґрунтових надмерзлотних вод і утворення полоїв.

Внаслідок цих явищ можуть відбуватися такі деформації фундаментів:

1. випирання та розрив;
2. зріз;
3. осідання.

При будівництві в районах вічної мерзлоти приймається один з принципів застосування мерзлих ґрунтів як основи будівель і споруд: у мерзлому стані (протягом усього періоду експлуатації) або у стані відтанення та розмерзання.

З метою зберігання ґрунтів основи в мерзлому стані та забезпечення їх врахованого теплового режиму передбачено влаштування холодних підвалів, холодних перших поверхів будівель, охолоджувальних труб і каналів, теплоізолюючих шарів. Для будівель пропонуються пальові та збірні стовпчасті фундаменти.

При використанні ґрунтів у стані відтанення та розмерзання влаштовують:

1. Поступове відтанення мерзлих ґрунтів основи у процесі будівництва та експлуатації будівель і споруд.

2. Попереднє штучне відтанення до зведення будівель і споруд або заміну льодонасичених мерзлих ґрунтів талими.

Для будівель застосовують фундаменти різних видів: стрічкові, плиткові, стовпчасті, пальові.

Контрольні питання до розділу 6

1. Що таке осипи?
2. Як розрізняють осипи за гранулометричним складом?
3. Як розрізняють осипи за ступенем рухливості?
4. Які існують засоби захисту від осипів?
5. Що таке обвали?
6. Що спричиняє обвали?
7. Які інженерні споруди захищають будівлі від обвалів?
8. Що таке лавини?
9. Як розрізняють лавини?
10. Що спричиняє лавини?
11. Які споруди захищають від лавин?
12. Що таке зсуви?
13. Що спричиняє утворення зсувів?
14. Які елементи визначають у зсувах?

15. Які головні ознаки зсувів?
16. Які існують засоби усунення зсувів?
17. Що таке карст?
18. Що спричиняє утворення карсту?
19. Які відомі поверхневі та підземні форми прояву карстових явищ?
20. Які існують правила будівництва в карстових районах?
21. Що таке суфозія?
22. Які існують різновиди суфозії?
23. Що таке глиняний карст?
24. Що таке просідання ґрунтів?
25. Характерні властивості лесових ґрунтів.
26. Як класифікують ґрунти залежно від виду просідання?
27. Які заходи застосовують для запобігання просіданню?
28. Що таке пливуні?
29. Як класифікують пливуні залежно від характерних особливостей?
30. Заходи захисту від пливунів?
31. Що таке морозне здимання порід?
32. Що таке вири?
33. Які фактори впливають на сезонне промерзання?
34. Які характерні ознаки районів вічної мерзлоти?
35. Які фізико-геологічні явища відбуваються в районах вічної мерзлоти?
36. Що таке полої та які їх різновиди?
37. Які засоби сприяють запобіганню пошкодженням від полоїв?
38. Що таке мерзлотні пояси? З якою метою їх створюють?
39. Що таке термокарст? Які ґрунти за походженням його поділяють?
40. Що таке соліфлюкція? Її характерні прояви.
41. Що таке марі? Де і коли вони утворюються?
42. Які причини викликають порушення нормальної роботи споруд і будівель у зонах вічної мерзлоти?
43. Які існують принципи застосування мерзлих ґрунтів як основи будівель і споруд?
44. Що застосовують для збереження ґрунтів основи в мерзлом стані?
45. Що застосовують при використанні ґрунтів у стані відтанення та розмерзання?

7. ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНА ЗЙОМКА ТА ЇЇ МЕТОДИ

Інженерно-геологічні умови впливають на розміщення та конструкцію споруд і будівель, які проектують, вибір методів будівництва та його вартість.

Стійкість і довговічність споруд, нормальні умови експлуатації можуть забезпечуватись лише в разі всебічного вивчення інженерно-геологічних умов району будівництва. Це дає можливість обґрунтувати ефективний варіант проекту споруди і передбачити умови її експлуатації.

Всі ці питання вивчають за допомогою інженерно-геологічних вишукувань, які є складовою частиною всього комплексу проектування, будівництва та реконструкції всіх споруд.

Підготовчим етапом інженерно-геологічних вишукувань є збирання, вивчення, систематизація та узагальнення всіх матеріалів, які стосуються природних умов району будівництва і технічного завдання на вишукування та проектування об'єкта. Одержані дані враховують при проведенні польового етапу досліджень: при виконанні інженерно-геологічної зйомки, яка являє собою комплексне вивчення геології, гідрогеології та інших природно-історичних умов району. Її результати надають для вибору місць раціонального розміщення споруд і вирішення багатьох інших принципових питань проектування.

Інженерно-геологічні розрізи дозволяють робити висновки про стійкість земляних мас і вирішувати інші питання проектування. Ці розрізи є основним документом на всіх стадіях вишукувань і проектування, особливо на стадії технічного проекту.

На стадії складання робочих креслень проводять додаткові розвідувальні роботи для уточнення даних інженерно-геологічних умов ділянки будівництва. У разі будівництва особливо відповідальних споруд (електростанцій, великих мостів, тунелів тощо) перед складанням технічного проекту виконують детальну інженерно-геологічну зйомку. Її особливістю є великий масштаб і значна глибина випробувань, що охоплює всю зону інженерного впливу споруди, яку проектують.

При вишукуванні залізниць інженерно-геологічна зйомка буває маршрутною, тобто вона здійснюється вздовж можливих варіантів залізниць, які розглядаються. Також зйомка може бути площинною, вона проводиться під час обстеження станційних ділянок, територій спорудження тунелів, великих мостів і вздовж залізниць зі складними інженерно-геологічними умовами, а також під час розвідки родовищ будівельних матеріалів.

Інженерно-геологічна зйомка вирішує такі питання:

1) вивчення форм рельєфу, встановлення їх генезису і ступеня стійкості у випадку побудови на них споруд;

2) вивчення і відображення на карті геологічної будови району вишукувань (умов залягання порід, їх товщини, стратиграфічної послідовності, тектонічних зрушень). Для цього: а) вивчають природні відслонення; б) виконують проходку розвідувальних виробок (бурових свердловин, шурфів); в) складають документи на них; г) відбирають зразки порід і проби підземних вод для лабораторних досліджень;

3) виявлення та вивчення геологічних процесів і явищ, складання прогнозу їх можливого впливу на будівництво та експлуатацію доріг;

4) пошуки родовищ будівельних матеріалів.

На основі отриманих даних складають інженерно-геологічну карту дослідженого району або траси залізниці та інженерно-геологічні розрізи (рис. 7.1).

Ці документи супроводжуються попередньою пояснювальною запискою, у якій подаються міркування про інженерно-геологічні умови траси в цілому та її окремих ділянок, серед них виділяють особливо несприятливі.

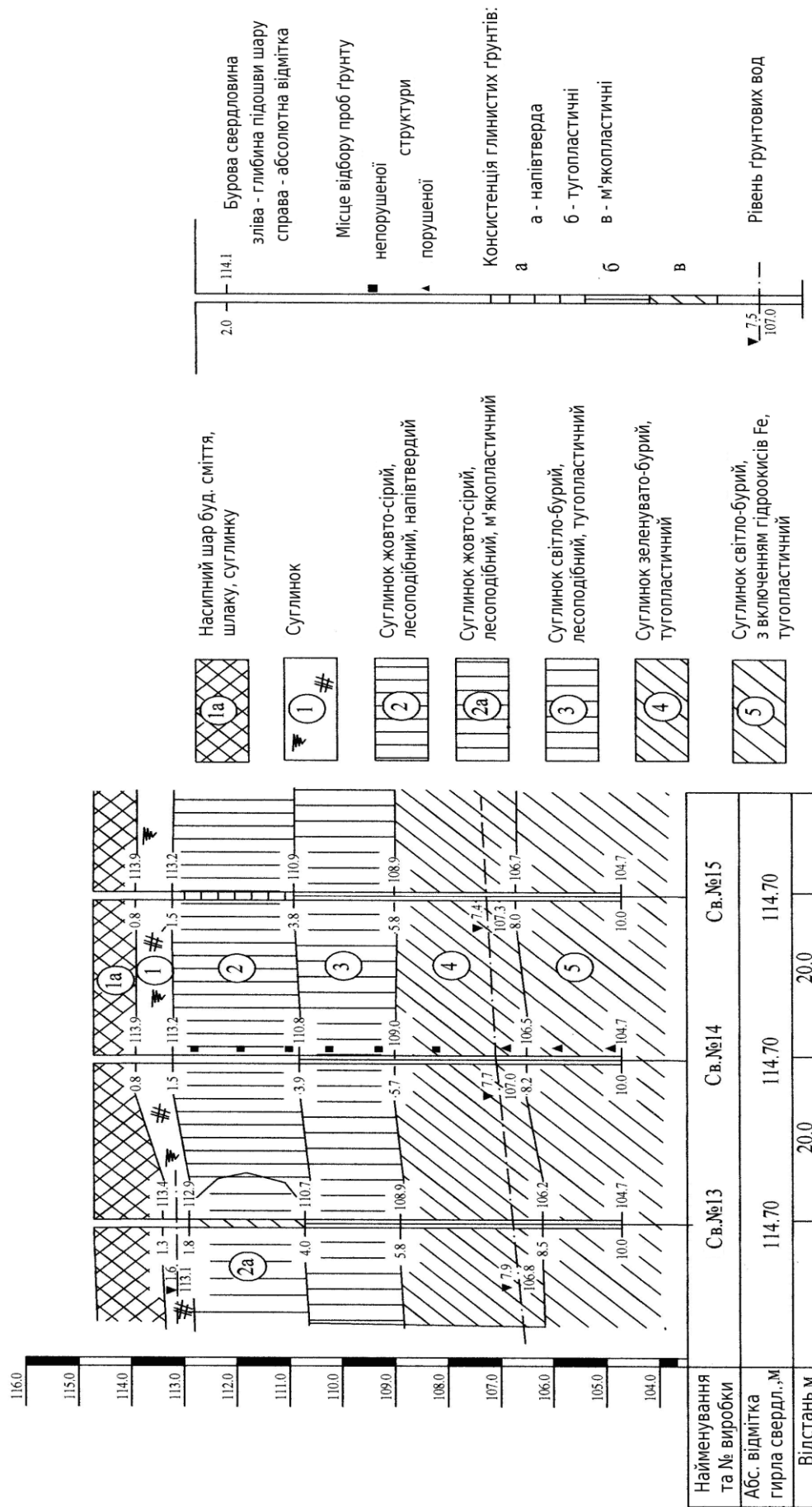


Рис. 7.1. Інженерно-геологічний розріз

7.1. Гірничі виробки. Види відслонень

Під час проведення геологічних робіт проводять вивчення та опис природних і штучних відслонень. Природні відслонення – це схили ярів, річкових долин. Штучні відслонення - різноманітні гірничі виробки. Опис природних відслонень ведуть за допомогою гірничого компаса. Визначають елементи залягання пластів: азимут простягання, азимут падіння та кут падіння пласта. Фіксують особливості пласта: його тріщинуватість, форми відокремленостей.

У районах, де нема природних відслонень, закладають розвідувальні виробки. Розрізняють такі види штучних відслонень.

Закопушка – конусоподібна виробка (діаметром близько 20 см) або виробка квадратного перерізу (з розміром сторін близько 50×50 см). Її роблять лише в пухких ґрунтах на невеликій глибині.

Розчищення – виробка зі східчастим дном, її закладають, якщо товща пухких відкладень на схилах не перевищує 1-1,5 м. У цьому разі розчищають природні відслонення, які вкриті елювієм або делювієм.

Канави (траншеї) – вузька (0,6-0,8 м) і неглибока (до 2 м) виробка різноманітного профілю.

Шурф – вертикальна виробка прямокутного або квадратного перерізу. Шурфи закладають у випадках, коли необхідно досліджувати ґрунти на невеликій глибині (3-5 м).

Шурфи роблять у пухких ґрунтах. Якщо ґрунти у шурфі недостатньо стійкі, його розробка супроводжується укріпленням стінок.

У сипких ґрунтах роблять забивне кріплення, а в слабких – за відсутності води або при слабкому її припливі – розпірне, у разі появи ґрунтових вод або на значній глибині - зрубове. Під час виконання шурфових робіт необхідно виконувати правила техніки безпеки. Після закінчення робіт шурфи треба засипати, ґрунт у них утрамбувати, поверхню спланувати таким чином, щоб виключити можливість потрапляння у шурф атмосферних вод. Якщо шурфи після їх огляду ніяк не зачиняють, треба покрити їх дошками, щоб запобігти нещасним випадкам.

Під час розробки шурфів заповнюють шурфовий журнал прийнятої форми. При його заповненні роблять замальовку всіх чотирьох стінок шурфу та його розгортку (рис. 7.2). Це дає можливість точніше визначати товщину пластів та елементів його залягання.

При вивченні пухких і глинистих ґрунтів і для документації шурфів важливо мати зразки порід, які розроблені у шурфі. Відбирають проби всіх ґрунтів для вивчення їх характеристик у лабораторних умовах. Увагу приділяють визначенню фізичного стану порід: для глин і суглинків – консистенції ґрунту; для пісків і супісків – їх щільності, для всіх ґрунтів – вологості у природних умовах.

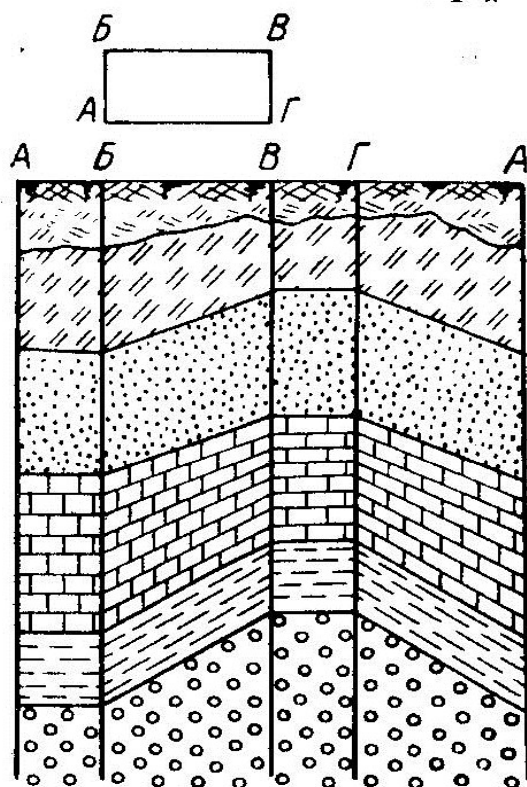


Рис. 7.2. Розгортка шурфу

Дудка – шурф круглого перерізу. Її проходять лише у стійких породах, бо це дешевше, ніж проходка шурфів квадратного перерізу.

Шахта – шурф глибиною 20-30 м. Її використовують у дуже важливих випадках, застосовуючи залізобетонні кріплення, механізований відлив води та підймання ґрунту.

Штольня – горизонтальна або похила виробка, яку закладають на крутих схилах, при цьому один її кінець виходить на земну поверхню. Її вертикальний розріз має вигляд трапеції шириною зверху 0,7-0,8 м, знизу 1,4-1,5 м.

Свердловина – виробка циліндричної форми, яка має значну довжину та порівняно малий діаметр.

Буріння – розробка циліндричних отворів у товщі гірських порід. Початок свердловини, тобто відмітку поверхні ґрунтів називають гирлом, відмітку, де закінчують буріння (її дно), – вибоєм, бокову поверхню – стінками.

Метод буріння в наш час найбільш ефективним і може застосовуватись при вивченні гірських порід всіх видів від пухких до скельних.

Буріння буває ручним і механічним.

Ручне буріння проводять за допомогою мускульної (фізичної) сили людини. *Механічне* буріння виконують буровими верстатами. При цьому використовують ручний буровий комплект або самохідні бурові установки.

Буріння виконують різними видами наконечників, які дозволять відбирати породи з порушеною (змійовик, ложка, желонка, долото) і непорушеною (коронка, фрезер) структурою. За допомогою коронок і фрезерів здійснюють так зване колонкове буріння, тому що вони роблять кільцевий зазор, всередині циліндра залишається порода у вигляді стовпчика – керна або колонки.

При вивченні порід як основи під споруди або як свердловини для них деякі властивості визначають на зразках з непорушеною структурою (у монолітах). При вивченні порід як матеріалу для зведення насипів відбирають зразки з порушеною структурою, але з природною вологістю.

За способом виконання роботи буріння поділяють на обертальне, ударно-обертальне (ударно-канатне) і вібробуріння.

Розрізняють такі види обертального буріння.

Колонкове буріння виконується кільцевим вибоєм свердловин невеликого діаметра в породах з низькою твердістю шляхом послідовного заглиблення. Застосовують наконечники з твердого сплаву. Буріння можна проводити з закріпленням стінок обсадними трубами чи без нього. Видалення продуктів

руйнування порід здійснюється водою (з привибійною циркуляцією) або повітрям (з продуванням). Застосовують низьку частоту обертання наконечників.

Повільнообертальне буріння малого та великого діаметрів у породах з низькою твердістю суцільним вибоєм. Виконується рейсовими заглибленнями змійовиками, ложками та желонками з тарілчастим клапаном. Отримують зразки з порушеною структурою.

Шнекове буріння малого діаметра виконується одним рейсом з використанням долота. Стінки свердловини не закріплюють обсадними трубами.

Гвинтове буріння малого та великого діаметра виконується в породах з низькою твердістю з застосуванням змійовиків. Обертання відбувається з малою частотою.

Роторне буріння виконується в породах різної твердості одним рейсом суцільним вибоєм. Видалення продуктів руйнування здійснюють за допомогою промивальної рідини (рідкого розчину глини) з використанням насоса.

Ударно–канатне буріння суцільним вибоєм – добре вивчений і освоєний метод буріння, що використовується здебільшого для буріння гідрогеологічних свердловин і свердловин для води. Зазвичай ударне буріння суцільним вибоєм ведуть з безперервним зануренням обсадних труб. Цей спосіб малопродуктивний (дозволяє пробурити не більше 4 м/зміна). Також виникають труднощі з інженерно-геологічною документацією.

Ударно–канатне буріння кільцевим забоєм – спосіб проходки свердловин, при якому видалення продуктів руйнування здійснюють за допомогою желонки у вигляді шламу. Його широко використовують завдяки простоті технології, задовільній якості інженерно-геологічної документації та порівняно високій продуктивності (15 м/зміна). Але його не можна застосовувати при бурінні скельних ґрунтів. Також він не дає можливості відбору якісних зразків у деяких ґрунтах.

Вібраційне (ударно-вібраційне) буріння відносять до найбільш продуктивних способів проходки свердловин (до 70 м/зміна). Його суть полягає в тому, що одночасно до снаряда прикладають вібраційне навантаження та передають йому

високочастотні удари або зворотно-поступальний рух. Його виконують у породах з низькою твердістю без примусового винесення продуктів руйнування з одержанням зразків у вигляді керна. До недоліків цього способу належать обмежена глибина свердловин і міцність порід, які розробляють.

Грейферне буріння – різновид ударно-канатного буріння, його застосовують при розробці свердловин великого діаметра у валунно-гравійних ґрунтах, у якості руйнівного інструмента використовують грейфери різних конструкцій.

Буріння електромагнітними пристроями індукційно-динамічного типу – один з нових способів, сутність якого полягає в тому, що інструмент занурюють у ґрунт під впливом імпульсів, які він отримує від індукційно-динамічного привода, розміщеного безпосередньо над інструментом. При бурінні цим способом застосовують снаряд із забійним двигуном, який опускають до свердловини та витягують за допомогою каната.

Пневмоударне буріння здійснюється за допомогою заглиблених розвідувальних пневмоударників або пневмопробійників (тільки у м'яких породах). Руйнівний інструмент заглиблюють у свердловину за допомогою занурювального пневмопробійника. Стиснене повітря до нього подається по бурильних трубах (через сальник) або по шлангу.

Гідроударне буріння ґрунтується на використанні гідроударників, що занурюються у скельні породи (з обертанням), або гідрозбудників (без обертання) у м'яких породах.

Вібраційно-обертальне буріння – один з прогресивних способів буріння інженерно-геологічних свердловин, тому що на руйнівний інструмент, окрім ударних імпульсів, одночасно передається обертальний рух. Головні переваги цього способу полягають у тому, що зберігаються всі позитивні якості вібраційного буріння, також значно розширюється область його застосування залежно від глибини свердловин і міцності порід, які бурять.

Існує також багато інших способів буріння, які поки що не отримали поширення при проведенні інженерно-геологічних вишукувань (вибуховий, гідромоніторний, ультразвуковий, термоядерний, електродуговий, реактивний, вогнеструмний, лазерний). Бурові свердловини закладають з поверхні землі, а також із шурфів, штолень, тобто вони можуть мати різний напрямок.

Буріння скельних і напівскельних порід здійснюють суцільним вибоєм, при цьому порода стирається коронкою по всій площі вибою свердловини. При ударно-обертальному бурінні пухких і глинистих порід для відбору моноліту використовують ґрунтонос – наконечник особливої конструкції – порожній циліндр діаметром 10-12,5 см для розміщення моноліту з особливими утримуючими його пристроями. Ґрунтонос вірізається в товщу шляхом вдавлювання або обертання.

Дуже поширеним методом проходки свердловин є *вібробуріння*. При цьому буровий інструмент занурюють у ґрунт за допомогою вібратора, який укріплюють на наконечнику або штанзі. Цей метод забезпечує велику швидкість розробки свердловини 4-6 м/хв.

Іноді на залізничному транспорті при інженерно-геологічних дослідженнях використовують ручне буріння. При бурінні на глибину 40-50 м застосовують ударно-обертальне буріння у м'яких породах і ударне – у твердих.

Бурові комплекти складаються з наконечників, обсадних труб, штанг і приладдя до них, копра (для буріння і підймання штангової гарнітури і труб за допомогою троса), захватних і допоміжних інструментів. Наконечники укріплюють на штангах – відрізках труб малого діаметра, які згвинчуються між собою. Щоб не було опливання та завалів у свердловинах, їх укріплюють обсадними трубами різного діаметра. Діаметр цих труб визначається діаметром свердловини. Довжина обсадних труб – 2-3 м. Їх діаметр повинен бути більше, ніж діаметр наконечників. Труби з'єднуються між собою муфтами. На нижню частину обсадної труби одягають фрезерний башмак для збереження труби від деформацій і розширення свердловини настільки, щоб до неї увійшли з'єднувальні муфти. Для підймання та опускання інструмента служить блочна система, яка підвішується на тринозі та приводиться в дію коловоротом, лебідкою тощо. Захватний інструмент використовують для вилучення зі свердловини наконечників під час аварій. Допоміжний інструмент – це ключі та кліщі для згвинчування та розгвинчування штанг, наконечників і труб.

При виконанні інженерно-геологічної зйомки заповнюють документи (журнали шурфів, бурові журнали). У ці журнали заносять дані розроблення виробки, про відбір проб і зразків, про польове визначення видів порід, які пройшли, вказують відмітки появи води, її рівень після встановлення та ін.

Всі проби ґрунтів, які відбирають у виробках, описують і зберігають у спеціальних ящиках. Проби потрібно відбирати при кожній зміні пластів і не менше ніж через 50 см. Моноліти, які відбирають ґрунтоносами, «консервують» (загортають у марлю та зверху парафінують), щоб зберегти вологість ґрунтів. Потім транспортують до лабораторії з відповідними паспортами.

Результати всіх інженерно-геологічних досліджень викладають в інженерно-геологічних звітах. Такий звіт повинен надати чітке уявлення про інженерно-геологічні умови спорудження об'єкта, який проектують.

Інженерно-геологічний звіт містить такі дані:

- 1) особливості природної місцевості (ландшафт, клімат, річки та озера);
- 2) умови загальної стійкості будівельної ділянки (сейсмічність, зсуви, карсти та ін.);
- 3) геологічна будова і тектонічна структура району;
- 4) літологічна будова товщі основи споруди;
- 5) гідрогеологічні особливості району;
- 6) результати лабораторних досліджень;
- 7) рекомендовані розрахункові характеристики;
- 8) дані про інженерно-геологічні явища, які спостерігають на ділянці будівництва або які можуть виникнути у процесі спорудження та експлуатації об'єкта.

До звіту додають необхідні табличні та графічні матеріали, серед них геологічні та гідрогеологічні карти, геологічні розрізи, колонки свердловин і профілі.

7.2. Спеціальні види інженерно-геологічних досліджень

До найбільш поширених спеціальних видів інженерно-геологічних досліджень відносять космічні види зйомок, аерофотозйомку, геофізичні методи досліджень, визначення фізико-механічних характеристик ґрунтів зондуванням та ін.

7.2.1. Види космічних зйомок

Розвиток космічної техніки забезпечив збільшення масштабів космічних знімків, що призвело до поєднання аеро- і космічних методів у єдиний напрямок геологічних досліджень – дистанційне геологічне зондування.

У наш час у геології застосовують результати різних видів космічних зйомок.

Космічна фотографічна зйомка поверхні Землі з висоти 150-200 км здійснюється за допомогою пілотованих космічних кораблів, орбітальних станцій автоматичними ручними камерами, фотографуючими автоматами та напівавтоматами.

Відмінною рисою космічної фотозйомки є високий ступінь обзорності, охоплення знімком великих площ поверхні.

Залежно від типу використовуваної апаратури і фотоплівки фотографування може здійснюватись у всьому видимому діапазоні електромагнітного спектра, а також у ближньому інфрачервоному (ІЧ) діапазоні.

Телевізійна космічна зйомка відрізняється від фотозйомки тим, що дає зображення з меншим розділенням. Переваги космічної ТВ-зйомки – велика швидкість та оперативність. ТВ-зйомка має багатоступінчасту і складну передачу телезображення і виконується з втратою інформативності. Растрові смуги, характерні ТВ-зображенню, заважають дешифруванню.

Сканерна космічна зйомка використовує багатоспектральні оптико-механічні системи-сканери, які встановлені на штучних супутниках Землі різного призначення. За допомогою сканерів формують зображення, яке складається з багатьох окремих послідовно одержаних елементів. Сканерне зображення можливо одержувати у всіх спектральних діапазонах, особливо ефективними є видимий та ІЧ-діапазони.

За якістю сканерний знімок уступає фотографічному, але в нього є переваги – легкість одержання, швидка автоматична подача сигналів з різних штучних супутників Землі на Землю, можливість подання в цифровому вигляді, зручному для обробки та коригування на ЕОМ (електронно-обчислювальних машинах).

Радіолокаційна (радарна) зйомка (РЛ-зйомка) – важливий вид дистанційних досліджень. Використовується в умовах, коли безпосередньому дослідженню поверхні планет перешкоджають природні умови: туман, щільна хмарність. При РЛ-зйомці застосовують радіолокатори бокового обзору, які встановлені на літаках і штучних супутниках Землі.

За допомогою бокового огляду РЛ-зйомка здійснюється в радіодіапазоні електромагнітного спектра.

При дешифруванні РЛ-зйомки треба враховувати тон радарного зображення та його текстуру. Смугаста текстура РЛ-зйомки характерна для гірських районів, де масиви складаються чергуванням пластів осадових і метаморфічних порід, масивна – для районів, де розповсюджені глибинні магматичні породи. Краще за все на РЛ-знімках виходить гідросітка.

Інфрачервона зйомка заснована на виявленні теплових аномалій шляхом фіксації теплового випромінювання об'єктів Землі, обумовленого ендегенним теплом або сонячним випромінюванням.

Температурні неоднорідності поверхні Землі виникають у результаті неоднорідного нагрівання різноманітних її ділянок.

Сонячне (зовнішнє) та ендегенне (внутрішнє) тепло нагріває геологічні об'єкти по-різному залежно від літологічних властивостей порід, теплової інерції, вологості та інших причин. ІЧ-випромінювання, проходячи крізь атмосферу, вибірково поглинається, у зв'язку з чим теплову зйомку можливо проводити тільки в зоні розташування так званих вікон прозорості – місць пропускання ІЧ-променів.

У вікні (до 0,84 мкм) використовують віддзеркалене сонячне випромінювання, застосовують спеціальні фотоплівки. Зйомку в цьому діапазоні називають ІЧ-фотозйомкою. В інших вікнах прозорості працюють вимірювальні пристрої - тепловізори, які перетворюють невидиме ІЧ-випромінювання у видиме за допомогою електронно-променевих трубок, фіксуючи теплові аномалії.

ІЧ-зйомка допомагає вивчати дно шельфу континентів, застосовується при пошуку підземних вод і в інженерній геології.

Спектрометрична зйомка проводиться з метою вимірювання відзеркалювальної здатності гірських порід. Знання значень коефіцієнта спектральної яскравості гірських порід допомагає дешифрувати геологічні знімки. За допомогою спектрометричної зйомки складають банк даних коефіцієнтів спектральної яскравості відомих гірських порід.

Магнітна зйомка з космосу проводиться з 1958 р. Дані магнітних вимірювань після обробки на ЕОМ дозволяють одержувати кругосвітні профілі або карти головного магнітного поля Землі. Магнітометри, які встановлені на автоматичних міжпланетних станціях, надають можливість вивчати магнітне поле планет Сонячної системи.

Лазерна зйомка заснована на використанні монохроматичного випромінювання з фіксованою довжиною хвилі. Постійність довжини хвилі лазера дає можливість уточнювати параметри орбіти Землі та інших планет, фіксувати переміщення окремих блоків у земній корі.

7.2.2. Аерометоди

Аерометоди являють собою сукупність методів досліджень і картування поверхні Землі, природних явищ та об'єктів природного і культурного ландшафтів з літальних апаратів. Аерометоди класифікують на такі види:

1) аерофотографічні, що застосовують в усій видимій частині спектра (0,4-0,8 мкм) та інфрачервоної, що близька до неї (0,8-1,1 мкм);

2) фотоелектронні, які працюють у тих самих частинах спектра, що й попередні, а також в ультрафіолетових (0,01-0,4 мкм), інфрачервоних (1,2-25 мкм) і радіохвильових (від 1 мм до декількох метрів) променях. Вони відрізняються від попередніх більш вузьким спектральним діапазоном;

3) аерогеофізичні, які базуються на реєстрації гамма-випромінювання Землі та параметрів її фізичних полів;

4) аеровізуальні – обмежені видимою частиною спектра.

Аерометоди можуть використовуватися як у комбінаціях між собою, так і в комплексі з наземними методами досліджень і картування місцевості, наприклад при геологічних дослідженнях разом з вивченням відслонень гірських порід, буріння тощо.

Аерофотографічні методи застосовуються з початку ХХ ст., вони головні за обсягом і повнотою використання. Реєстрація інформації виконується за допомогою аерофотоапарата на чорно-білих і кольорових плівках різної світлочутливості. Дані, одержані за допомогою аерометодів, застосовують при інвентаризації лісів, меліорації, проектуванні залізниць та автомобільних доріг, ліній дротових передач і трубопроводів; також при всіх видах географічних досліджень; при різноманітних геологічних роботах – складанні карт, вивченні тектонічних процесів, будови морського узбережжя; гідрологічних, інженерно-геологічних дослідженнях і пошуках корисних копалин; при вивченні рельєфу, ґрунтів і рослинності, процесів по берегах водоймищ; при вирішенні містобудівельних і транспортних проблем.

Фотоелектронні методи знаходяться на стадії становлення. Їх почали застосовувати в 60-ті р. ХХ ст. Вони необхідні для одержання зображення місцевості у видимій частині спектра зі значно більшою диференціацією об'єктів за їх спектральною яскравістю у більш вузьких ділянках спектра, ніж при аерофотозйомці.

Практично використовують такі види фотоелектронних методів: спектрометричний, ультрафіолетовий, інфратепловий, радіотепловий і радарний.

Спектрометрична зйомка найбільш ефективна для передачі особливостей ландшафту при аерофотозйомці та безпосереднього збільшення інформації про гірські породи і рослинність.

Ультрафіолетова аерозйомка заснована на властивості деяких гірських порід і рослин під впливом ультрафіолетового випромінювання (у даному випадку з повітря) флюоресціювати, що дозволяє фіксувати їх контури на аерознімках. Позитивні результати одержано при пошуках нафти, газу, урану, виділенні серед посівів уражених ділянок.

Інфратеплова та радіотеплова аерозйомки надають можливість реєструвати різницю об'єктів за їх температурними характеристиками. Завдяки цьому на «теплових» аерознімках можна виявляти водотоки під покривом рослинності, течії, косяки риб у водоймах, геотермічні аномалії вулканічного походження, контакти деяких гірських порід, контури вогню в диму лісових пожеж тощо.

Радарна аерозйомка може бути виконана при різній довжині хвиль, частотах і формах імпульсів. Це дає можливість незалежно від стану атмосфери в будь-яку годину доби одержати таке зображення місцевості, за яким частково можна дешифрувати речовий склад, структуру та вологість поверхневих гірських порід, морського льоду. Скануючий радіолокаційний промінь визначеного параметра дозволяє проникнути крізь сніг, наземну рослинність, покривні відкладення гірських порід на глибину декількох метрів.

Аерогеофізичні методи, які з'явилися в середині ХХ ст., ґрунтуються на фіксації та вимірюванні гама-випромінювання Землі, а також параметрів її магнітного, гравітаційного, електричного полів. Порівняно з іншими методами ці дозволяють досягти більшої «глибинності» вивчення земної кори.

Аерогеофізичні методи містять аеромагнітну, аерорадіометричну, аерогравіметричну зйомки, аероелектророзвідку та аеросейсмозвідку.

Аеровізуальні методи використовують у якості приймача інформації око людини, яке розрізняє об'єкти за їх яскравістю і кольоровими контрастами у видимій частині спектра електромагнітних хвиль. Ці методи дозволяють вивчати з повітря будь-який наземний об'єкт у його натуральному вигляді. Аеровізуальні спостереження застосовують частково як доповнення, а частково замість наземних досліджень. Це стосується територій, які ще не обстежувались з метою підвищення ефективності топографічних, геологічних та інших робіт.

7.2.3. Геофізичні методи досліджень

Розробка розвідувальних виробок потребує значних затрат часу та коштів. Тому їх поєднують з геофізичними методами розвідки, виконання яких швидше і дешевше.

Геофізичні методи досліджень мають на меті вивчення та вимірювання різних фізичних властивостей гірських порід. Це надає можливість визначити за різницею їх показників межі контактуючих пластів порід. При цьому чим більше ця різниця, тим чіткіше визначення меж пластів. Питання, які можуть бути вирішені за допомогою цих методів у будівництві та залізничному транспорті, різноманітні. Геофізичні методи дозволяють визначити товщу пухких осадових відкладень, рельєф поверхні корінних порід, глибину залягання підземних вод, товщу водоносних пластів, просторове положення родовищ природних будівельних матеріалів тощо. Значну допомогу геофізичні методи розвідки надають під час будівництва тунелів у дислокованих гірських породах, де відмічають порушення умов їх залягання, які змінюють гідрологічні умови. При виконанні інженерно-геологічних, гідрогеологічних та екологічних робіт застосовують такі геофізичні методи: магнітометрію, гравіметрію, електророзвідку, сейсморозвідку, ядерно-геофізичні методи.

Магнітометрія – комплекс методів, що ґрунтується на вивченні магнітного поля Землі. Відомо, що на поверхні зустрічаються так звані нормальні та аномальні геомагнітні поля. Після проведення польових магнітометричних спостережень необхідно інтерпретувати результати зйомки і одержати документацію у вигляді графіків ізолій і векторів. Магнітометрію застосовують при проведенні екологічних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних та археологічних досліджень: під час пошуку газо-, водо- і теплопроводів, при визначенні напрямку та інтенсивності шаруватості гірських порід і вивченні контактів порід з різними магнітними властивостями.

Гравіметрія – метод геофізики, що ґрунтується на вимірюванні поля сили тяжіння. Частиною гравіметрії є гравірозда. Найбільш розвиненою є гравітаційна розвідка Землі, однак на супутниках, які направляють до Марса, Венери, Юпітера, також встановлюють гравіметри.

Гравіметрія вивчає теорію та методи вимірювання сили тяжіння на поверхні Землі. Предметом спостережень є гравітаційне поле планети і зміни в часі нормальних та аномальних складових цього поля. Вимірювання здійснюють за допомогою гравіметрів та акселерометрів. Після вимірювань проводять якісне та кількісне інтерпретування за допомогою аналітичних формул, графічних методів та ЕОМ. При цьому одержують графіки, плани графіків та ізолій. Матеріали гравіметричних досліджень застосовують при вирішенні інженерно-геологічних і гідрогеологічних завдань: пошуки та визначення контурів переаглиблених долин, вивчення закарстованості порід, визначення глибини та форми залягання корінних (материнських) порід, картування тектонічних порушень та ін.

Електророзвідка серед інших геофізичних методів має довшу історію. Перші застосування електричного струму при пошуках корисних копалин відносять до 20-х рр. XIX ст.

У наш час в електророзвідці нараховується більше 50 різноманітних методів і модифікацій, які застосовують для вивчення поверхневих зон і глибинних досліджень. Залежно від принципу досліджень всі методи можна розподілити на такі: електромагнітне зондування, електромагнітне профілювання та свердловинна електророзвідка. У кожній із цих груп умовно розрізняють дві групи модифікацій, зосновані на вивченні квазістаціонарних і змінних електромагнітних полів.

Електромагнітне зондування – спосіб просвічування шаруватої товщі Землі постійним або змінним електричним струмом. Він ґрунтується на вимірюванні компонентів поля в одній або одночасно в декількох точках земної поверхні при послідовному заглибленні проникнення електричних струмів. Електромагнітне зондування застосовують при регіональних, структурно-картувальних і розвідувальних дослідженнях, коли необхідно розчленити геологічний розріз на шари та блоки, визначити послідовність залягання шарів, при пошуках родовищ нафти та газу, картуванні тектонічних структур.

Електромагнітне профілювання – спосіб дослідження верхньої частини геологічного розрізу, що ґрунтується на вивченні компонентів природного і штучного полів уздовж профілю при фіксованій глибині проникнення електричного струму.

Типовими завданнями для електромагнітного профілювання є геологічне картування, дослідження закарстованих зон, пошуки рудних і нерудних корисних копалин.

Свердловинна електророзвідка – спосіб об'ємного вивчення міжсвердловинного простору, що ґрунтується на збудженні та вивченні електричного поля як всередині свердловини, так і на поверхні землі, а також на електромагнітному просвічуванні навколишнього середовища. Методи свердловинної електророзвідки застосовують при пошуку родовищ корисних копалин у колосвердловинному та міжсвердловинному просторі, розмірів і компонентів складу родовищ, а також для ув'язки результатів наземних і свердловинних спостережень.

Ядерно-геофізичні методи класифікують на радіометричні, гама-гама, гама-нейтронний, нейтронний, активаційний.

Всі ці методи вивчають ядерно-фізичні властивості гірських порід і руд.

Найбільш поширеною є *радіометрія* – сукупність методів вимірювань активності (кількості розпадів за одиницю часу) нуклідів у радіоактивних джерелах.

Радіометричні методи розрізняють за способом приготування джерела, геометрією спостережень, використаними фізичними явищами. Ядерно-геофізичні методи застосовують під час геологічного картування, визначення вологості порід, оцінки радіаційної безпеки певної ділянки робіт.

7.2.4. Сейсморозвідка

Сейсмічна розвідка – це один з найважливіших видів геофізичної розвідки, який засновано на вивченні розповсюдження в земному середовищі штучно створених пружних хвиль (поле пружних коливань), що викликаються вибухом або ударом, опускаються у глибину земної кори, де відбувається заломлення або віддзеркалення. Хвилі частково повертаються на поверхню Землі. Тут їх реєструють спеціальні прилади, свідчення яких дозволяють зробити висновок про склад гірських порід, через які пройшла хвиля. За допомогою сейсморозвідки легко визначити кут нахилу гірських порід, тому цей метод широко використовується для пошуків родовищ нафти і газу.

Сейсморозвідка застосовує декілька основних методів і модифікацій. Метод відбитих хвиль вивчає хвилі, які відбилися від межі розділу 2-х середовищ. Вимірявши відстань від цієї межі до декількох довільних точок, узятих на поверхні Землі, можна виміряти швидкість розповсюдження хвилі в середовищі і визначити положення межі, на якій відбулося відбиття.

У методі заломлених хвиль ведуть нагляд на великих відстанях від джерела збудження порівняно з глибиною залягання досліджуваних меж. Сейсмічні хвилі проходять уздовж напрямку залягання гірських порід, швидкість у якому перевищує швидкість у сусідніх пластах. Таким чином, з'являється можливість судити про літологічний склад гірських порід, які складають шар.

Широко застосовують методи поздовжніх і поперечних хвиль. Це пов'язано з тим, що вибухові джерела коливань генерують перш за все поздовжні хвилі. Але використовуючи спеціальні засоби збудження, можна одержати і поперечні хвилі.

Метод поперечних хвиль має переваги перед методом поздовжніх хвиль. Поперечні хвилі мають меншу швидкість розповсюдження і меншу довжину хвилі порівняно з поздовжніми. Це дозволяє підвищити точність вимірювання часу пробігу поперечної хвилі.

Метод загальної глибинної точки (МЗГТ) ґрунтується на підсумовуванні відбиттів від загальних ділянок межі при різних розташуваннях джерел і приймачів. Його застосовують при пошуках і розвідці нафтових і газових родовищ.

Методом обернутого гідрографа (МОГ) вивчають межі, розташовані нижче за забій свердловини, що відображують, де розташовуються сейсмоприймачі.

Методи сейсморозвідки звичайно застосовуються в поєднанні з іншими геофізичними і геологічними методами, що дає можливість підвищити геологічну ефективність.

Технічні засоби сейсморозвідки включають:

- 1) джерела сейсмічних хвиль;
- 2) засоби реєстрації (збору) даних;
- 3) оброблювальні установки.

Джерело сейсмічних коливань – це обмежена область раптового виділення енергії, що призводить до виникнення напруженого стану навколишнього середовища.

У наш час для проведення сейсмозвідувальних робіт застосовують різноманітні джерела сейсмічних і акустичних хвиль, що мають різні енергетичні і частотні характеристики. Вибір джерела визначається умовами ведення робіт (суша, море, місто), характером вирішуваних геологічних завдань (дослідження глибинної будови земної кори, нафтова, рудна, інженерна сейсмозвідка) і наявністю конкретного фону сейсмічних перешкод.

Одним із способів збудження коливань у гірських породах є вибух. З цією метою звичайно бурять сейсмічні вибухові свердловини завглибшки до 60 м, куди закладають заряд вибухової речовини. Вибуховий пункт облаштовується системою синхронізації збудження, призначеної для синхронного запуску сейсмостанції, виробництва вибуху і відмітки моменту вибуху (збудження коливань). Вибух - відносно дешеве і високоефективне джерело сейсмічних коливань. Основні недоліки його - неможливість повторного точного відтворення імпульсу джерела, а також збереження точних часових інтервалів між повторними вибуховими імпульсами, наприклад при русі розвідувальних суден на морі. Крім того, потрібний спеціальний дозвіл на зберігання, транспортування вибухових речовин і проведення вибухів.

До певної міри вільні від вказаних недоліків і мають інші конкретні переваги невибухові джерела коливань. При проведенні сейсмозвідувальних робіт на суші широко використовуються вібраційні джерела (вібросейс), що створюють у породах за допомогою спеціальної металевої плити імпульси тиску частотою від 10 до 80 Гц. Завдяки тому що вібраційне джерело змонтовано на машині, воно оперативне, зручне в обігу і дозволяє одержувати точно відомий і відтворений сигнал. Звичайно це джерело використовується в містах, оскільки воно не створює пошкоджень у навколишньому середовищі.

При морських дослідженнях використовують імпульсні джерела збудження. До них відносять повітряні і водяні гармати, які викидають у море під великим тиском повітряний пузир або струмінь води. Спаркери і бумери генерують акустичні імпульси в результаті розряду батареї конденсаторів безпосередньо в морську воду через систему електродів або жорстку алюмінієву плиту.

Сейсмоприймач – це пристрій для приймання сейсмічних хвиль і перетворення сейсмічних коливань ґрунту в електричні напруги. У наземній і свердловинній сейсмозвідці застосовують сейсмоприймачі з електродинамічними індукційними перетворювачами. У морській і річковій сейсмозвідці використовують сейсмоприймачі тиску (гідрофони), що виникає при розповсюдженні пружної хвилі. Вони фіксують тиск і перетворюють його електричний сигнал п'єзоелектричними перетворювачами.

Сейсмозвідувальні підсилювачі застосовують для посилення сигналів, частотної фільтрації сигналів і регулювання посилення з метою зменшення амплітуди коливань на вході основного підсилювача.

У сейсмозвідувальній апаратурі використовують електричні фільтри верхньої частоти, нижньої частоти, смугові фільтри і вузькосмугові (режекторні) фільтри. Після фільтрації сигнал записується за допомогою реєстратора на паперовій або магнітній стрічці.

Кінцевим продуктом сейсмозвідувальних робіт є сейсмологічний розріз, що є зображенням сейсмічних меж з відповідною геологічною прив'язкою. Побудувати сейсмічну межу можна тільки в тому випадку, якщо відомий час приходу корисної хвилі (тобто хвилі, несучої інформацію про наявність цієї межі) і швидкість її розповсюдження в гірських породах. На практиці корисна хвиля завжди буває затушована різними перешкодами. Для зменшення спотворення часів приходу корисної хвилі за рахунок неоднорідності верхньої частини розрізу вводять статистичні поправки.

Підсумковий етап обробки сейсмічних записів - кореляція корисних хвиль, яка передбачає виявлення, ототожнення і дослідження регулярної корисної хвилі і регулярних хвиль-перешкод на всіх сейсмічних трасах. Процес кореляції хвиль - найскладніша і найвідповідальніша операція обробки.

Сейсмічні межі будують за годографами і даними про сейсмічні швидкості, які визначають за даними інтегрального і диференціального каротажу, а також використовуючи інформацію про часи пробігу сейсмічних хвиль. Межі будують ручним способом або за допомогою ЕОМ.

Геологічна інтерпретація сейсмозвільдувальних даних полягає в побудові сейсмічних розрізів, структурних карт і схем. Для побудови використовують всю наявну інформацію про структурно-тектонічну і фаціально-літологічну будову розрізу, одержану за даними буріння та інших геофізичних методів.

7.2.5. Георадіолокаційний метод

Георадіолокаційний метод заснований на випромінюванні передавачем георадіолокаційної апаратури електромагнітних хвиль і реєстрації сигналів, відбитих від границь шарів зондованого середовища, що мають різну діелектричну проникність. Такими границями розділу є контакти між сухими і водонасиченими ґрунтами (рівень ґрунтових вод), між породами різного літологічного складу, між породою і матеріалом штучного походження, між поталими і мерзлими ґрунтами, між насипними ґрунтами і корінними породами і т. д.

Результатом безперервної георадіолокаційної зйомки є радарограми, що умовно відображують глибинну будову середовища, що досліджується.

Для одержання більш повної інформації про будову і властивості товщі, яка досліджується, георадіолокаційний метод доцільно застосовувати в комплексі з іншими геофізичними методами (зондування, сейсмозондування і т. д.) та інженерно-геологічними дослідженнями (буріння свердловин, улаштування шурфів з відбором і лабораторними дослідженнями зразків ґрунту і т. д.).

Георадіолокаційна зйомка виконується за допомогою комплексу апаратурних і програмних засобів. Апаратура (георадар) забезпечує вимірювання часу проходження відбитих від границь шарів ґрунту сигналів і їх відтворення для наступної обробки.

Якість вимірювань залежить від правильного вибору параметрів і режимів роботи апаратури і підбору відповідних антен.

Георадар фіксує тільки конфігурацію границь шарів ґрунту без визначення їх фізико-механічних властивостей.

Результатом георадіолокаційного зондування є радарограма, що фіксує час проходження сигналу від антени до розділу середовищ (шарів ґрунту) і назад.

Радарограма відбиває луносигнали в координатах «положення на поверхні» (абсциса) – «час проходження сигналу» (глибина, ордината), тобто фіксує час проходження імпульсу електромагнітних хвиль від антени до границі розділу і назад в ув'язуванні з місцезнаходженням приладу.

Інтерпретація отриманих даних здійснюється шляхом обробки радарограм за допомогою ПЕОМ і спеціального пакета прикладних програм. У результаті одержують безперервний часовий розріз товщі ґрунтів уздовж профілю зйомки.

Товщина шару, що досліджується, – глибина зондування – залежить від частоти антени георадара.

Добрим провідником для електромагнітних хвиль є щебеневий баласт, незв'язні ґрунти – піски й гравій, легкі супіски і торф. У глинистих ґрунтах відбувається сильне загасання імпульсів, тому застосовність методу на зв'язаних (суглинних і глинистих) ґрунтах обмежена.

Поверхня глинистих ґрунтів є доброю (контрастною) границею розділу різних середовищ. Контрастність границь залежить також і від ступеня водонасиченості ґрунтів – контрастність підвищується при збільшенні різниці вологості сусідніх шарів ґрунту.

При георадіолокаційному дослідженні необхідно враховувати таке:

- реальні умови обстеження (температура, атмосферні опади) можуть істотно відрізнитися від тих, при яких проводиться тестування апаратури, і це може знизити вірогідність отриманих результатів;

- ґрунти і сторонні об'єкти в них звичайно мають складну структуру;

- деякі об'єкти майже не відбивають сигнал, а деякі ґрунти поглинають всі сигнали;

- запис сигналів містить велику кількість інформації;

- інтерпретація результатів обстеження залежить від багатьох факторів, одне і те саме зображення можна інтерпретувати по-різному, тому для підвищення вірогідності

отриманих результатів у складних місцях потрібно додаткове застосування інших методів обстеження (інженерно-геологічних і т. п.).

7.3. Методи дослідження ґрунтів у польових умовах

Для оцінки несучої здібності ґрунтів необхідно провести дослідження їх фізико-механічних характеристик у польових і лабораторних умовах.

7.3.1. Випробування ґрунтів зондуванням

У випадках, коли основою споруди є ґрунт у природних умовах, допустимий тиск на нього нормують залежно від щільності або консистенції цього ґрунту.

Для прямого визначення щільності та консистенції ґрунтів у лабораторії досліджують проби, відібрані у шурфах або свердловинах.

Визначити природну вологість ґрунтів можна без великих зусиль, тому що в такому випадку не треба зберігати природну структуру ґрунту. Важче визначити природну щільність пухких ґрунтів. Відібрати пробу, наприклад піску, з непорушеною структурою можна порівняно легко лише вище рівня ґрунтових вод. Однак і ця робота досить трудомістка, тому що дослідження піщаної товщі проводять на великій ділянці та на значну глибину.

Через труднощі прямого встановлення щільності та консистенції вказаних ґрунтів почали застосовувати побічні методи. До них належить метод зондування (пенетрації).

Під зондуванням розуміють процес занурення конічного наконечника (зонда) у ґрунт. Частіше використовують конуси діаметром 36 та 74 мм з кутом 60° . Для зондування використовують пенетрометри. Головними вузлами цих приладів є робочі наконечники, штанги та вимірювальні пристрої. Робота з приладами здійснюється за допомогою штанг, наконечник занурюють на потрібну глибину в товщу ґрунту, а потім вручну або механічним шляхом заглиблюють ще на 10 см.

За результатами зондування можна судити лише про відносну щільність порід. Для одержання необхідних інженерно-геологічних характеристик ґрунтів дані зондування інтерпретують, використовуючи відносний зв'язок між складом і станом ґрунту і труднощами занурення в нього зонда.

Залежно від способу занурення наконечника розрізняють статичне занурення (вдавлювання) і динамічне (забивання). Якщо споруда, яку проектують, буде передавати на ґрунт динамічне навантаження, доцільно застосувати динамічне зондування, якщо тільки статичне навантаження – статичне зондування.

Метод статичного зондування

Відповідно до нормативних документів метод статичного зондування в поєднанні з динамічним застосовують для визначення:

- 1) інженерно-геологічних елементів (товщини шару, меж розповсюдження ґрунтів різного складу і стану);
- 2) однорідності ґрунтів за площею та глибиною;
- 3) глибини залягання кривлі скельних і грубоуламкових ґрунтів;
- 4) наближеної кількісної оцінки характеристик властивостей ґрунтів (щільності, кута внутрішнього тертя, модуля деформації);
- 5) опору ґрунту під палею по її боковій поверхні;
- 6) ступеня ущільнення та зміщення в часі штучно складених ґрунтів.

Статичне зондування виконують за програмою, яка складена згідно з вимогами нормативних документів. Його застосовують у м'яких ґрунтах, які не містять великих включень твердих порід.

Статичне зондування здійснюється циклами:

- 1) рівномірне вдавлювання зонда з періодичною (через 20 см) реєстрацією значень опору ґрунту удавлюванню або безперервному автоматичному запису на діаграмних стрічках;
- 2) підймання штока домкрата у верхнє положення або нарощування наступної штанги.

Випробування завершують після досягання конусом заданої глибини або максимальних зусиль на конус. Глибина зондування повинна бути не менше 10 м. Іноді припускається робити глибину не менше 5 м під забудівлю легкими спорудами або в разі

близького залягання по поверхні корінних порід, твердих глинистих чи щільних незв'язаних ґрунтів з високою несучою спроможністю. При цьому необхідно мати на увазі, що під конусом зонда знаходиться міцний шар достатньої товщини. Для цього треба пробурити хоча б одну свердловину та заглибити в неї зонд мінімум на 3 м.

При оцінці властивостей породи в природних умовах її залягання враховують глибину занурення конуса в ґрунт під дією фіксованого навантаження.

Кореляційні залежності пов'язують з питомим статичним опором зануренню конічного наконечника ω

$$\omega = \frac{Q}{F}, \quad (7.1)$$

де Q – статичний опір;

F – площа поперечного перетину.

Метод динамічного зондування

При динамічному зондуванні молотом забивають зонд з конічним наконечником або використовують забивний ґрунтонос. Для визначення зусилля, яке прикладають, фіксують кількість ударів копра, що необхідні для заглиблення конуса на постійну глибину.

Динамічне зондування ефективно використовувати для польового визначення щільності пісків.

Інтерпретувати результати динамічного зондування значно важче, ніж статичного, тому що на заглиблення зонда впливають маса молота, висота його падіння, маса зонда і тертя його об ґрунт. За даними динамічного зондування складено таблиці корелятивної залежності між величиною питомого динамічного опору зондування (або кількістю ударів на декілька сантиметрів заглиблення зонда) і щільністю пісків, модулем деформації та консистенцією глинистих ґрунтів.

7.3.2. Досліди та спостереження при оцінці стисливості ґрунтів

Прогноз осідань і деформацій споруд у багатьох випадках є достатньо умовним. Суттєву роль у цьому відіграє порушення природної структури ґрунту під час відбору зразків з ґрунтової товщі.

Щоб не порушувати структуру ґрунту, у відповідальних випадках намагаються оцінити стисливість ґрунту і визначити деякі його характеристики в польових умовах, на місці, без витягання зразків з товщі ґрунту. З цією метою на місці майбутньої споруди закладають шурф, у якому на рівні досліджуваного шару встановлюють плиту-штамп визначеного розміру. За допомогою спеціальних пристроїв до плити прикладають деяке навантаження, яке поступово збільшують до проектного і навіть ще більшого. Протягом всього випробування ведуть спостереження за осіданням штампа. Потім будують графіки залежності осідання штампа під даним навантаженням у часі. На базі цих графіків встановлюють осідання штампа-плити під даним навантаженням при повному загасанні деформації.

Під час проведення випробування навантаженням, яке поступово збільшується, завжди є небезпека, що у виміряні дані осідання плити буде входити деформація, яка викликана не тільки ущільненням ґрунту, але й та, яка пов'язана з видавлюванням ґрунту з-під плити (процес випирання). Зрозуміло, що такий нехарактерний параметр неприпустимий при прогнозі майбутнього осідання споруди з достатньо розвиненими фундаментами, які виключають можливість випирання з-під них.

З цього виникає умова проведення досліджень з навантаженням таким чином, щоб пластичних явищ у ґрунтах не було, а вимірюване осідання штампа відповідало лише осіданню ґрунту внаслідок ущільнення під впливом нормальних напружень.

Ця умова потребує використання в дослідженнях плити-штампа відносно великих розмірів з достатнім заглибленням і повільним зростанням навантаження в часі для запобігання шкідливим наслідкам вказаних явищ.

Для проведення дослідження використовують стандартний штамп площею 5000 см^2 ($70 \times 70 \text{ см}$).

Після встановлення штампа та завантажувального пристрою доцільно засипати шурф ґрунтом повністю. У такому випадку складаються найкращі умови для підвищення стійкості ґрунту під штампом проти можливого його випирання.

На базі даних спостережень за осіданням, яке стабілізується під фіксованим навантаженням, будують графік залежності деформації штампа від навантаження (рис. 7.3). Зона I на графіку характеризує процес наростаючого ущільнення ґрунту, про це свідчить деяке уповільнення збільшення осідання штампа в разі збільшення навантаження. Зона II характеризується новим збільшенням осідання та пришвидшенням його прирощування, відповідає руйнуванню ґрунту і випиранню його з-під штампа. Внаслідок цього частина кривої в зоні II при аналізі питання про осідання проекрованої споруди не розглядається. Пунктирна частина кривої – уявний хід осідання штампа в разі відсутності пластичних деформацій. Розраховувати модуль загальної деформації треба лише для частини кривої, яка відповідає фазі ущільнення ґрунту.

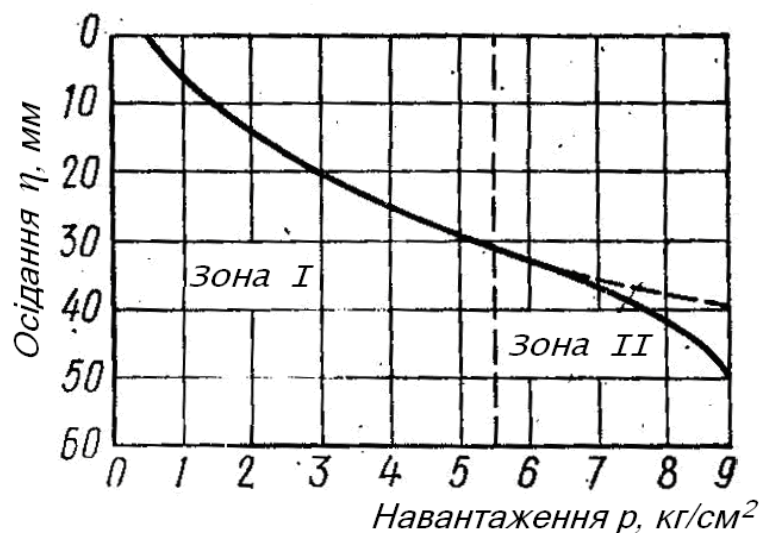


Рис. 7.3. Графік залежності осідання штампа від навантаження

За результатами випробувань визначають модуль стисливості ґрунтів E_p , необхідний для розрахунку можливого осідання споруди.

Для розрахунку цієї характеристики використовують відому формулу осідання квадратного штампа зі стороною В:

$$E_p = 0,88(1 - \nu^2) \frac{\rho B}{\eta_{кін}}, \quad (7.2)$$

де E_p – модуль стисливості або загальної деформації;
 ρ – повне навантаження на штамп;
 B – сторона штампа при дослідженні;
 $\eta_{кін}$ – кінцеве осідання, яке відповідає навантаженню;
 ν – коефіцієнт Пуассона.

Модуль стисливості E_p визначають лише для фази ущільнення.

Розрахункове значення E_p приймають за середнім його значенням, яке одержане з декількох випробувань шару ґрунту.

7.3.3. Визначення міцності ґрунтів

При проектуванні будівель і споруд головною характеристикою основи фундаментів є міцність ґрунту, яку оцінюють за її опором зсуву. Опір зсуву деякого об'єму ґрунту зі зсувом його по деякій поверхні з площею F визначається формулою

$$S = S_{p\omega} \omega, \quad (7.3)$$

де $S_{p\omega}$ – опір зсуву.

Опір ґрунту зрушенню в загальному вигляді характеризується залежністю

$$S_{p\omega} = \rho \operatorname{tg} \varphi_{\omega} + \Sigma_m + c_c, \quad (7.4)$$

де ρ – нормальна напруга ρ_n , яка діє в породі по одній ділянці;
 φ_{ω} – кут внутрішнього тертя при вологості ω ;

Σ_m – зв'язність водо-колоїдної породи і зворотного характеру при вологості m ;

c_c – структурне зчеплення з незворотним характером зв'язків.

Таким чином, здатність породи опору зрушенню, тобто її міцність визначається:

- 1) силами внутрішнього тертя в породі, які залежать від нормального напруження;
- 2) зв'язністю породи;
- 3) структурним зчепленням.

Під час проведення польових робіт значне поширення одержали зсувоміри – прилади, які дають можливість одночасно визначати характеристики для розрахування міцності породи (кут внутрішнього тертя, зв'язність зчеплення).

Застосовують метод обертального зрізу у свердловинах. Цей метод дає можливість визначати властивості слабких глинистих ґрунтів (мулів, м'яких глин, торфів), але відбір проб ґрунтів з непорушеною структурою завдає труднощів.

Робочим органом зсувомірів є чотирилопатевий наконечник – крильчатка (рис. 7.4).

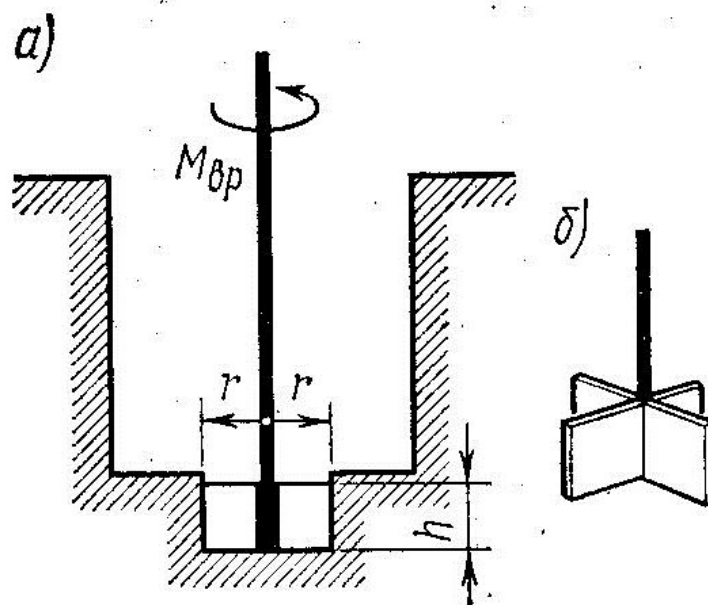


Рис 7.4. Схема дослідів з крильчаткою:
а – крильчатка; б – дріль

Його за допомогою штанг занурюють у ґрунт на задану глибину вибою або стінку свердловини. Потім його обертають навколо осі. Тонкі краї лопатей зсувають ґрунт по боковій поверхні та по основі циліндра обертання. Зусилля, яке фіксується (тобто обертальний момент), визначається за допомогою вимірювального пристрою.

Опір зсуву визначають за формулою

$$s = \frac{M}{1,57d^2(h + d/3)}, \quad (7.5)$$

де M – обертальний момент;

d – діаметр циліндра обертання (5,5-5,7 см);

h – висота циліндра обертання (11-20 см).

7.3.4. Визначення просідання ґрунтів

Величина осідання ґрунтів $\eta_{пр}$ залежить від багатьох факторів. Досить важливим є товщина лесового шару, який залягає вище рівня підземних вод. Зі зростанням товщі лесу майже в прямій залежності збільшується величина $\eta_{пр}$. Природньо також, що величина $\eta_{пр}$ визначається здатністю порід, які складають дану товщу, викликати явища просідання. Величину просідання лесів, як і стискання ґрунтів взагалі, частіше виражають через величину відносної деформації ϵ_r .

Якщо виразити цю величину у промілях, одержимо модуль просідання $\epsilon_{р.пр}$, який відповідає осіданню в міліметрах метрового шару ґрунту при його замочуванні під додатковим навантаженням p . Ступінь просідання різновидів лесів і лесоподібних ґрунтів визначається їх складом і станом. Згідно з нормативами характеристикою просідання ґрунту служить відносне просідання $\delta_{пр}$, яке являє собою відносне стискання під дією замочування і визначається за формулою

$$\delta_{пр} = \frac{h' - h_{пр}}{h_0}, \quad (7.6)$$

де h' – висота зразка ґрунту, який обтискають без можливості бокового розширення тиском p ;

$h_{пр}$ – висота того самого зразка ґрунту при цьому самому тиску після замочування;

h_0 – висота того самого зразка ґрунту природної вологості, який стискають без можливості бокового розширення і який дорівнює природному.

Значно важливішим показником ступеня просідання лесових ґрунтів є їх пористість. Залежність ступеня просідання сухих лесових ґрунтів від їх пористості наведена в табл. 7.1.

Таблиця 7.1

Залежність ступеня просідання сухих лесів від їх пористості

Ступінь просідання ґрунту	Пористість n , %	Модуль просідання, мм/м
Непросідний	<40	0
Слабкопросідний	40-45	10
Просідний	45-50	50
Сильнопросідний	50-55	100
Різкопросідний	>55	>100

При оцінюванні просідання лесових ґрунтів враховують їх вологість. Чим нижче природна вологість, тим більше вони стискаються при додатковому замочуванні і тим більше при цьому осідання споруди.

7.3.5. Визначення стійкості укосів і схилів

Укосом називають штучно створену поверхню, яка відокремлює природний ґрунтовий масив, виїмку або насип. Укоси утворюються під час зведення насипів (залізничний шлях, дамби, земляні греблі), виїмок (котловани, траншеї, канали, кар'єри) або при перепрофілюванні територій.

Схилом називають укис, який утворений природним шляхом і обмежує масив ґрунту природного походження.

У разі впливу негативних факторів масив ґрунтів, обмежений укосом або схилом, може перейти в невірноважений стан і втратити стійкість.

Головними причинами втрати стійкості укосів і схилів є:

- 1) спорудження неприпустимо крутого укосу або підрізка схилу, який знаходиться у стані, близькому до граничного;
- 2) збільшення зовнішнього навантаження (зведення споруд, складування матеріалів на укосі або поблизу його брівки);
- 3) зміна внутрішніх сил (збільшення ваги ґрунту при зростанні його вологості або вплив зважувального тиску води на ґрунти);
- 4) неправильне призначення розрахункових характеристик міцності ґрунту або зниження його опору зсуву, наприклад за рахунок збільшення вологості;
- 5) прояв гідродинамічного тиску води, сейсмічних сил, вплив інженерної діяльності людини (рух транспорту, заглиблення паль, вибухові роботи тощо).

Інженерні методи розрахунку стійкості укосів і схилів

На практиці проектування застосовують інженерні методи розрахунку стійкості, які містять різноманітні спрощувальні припущення. Найбільш розповсюджений з них – метод круглоциліндричних поверхонь ковзання, які відносять до схеми площинної задачі (рис. 7.5).

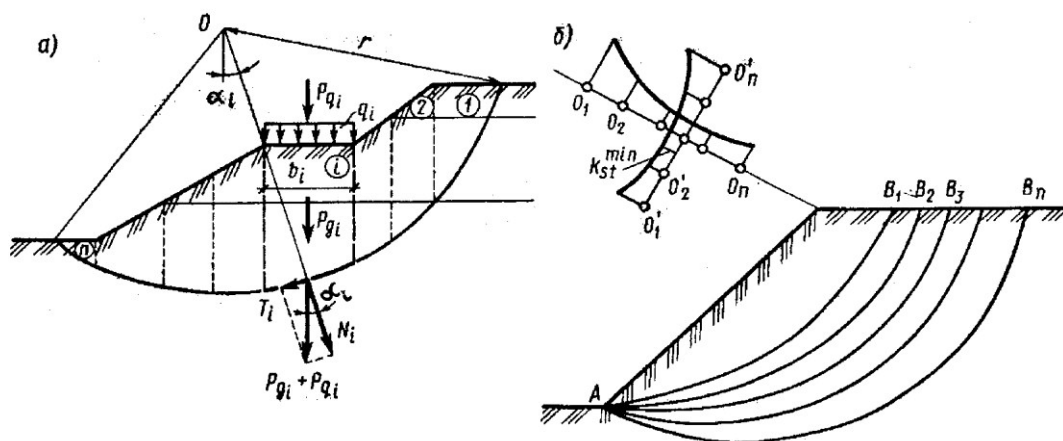


Рис. 7.5. Схема до розрахунку стійкості укосів методом круглоциліндричних поверхонь ковзання:
 а – розрахункова схема; б – визначення положення найбільш небезпечної поверхні ковзання; 1, 2, ... - номери елементів

Припустимо, що втрата стійкості укосу або схилу (рис. 7.5,а) може статися в результаті обертання укосу ґрунтового масиву відносно деякого центра О. Поверхня ковзання буде представлена дугою кола з радіусом r і центром у точці О. Масив, який зміщується, розглядають як недеформований відсік, всі точки якого беруть участь у загальному русі. Коефіцієнт стійкості приймають у вигляді

$$K_{st} = \frac{M_{sr}}{M_{sa}}, \quad (7.7)$$

де M_{sr} та M_{sa} – моменти відносно центра обертання О всіх сил, які утримують і зміщують відсік.

При $K_{st} \geq K_{st}^H$ стійкість відсіку масиву ґрунту відносно вибраного центра обертання О вважають забезпеченою.

Заходи підвищення стійкості укосів і схилів

Одним з найбільш ефективних способів підвищення стійкості укосів є виположування або створення східчастого профілю з утворенням горизонтальних ділянок (берм) по висоті укосу. Однак це завжди пов'язано зі збільшенням об'ємів земляних робіт. У разі невеликої висоти укосів може стати ефективним додаткове навантаження підошви в його нижній частині або спорудження підпірної стінки, яка підтримує укіс. Позитивними способами є закріплення поверхні укосу обдернуванням, брукуванням камінням, укладання бетонних і залізобетонних плит.

Необхідно врегулювання гідрогеологічного режиму укосу або схилу. У зв'язку з цим стікання поверхневих вод перехоплюють нагорні канами або відводять воду з берм. Підземні води, які проникають на поверхню укосу або схилу, перехоплюють дренажними пристроями з відведенням вод у спеціальну зливостічну сітку.

За необхідності розробляють складні конструктивні заходи шляхом прорізання потенційно нестійкого масиву ґрунтів системою забивних або набивних паль, вертикальних шахт і горизонтальних штолень, які заповнені бетоном і виходять у

нерухомі частини ґрунтового масиву. Використовують також анкерне закріплення нестійких об'ємів ґрунту при взаємодії з підпірними стінками або палями.

7.4. Лабораторні дослідження фізико-механічних властивостей ґрунтів

Для лабораторних досліджень фізико-механічних властивостей ґрунтів відбирають проби з порушеною та непорушеною структурою (моноліти). Вид проби залежить від мети дослідження гірської породи і її стану, а спосіб відбору – від типу розвідувальної виробки, з якої відбирають пробу.

При поверненні інженерно-геологічних вишукувань застосовують три методи відбору проб: точковий, борозний і валовий. Точковий метод полягає в тому, що шар породи характеризується одним або кількома зразками відносно невеликого розміру. При борозному методі по всьому шару, який досліджують, хрестоподібно роблять борозни, з яких відбирають пробу ґрунту. Валовий метод полягає в дослідженні всього ґрунту, який був відібраний. Два останніх методи застосовують при розробці будівельних матеріалів.

Фізико-механічні властивості ґрунтів при інженерно-геологічних досліджують з метою отримання таких характеристик:

- 1) класифікація гірських порід і виділення шарів ґрунтів та інших елементів геологічного розрізу;
- 2) визначення розрахункових характеристик фізико-механічних властивостей ґрунтів, які складають основу проектованої споруди, природні та штучні укоси;
- 3) визначення характеристик ґрунтів, які будуть використовуватись у якості будівельних матеріалів.

Моноліти відбирають для визначення розрахункових характеристик фізико-механічних властивостей зцементованих порід. Для пухких піщаних порід моноліти можна замінити пробами з порушеною структурою, але в цьому випадку треба визначити щільність ґрунтів у природному заляганні польовими методами. Під час відбору проб необхідно дотримуватись таких правил:

1) проба ґрунту, яку беруть з визначеного шару, не повинна мати забруднювальних включень і домішок;

2) кожна проба повинна бути одразу упакована з етикеткою за встановленою формою, треба зробити запис у журналі розвідувальної виробки та відмітку на замальовці гірської виробки;

3) після упакування та реєстрації проба відправляється до польової лабораторії або до спеціального місця зберігання.

Об'єм проб, які відбирають, повинен бути достатнім для виконання всіх визначень. Об'єм проб з порушеною структурою для скельних і грубоуламкових порід – не менше 2000 см³, для піщаних – не менше 1000 см³, для глинистих – не менше 500 см³.

Моноліти, які відбирають з гірських виробок, повинні мати форму куба або циліндра (відібрані зі свердловин).

7.4.1. Консервування монолітів

Після витягання з ґрунтоноса моноліт терміново консервують для збереження структури та природної вологості ґрунту. Існує два способи консервування: парафінування та упакування в жорстку тару. При упакуванні моноліту слід відмітити його верх, а за необхідності зробити орієнтування за частинами світу.

Моноліт, відібраний з твердої тари, покривають марлею, яку просочили теплим парафіном, і туго обмотують. Потім марлю вкривають ще одним шаром парафіну, знову обмотують марлею і вкривають третім шаром парафіну. До парафінування на верхню грань зразка кладуть етикетку, яка загорнута в кальку, її теж вкривають парафіном. Другий екземпляр етикетки змочують теплим парафіном, кріплять до поверхні запарафінованого зразка і також вкривають тонким шаром парафіну.

Моноліти ґрунту, які відбирають з ґрунтоноса, пакують у жорстку тару (чи спеціально виготовлені металеві або дерев'яні ящики). На верхню грань зразка між гумою та кришкою кладуть етикетку, а іншу етикетку кріплять до поверхні жорсткої тари.

Для парафінування монолітів готують суміш з двох частин парафіну та однієї частини гудрону, яку нагрівають до температури 60-65 °С. Для запобігання пошкодженню упаковки проміжки між монолітами засипають тирсою. Зразки таких порід необхідно берегти від заморожування, а мерзлик – від танення, тому що при цьому вони змінюють структуру.

7.4.2. Фізико-механічні властивості ґрунтів

Зерновий (гранулометричний) склад. Під зерновим складом розуміють кількість за масою частинок ґрунту різноманітного розміру по відношенню до загальної маси сухого ґрунту. За даними зернового складу породи можна давати наближену характеристику водопроникнення піщаних порід, за тими ж даними можна оцінювати можливість вимивання піщаних частинок малого розміру з породи, основи споруди та інші наближені показники. За даними аналізу зернового складу оцінюють можливість використання породи для виготовлення бетону, ґрунтових гребель, дамб тощо.

Для визначення зернового складу застосовують такі методи:

1. *Механічний аналіз* проводять шляхом розподілу порід на декілька фракцій, які відрізняються діаметром частинок. Потім визначають відсоткову кількість часток кожної фракції в породі, яку досліджують.

2. *Ситовий метод* полягає у просіюванні частинок через набір сит з отворами різного діаметра, цей метод застосовують для дослідження пісків.

3. *Метод Сабаніна* ґрунтується на принципі розподілу фракцій за швидкістю падіння частинок, які знаходяться у зваженому стані в спокійній рідині. Його використовують для визначення кількості глинистих і пилюватих частинок у піщаних ґрунтах.

4. *Піпетковий метод* полягає у відборі піпеткою проб частинок, які не встигли в установлені строки осісти в процесі відстоювання. Застосовується при аналізі глинистих порід.

5. *Ареометричний метод* полягає у вимірюванні спеціальним ареометром щільності скаламучених у воді частинок породи, яка змінюється з осіданням їх у воді.

6. *Метод набрякання* (Рутковського) ґрунтується на здібності глибинних фракцій набрякати у воді і на різній швидкості падіння частинок у воді залежно від їх розмірів. Використовуючи цей метод, можна виділяти в породі три фракції: глинисту, пілувату та піщану.

Щільність породи – це відношення маси породи до її об'єму у природному стані разом з масою води в порах, що залежить від вологості та пористості порід.

Щільність частинок ґрунту – відношення маси сухого ґрунту до об'єму його твердої частини. Щільність частинок ґрунту гірських порід змінюється в межах 2600-2750 кг/м³. Ця характеристика залежить від мінерального складу порід.

Пористість порід показує ступінь заповнення об'єму породи порами та пустотами. Пористість виражають у вигляді відносного відношення об'єму пустот до загального об'єму породи.

Вологістю породи називають відношення маси води, яка знаходиться в порах, до маси сухої породи. Вологість породи є дуже важливою характеристикою фізичного стану породи, впливає на її міцність та інші властивості ґрунтів.

Пластичністю називається здатність породи змінювати форму під впливом зовнішніх сил, тобто деформуватися без розривів суцільності та зберігати одержану форму після зниження впливу зовнішніх сил.

Деформування глинистих порід під впливом тиску залежить від їх *консистенції* (відносна вологість). Для того щоб виразити в чисельних показниках консистенцію породи, при якій вона є пластичною, існують характеристики – *верхня та нижня границі пластичності*.

Нижня границя пластичності (границя розкочування) – такий ступінь вологості глинистої породи, при якому глинисте тісто при розкочуванні його у джгутик діаметром менше 3 мм починає розпадатися після втрати пластичних властивостей.

Верхня границя пластичності (границя текучості) – такий ступінь вологості глинистої породи, при якому спеціальний конус з балансиром заглиблюється у глинисте тісто на 10 мм.

Набрякання – здатність глинистих порід збільшувати свій об'єм у разі насичення водою. Збільшення об'єму породи супроводжується розвитком у ній тиску набрякання. Набрякання залежить від вмісту в породі глинистих і пілуватих частинок, мінерального складу породи та хімічного складу води.

Набрякання враховують під час будівельних робіт. Явище набрякання породи спостерігають у котлованах, виїмках, а також при будівництві гребель і водосховищ, коли змінюються гідрогеологічні умови району спорудження або збільшується вологість порід завдяки воді, яка надходить.

Усадка – зменшення об'єму породи під впливом висихання, обумовленим природною вологістю: чим більше вологість, тим більше усадка.

Розмокання – здатність глинистих порід при контакті з водою втрачати зв'язність і руйнуватися, перетворюватись у пухку масу з частковою або повною втратою несучої здатності. Розмокання породи значно впливає на її показники міцності. Швидкість розмокання породи визначає ступінь її стійкості під водою.

Для характеристики розмокання порід використовують два показники:

1) час розмокання, протягом якого зразок породи, що заглиблений у воду, втрачає зв'язність і розпадається на структурні елементи різного розміру;

2) характер розмокання відображує якісну картину розпаду зразка породи.

Більша частина порід з кристалізаційними структурними зв'язками практично не розмокає. На противагу їм дисперсні породи, у яких ці зв'язки відсутні, розмокають. Щільні глини та суглинки, які не розмокають у воді, розмиваються лише під час довгого впливу текучої води. Зв'язні породи, які характеризуються слабкими структурними зв'язками, розмокають швидко. Здатність розмиватися обумовлена опором розмоканню.

Стисливість. Глинисті породи під впливом навантаження деформуються без руйнування. Властивості деформуватися характеризуються модулем деформації, коефіцієнтом Пуассона, коефіцієнтом стисливості і консолидації, модулями зсуву та об'ємного стискання.

Деформаційні властивості дисперсних ґрунтів визначаються їх стисливістю під навантаженням, яка обумовлена зміщенням частинок одна відносно одної та відповідним зменшенням об'єму пор внаслідок деформації частинок породи води та газу.

При визначенні стисливості ґрунтів розраховують показники, які характеризують залежність кінцевої деформації від навантаження та зміну деформацій ґрунту в часі при постійному навантаженні. До першої характеристики показників відносять коефіцієнт ущільнення, коефіцієнт компресії, модуль деформації, до другої - коефіцієнт консолідації.

Зчеплення. Опір ґрунтів зсуву – найважливіша властивість міцності, яку необхідно знайти для вирішення інженерно-геологічних завдань. Під впливом деякого зовнішнього навантаження у визначених зонах ґрунту зв'язки між частинками руйнуються і відбувається зміщення одних частинок відносно інших. При цьому ґрунт набуває здатності необмежено деформуватися під даним навантаженням.

Руйнування ґрунту відбувається у вигляді переміщення однієї частини масиву відносно іншої.

Контрольні питання до розділу 7

1. Які види інженерно-геологічної зйомки застосовують при вишукуванні залізниць та інженерних споруд?
2. Які питання вирішує інженерна зйомка?
3. Які існують види розвідувальних виробок?
4. Що таке буріння?
5. Для розробки яких порід застосовують буріння?
6. Які види наконечників застосовують при механічному бурінні?
7. На які види за способом виконання роботи поділяють буріння?
8. Які документи заповнюють при виконанні геологорозвідувальних робіт?
9. Які дані містить інженерно-геологічний звіт?
10. Які види космічних зйомок використовують в інженерно-геологічних дослідженнях?
11. Які види аерометодів використовують в інженерно-геологічних дослідженнях?
12. Які види геофізичних методів застосовують в інженерно-геологічних дослідженнях?
13. Які методи сейсморозвідки застосовують в інженерно-геологічних дослідженнях?

14. Які технічні засоби використовують при сейсмозв'язці?
15. Які параметри ґрунтів визначають методом зондування?
16. У чому полягає головна сутність статичного зондування?
17. У чому полягає головна сутність динамічного зондування?
18. Яким способом оцінюють стисливість ґрунтів у польових умовах?
19. Яким способом визначають міцність ґрунтів у польових умовах?
20. Яким способом визначають просідання ґрунтів у польових умовах?
21. Головні причини втрати стійкості укосів і схилів.
22. Які характеристики ґрунтів визначають у лабораторних умовах?
23. Як проводять консервування монолітів?

8. ОХОРОНА ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ПІД ЧАС ВИШУКУВАНЬ, ПРОЕКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Відомо, що промислові та громадські споруди – це «становий хребет» міст і групових систем розселення людей. Автомобільні та залізничні шляхи – це «артерії», без яких ці системи не можуть існувати.

Таким чином, всі об'єкти разом з людьми, які живуть, працюють і користуються ними, активно впливають на навколишнє природне середовище.

Будівництво та експлуатація кожної споруди завжди викликає ті або інші відхилення від стану природної екологічної рівноваги. Порушення її неминучі навіть при найточнішому додержанні всіх норм і правил будівництва. Тому зусилля вишукувачів, проектувальників, будівельників та інших спеціалістів повинні бути направлені не на те, щоб залишити непричетною природу, а знайти такі методи ведення господарства, які б урахували природні зв'язки, розвивали та спрямовували природну рівновагу в напрямку мінімальних шкідливих наслідків або поліпшення природного потенціалу.

Проектувальник (будівельник, експлуатаційник) повинен на основі глибоких знань про природне середовище вміло використовувати дані, одержані під час інженерно–геологічних вишукувань. Він зобов'язаний передбачити заходи, які б максимально запобігали негативному впливу об'єкта, який проектують, на навколишнє природне середовище як у процесі будівництва, так і при експлуатації.

Дослідники та спеціалісти вважають, що для успішного вирішення проблем, які стоять перед проектувальниками, будівельниками та експлуатаційниками, потрібно розглядати будівлі та споруди. ПТС – це природно-технічна система інженерної споруди з частиною геологічного середовища в зоні його впливу. У реальних умовах спостерігається ще більш складна взаємодія з геологічним середовищем не тільки однієї споруди, а й комплексу інженерних споруд (підземних комунікацій, шляхів сполучень та ін.).

На думку більшості вчених, особливості цієї взаємодії необхідно і достатньо можуть вирішуватись тільки при системних дослідженнях. У зв'язку з цим особливі вимоги ставляться до якості інженерно-геологічної інформації. Необхідні планові спостереження за можливими деформаціями інженерної споруди та змінами геологічного середовища в зоні його впливу.

Вважається, що до ПТС разом з комплексом інженерних споруд, геологічного середовища до зони їх впливу необхідно включати пристрої спостереження літомоніторингу та споруди інженерного захисту. Особливу увагу при інженерно-геологічних роботах у районах будівництва приділяють вивченню геологічного середовища – геологічної основи ПТС.

Послідовність цього вивчення така:

- 1) аналіз інформації про геологічне середовище та інженерно-господарський вплив на неї;
- 2) аналіз існуючих змін у кожній природно-технічній геосистемі;
- 3) оцінка та прогноз техногенних змін;
- 4) контроль за станом геологічного середовища;
- 5) заходи керування геологічним середовищем.

Вплив промислово-цивільного будівництва та шляхів сполучень на навколишнє природне і в першу чергу геологічне середовище враховується на всіх етапах будівництва та експлуатації об'єктів.

8.1. Охорона природного середовища та завдання інженерно-геологічних вишукувань

Нормативно-технічна документація передбачає такі головні завдання, які стоять перед спеціалістами під час інженерно-геологічних вишукувань:

- 1) забезпечення комплексного вивчення природних умов району, ділянки, траси будівництва, які проектуються;
- 2) одержання необхідних і достатніх матеріалів для розроблення екологічно-доцільних і технічно обґрунтованих рішень;

3) врахування раціонального застосування і охорони природного середовища при проектуванні та будівництві об'єктів;

4) одержання даних для складання прогнозу змін природного середовища під впливом будівництва та експлуатації підприємств, будівель і споруд.

Проведення інженерно-геологічних вишукувань у польових умовах може завдавати помітної шкоди природному середовищу, тому передбачають комплекс заходів, які здатні відвернути можливі збитки (табл. 8.1).

Таблиця 8.1

Охорона природного середовища при проведенні інженерно-геологічних вишукувань

Заходи	Призначення заходів	Схема технологічного процесу
1	2	3
Спорудження захисного покриття (екрана) на свердловинній ділянці до початку буріння	Для захисту від підземних вод, від забруднення паливно-мастильними матеріалами (ПММ) та іншими реагентами	Складування ґрунтового шару, виїмка, транспортування, укладання та трамбування захисного ґрунту, рекультивація земель
Ліквідація гірничих виробок	Охорона підземних вод, рослинного та тваринного світу	Ущільнення шарів з трамбуванням ґрунтів, які витягнені з виробок
Ліквідація залишків реагентів (ПММ) при проходці або випробуванні свердловин	Охорона рослинного і тваринного світу, охорона підземних і поверхневих вод від забруднення	Утилізація хімічних реагентів і розчинів у спеціально обладнаних місцях – коморах, ємностях, місцях захоронення
Скидання підземних вод, які містять забруднюючі речовини, при дослідних відкачках: а) скидання вод, які відкачують у котлован; б) закачування підземних вод, які відкачують у поглинальні свердловини	Для захисту ґрунтів, поверхневих і підземних вод від забруднення	Розробка котлованів, їх наступна засипка та рекультивація земель, спорудження водоводу до об'єктів скидання, буріння та влаштування поглинальних свердловин, нагнітання у свердловини вод, які відкачують

Продовження табл. 8.1

1	2	3
Контроль вихлопних газів	Охорона атмосферного повітря	Заміри на вміст кількості граничних норм CO ² у вихлопних газах
Рекультивация земель	Охорона ґрунтів, гірських порід і підземних вод від забруднення	Механізована рекультивация (зняття ґрунту бульдозером, складування ґрунту та ін.). Очищення та планування ділянки для озеленення

Інженерні геологічні вишукування повинні забезпечити необхідні матеріали для обґрунтування проектування об'єктів з урахуванням раціонального використання та охорони геологічного середовища, складання прогнозу змін інженерно-геологічних умов при будівництві та експлуатації підприємств, будівель і споруд.

Але державні та місцеві органи керування не завжди забезпечують необхідні дані для вирішення геоекологічних проблем, наприклад захоронення відходів, їх складування, рекультивация кар'єрів. Вибір ділянок будівництва в багатьох випадках виявляється необґрунтованим з точки зору раціонального природокористування та охорони навколишнього середовища.

Для вирішення цих нових проблем необхідні екологічні нормативи та відповідно новий вид вишукувань – інженерно-геоекологічні вишукування. Їх мета – всебічне вивчення інженерно-геологічних умов та екологічний прогноз взаємодії споруди з геологічним середовищем. Вони стануть складовою частиною інженерно-геологічних вишукувань для будівництва та охорони навколишнього природного середовища.

8.2. Охорона природного середовища при проектуванні промислового, цивільного та шляхового будівництва

Питання охорони навколишнього природного середовища розглядаються у всіх видах проектних розробок з будівництва та реконструкції об'єктів промислового, цивільного та шляхового призначення. Складовою частиною всіх проектів є спеціальний розділ “Охорона навколишнього природного середовища”.

Цей розділ складається з таких підрозділів:

- загальна екологічна характеристика району;
- охорона атмосферного повітря;
- охорона поверхневих і підземних вод;
- охорона ґрунтово-рослинного покриву та відновлення порушених земель;
- охорона навколишнього середовища від впливу шуму, електромагнітних коливань, теплового забруднення та радіації;
- охорона тваринного світу;
- зберігання та поліпшення ландшафту;
- охорона рослинності та формування системи зелених насаджень;
- формування системи природних територій, що охороняються;
- інженерно-екологічне зондування та комплексна система охорони навколишнього середовища;
- ефективність заходів охорони навколишнього середовища.

Розділ “Охорона природи та поліпшення навколишнього середовища будівельними засобами в генеральних планах, проектах планування та забудови і проектах детального планування” містить такі дані:

- вибір та оцінка ефективних планувальних способів поліпшення стану навколишнього природного середовища;
- врахування способів, які розробляють спеціалізовані організації, для охорони та поліпшення навколишнього природного середовища або його компонентів;
- комплексна оцінка очікуваного стану навколишнього природного середовища після реалізації проектних рішень і на віддалену перспективу.

У вигляді графічних матеріалів додають:

1) схему планувальних обмежень і комплексну оцінку існуючого стану навколишнього середовища в масштабі від 25000 до 1:200 (залежно від кількості населення в місті);

2) схему інженерної підготовки території та прогнозованого стану навколишнього середовища.

На другій схемі вказують споруди для захисту населеного пункту від небезпечних геологічних процесів, заходи з рекультивації порушених територій, ділянок, які потребують дренажів, значних об'ємів зрізування або підсипання ґрунту та ін.

У тексті цього розділу, а також у проектах окремих будівель і споруд вирішуються питання:

- захист територій від небезпечних геологічних процесів (зсуви, яри, підтоплення, селі та ін.);
- захист поверхневих і підземних вод, атмосфери, ґрунтів і надр від забруднення;
- відвід земель для будівництва;
- вибір ділянок для будівництва;
- рекультивація земель, порушених під час будівництва;
- визначення потреб і проектування санітарно-захисної зони між джерелами небезпечних забруднень і жилими територіями.

Велику увагу з урахуванням ПТС, що будують, приділяють розробленні проектів інженерного захисту територій від небажаних геологічних процесів. У проектах інженерного захисту розглядається увесь комплекс природоохоронних засобів.

Наприклад, у проекті інженерного захисту територій від затоплення та підтоплення передбачено:

- попередження небезпечних розливів русла, берегів, а також ділянок сполучення захисних споруд з неукріпленим берегом;
- здійснення на території, яку захищають, комплексу агротехнічних, меліоративних і гідротехнічних заходів з боротьби з водною ерозією;
- озеленення частини територій, які захищають;
- попередження забруднення ґрунтів, водоймищ, сільськогосподарських земель і територій, які застосовують під рекреацію, відходами промислового виробництва, нафтопродуктами і отрутохімікатами;

- збереження природних умов міграції тварин у межах захищуваних територій;
- збереження або створення нових нерестовищ замість витрачених у результаті осушення заплавлених озер, стариць і мілководдя водосховищ;
- попередження загибелі і травмування риб на об'єктах інженерного захисту;
- збереження на захищуваних територіях режиму озерно-болотних угідь, які використовуються перелітними водоплавними птахами під час міграції.

До всіх проектів будівництва нових об'єктів, реконструкції та розширення існуючих слід включати роботи з озеленення незайнятих ділянок забудови, охорони, розвитку вже існуючих дерев, чагарників, трав'яної рослинності.

8.3. Вплив будівельно-монтажних робіт на природне середовище

У процесі будівництва навколишнє природне середовище підлягає істотному, а іноді й максимальному техногенному впливу. Переміщуються великі маси гірських порід, активізуються небезпечні геологічні процеси, погіршуються деякі властивості порід, руйнується ґрунтовий покрив та ін.

Найбільші зміни навколишнього природного середовища у процесі будівництва відбуваються при зведенні підземної частини будівель і споруд (рис. 8.1). Трансформується в першу чергу геологічне середовище – ґрунти, гірські породи та їх масиви, підземні води. Ґрунтовий покрив руйнується землерийними машинами при вертикальному плануванні, спорудженні тимчасових підземних шляхів, будівництві підсобних приміщень.

Особливу увагу треба приділяти збереженню ґрунтово-рослинного шару в районах вічної мерзлоти, де під його захистом знаходяться мерзлі породи. Головні будівельно-монтажні роботи проводять у період від'ємних температур повітря. При плануванні будівельних ділянок під об'єкти уникають зрізування підвищених місць, замінюючи їх підсипанням привозного ґрунту знижених місць.



Рис. 8.1. Вплив будівельно-монтажних робіт на природне середовище

Необхідно також строго дотримуватись встановлених генпланом меж будівельних ділянок і не порушувати ґрунтового покриву за їх межами.

Цей покрив слід оберегти від забруднення, яке відбувається під час засипання ярів будівельним сміттям, промисловими відходами, при порушенні технології робіт у разі хімічного закріплення порід, неправильному збереженні і транспортуванні з іншими неродючими породами.

Будівельно-монтажні роботи впливають на стійкість масивів гірських порід. Будівництво споруд на схилах, підрізання схилів, динамічні та інші дії, знищення рослинного покриву можуть

активізувати небезпечні геологічні процеси: зсуви, яроутворення, карсти, селі, обвали, соліфлюкцію, термокарст та ін. Вони значно погіршують геологічне середовище міських і промислових територій.

Особливо актуальні ці питання при будівництві на незручних і бросових землях (круті схили, заболочені землі та болота, закарстовані масиви, ділянки, прорізані ярами та балками).

При будівництві протизсувних, протиерозійних та інших природоохоронних споруд необхідно враховувати, що і самі ці споруди можуть негативно впливати на деякі компоненти природного середовища. Наприклад, при реалізації протизсувного захисту в Одесі не були передбачені заходи з інтенсифікації водообміну в огорожених хвилеломами прибережних ділянках моря, при цьому значно погіршилась екологічна обстановка.

Значного впливу зазнають при будівництві підземні води. Змінюється хімічний склад, режим, умови живлення та розвантаження підземних вод, які неглибоко залягають. Причинами цих явищ є перепланування земної поверхні, ущільнення ґрунтів, зведення підземних споруд, влаштування дренажу, інші роботи, які знижують рівень ґрунтових вод.

Забруднення підземних вод і підвищення їх агресивності можуть бути викликані хімічними методами меліорації гірських порід, влаштуванням звалищ будівельного сміття. Існують ще інші причини. Наприклад, мінералізовані, агресивні до бетону води можуть сформуватися при використанні великої кількості мінеральної солі для відтавання гірських порід при розробці будівельного котлована в зимовий період.

Дуже мінералізовані дренажні води не можна застосовувати для поливання сільськогосподарських культур, скидання їх у поверхневі водоймища може викликати небажані екологічні наслідки. При проведенні робіт із штучного закріплення слабких ґрунтів передбачають заходи з відвернення забруднення підземних вод горизонтів, які залягають нижче. Не слід допускати некерованого виливу на земну поверхню артезіанських вод, розкритих свердловинами.

У процесі будівельно-монтажних робіт при виготовленні бетонів, розчинів, миття машин і механізмів, охолодження технологічних пристроїв теплопостачання широко застосовують поверхневі води. Вони легко забруднюються при зливах із забруднених будівельних майданчиків, виконанні свердловальних і вибухових робіт, розробці піску, гравію з русла річок.

Особливо небезпечне забруднення поверхневих вод викликано токсичними речовинами, такими як пластифіковані домішки до бетону, розчинники, лаки, полімерні смоли. Для запобігання забруднення вод необхідно дотримуватися технології виготовлення розчинів і бетонів, не порушуючи умов їх транспортування та складування.

Будівельний майданчик є джерелом забруднення атмосферного повітря. Стан повітряного басейну погіршується у процесі таких робіт:

- 1) виготовлення асфальтобетонних сумішей;
- 2) спалення відходів і залишків матеріалів (автопокришок, рулонів на бітумній основі та ін.);
- 3) термічного та хімічного закріплення гірських порід;
- 4) розпилення цементу, вапна та інших забруднювальних матеріалів;
- 5) викидання вихлопних газів машин, механізмів, транспортних засобів, які працюють від двигунів внутрішнього згорання.

Для оздоровлення атмосферного повітря необхідно дотримуватися технології процесів хімічного закріплення ґрунтів, правил експлуатації будівельної техніки і транспорту, здійснювати перехід будівельних машин і механізмів (компресорів, палебійних агрегатів та ін.) на електропривод, природний газ та інші екологічно небезпечні види палива.

Шумове забруднення під час будівельних робіт виникає при застосуванні транспортних засобів і будівельних машин і механізмів. Зменшити шум на будівельних майданчиках можна, застосовуючи електропривод у таких механізмах, як бульдозери, екскаватори, компресори, поліпшуючи стан доріг і підземних шляхів, обмежуючи звукову сигналізацію на будівництві.

Великої екологічної шкоди при будівництві завдають лісонасадженням. На будівельних майданчиках, а часто і на прилеглих землях практично повністю руйнується біоценотичний покрив (біоценоз), на формування якого пішло багато років.

На думку спеціалістів, до початку будівництва необхідно проводити докладну інвентаризацію всіх дерев і чагарників. За знищення насаджень на ділянках будівництва слід передбачати не матеріальну компенсацію, а витрати на збереження і пересадження рослинності.

Негативно впливає будівництво на тваринний світ, один з компонентів навколишнього природного середовища. Будівельно-монтажні роботи помітно погіршують умови життя тварин у малонаселених районах. Екологічний збиток тваринному світу завдається в результаті відчуження пасовиськ під будівництво, шуму будівельної техніки, безконтрольного відстрілу диких тварин, механічного пошкодження рослинного покриву.

8.4. Вплив експлуатації будівель і споруд на природне середовище

Будівлі та споруди, повністю збалансовані з навколишнім природним середовищем, зустрічаються не часто. Більш розповсюджені випадки, коли промислові та цивільні будівлі у процесі експлуатації негативно впливають на геологічне середовище. Відбуваються в першу чергу зміни гідросфери, гірських порід і їх масивів.

Актуальною проблемою, яка хвилює спеціалістів, є процеси підтоплення територій внаслідок присутності слабопроникних ґрунтів, поганого дренажу та необачного втручання людей у процеси екологічної рівноваги. Основні фактори підтоплення при експлуатації будівель і споруд: інфільтрація витоків з водонесучих комунікацій, зменшення випаровування під будівлями та покриттями, порушення умов підземного стоку, накопичення води в ґрунтах зворотних засипок. Підтоплення провокує розвиток явищ просідання в лесових ґрунтах, зсуви, карсти та інші небажані геологічні процеси.

Характерним прикладом впливу підтоплення на явища в лесових ґрунтах є досвід експлуатації Південнотрубного заводу в місті Нікополі.

Будівництво заводу здійснювалось на лесових просідаючих ґрунтах товщиною 30-40 м. До початку будівництва рівень ґрунтових вод фіксували на глибині 32-40 м. У процесі експлуатації заводу (1938-1970 рр.) рівень ґрунтових вод піднявся на 8,5-13,5 м.

Подальше підняття рівня ґрунтових вод супроводжувалося просіданням забудованої території від власної ваги ґрунту і розташованих на ній будівель і споруд. Екологічний стан геологічного середовища у зв'язку з цим процесом різко погіршився. Швидкість просідання території та будівель складала 20-60 мм/р., а по окремих ділянках, на яких були споруджені планувальні насипи, доходила до 120-150 мм/р. Загальні сумарні величини осідання та просідання склали в середньому 400-600 мм, а під насипами – до 850-1000 мм.

У процесі експлуатації промислових споруд заводу просідання ґрунту відбувалося не тільки на забудованій території, але і за її межами, досягало 200 – 400 мм/р. У результаті просідання території заводу від власної ваги ґрунту відбувалося просідання будівель і споруд, розташованих на ній.

У необхідних випадках охорону та раціональне використання навколишнього середовища при експлуатації будівель і споруд здійснюють за допомогою системи контролю та керування геологічним середовищем.

За результатами досліджень залягання осадових порід можуть коригуватися схеми інженерного захисту природно-технічної системи (ПТС), режим експлуатації.

На територіях, складених лесовими просадочними ґрунтами, особливого значення надають контролю за станом водонесучих комунікацій і проведенню спостережень за просіданнями фундаментів, геодезичних знаків і глибинних реперів, встановлених на забудованих територіях.

8.5. Вплив будівництва залізниць на природне середовище

Дорожньо-транспортний комплекс – необхідний елемент народного господарства країни, але одночасно він є активним забруднювачем навколишнього середовища. Встановлено, що викиди забруднювальних речовин різними видами транспорту поділяються так: автомобільний – 58 %; залізничний – 25 %; дорожньо-будівельний – 14 %; повітряний – 2 %; річковий і морський – 1 %.

Специфіка транспортних перевезень в Україні наприкінці ХХ ст. склалась така, що головна частина вантажних і пасажирських перевезень припадає на залізничний транспорт. Ця обставина достатньо позитивно позначається на екологічній ситуації навколишнього середовища, тому що залізниці більш “екологічні” та економічні порівняно з автомобільним транспортом.

Залізничний транспорт має більш низькі питомі втрати палива на одиницю транспортної роботи, широке застосування електричної тяги, менше відчуження земель під будівництво залізничної колії. Наприклад, одна смуга для автошляхів I та II категорії має ширину 3,75 м, чотири смуги – 15 м, шість – 22,5 м. До цього слід додати 3,75 м, які відводять для узбіччя. На двоколіїні залізниці припадає 10-12 м при ширині колії 1,52 м. Одночасно вплив залізничного транспорту на екологічне становище в країні досить значний.

Будівництво залізничних колій потребує відчуження земель для підготовки траси, розробки в кар'єрах піску та щебеню для баласту, спорудження ділянок для складування будматеріалів. Одночасно з цим на окремих ділянках траси, яка будується, починається тимчасова експлуатація тепловозів, транспортування вагонів з будматеріалами, які викидають у повітря багато пилу, робота будівельних машин, придорожного транспорту, спорудження опалювальних агрегатів і підсобних цехів. Таким чином, будівництво залізничної колії являє собою великий виробничо-будівельний майданчик, що забруднює природне середовище.

Широке застосування залізобетонних шпал значно покращує екологічну ситуацію в країні, тому що заводи, де обробляють дерев'яні шпали, під час виробництва викидають в атмосферу нафталін, антрацен, аценафтен, бензол, толуол, ксилол, фенол, які належать до токсичних речовин. Стічні води цих підприємств насичені антибіотиками, смолами, фенолами.

В Україні видобуток щебеню здійснюється відкритим способом у кар'єрах із застосуванням вибухових робіт, з навантаженням екскаваторами та доставкою у дробильно-сортувальні цехи. Під час вибухів, навантаження, транспортування, подрібнення виділяється великий об'єм пилу, який містить кремній (діоксид кремнію). Стічні води щебеневого заводу потрапляють у водоймища і становлять значну небезпеку для екосистеми.

Під час будівництва залізниць через лісові масиви йде їх знищення: 1 км колії призводить до вирубування від 3 до 20 га лісу.

Природно, що багато питань будівництва залізниць повинні ставитися на стадії проектування.

8.6. Вплив експлуатації залізниць на природне середовище

Під час експлуатації залізниць виділяють два типи джерел забруднення природного середовища: рухомі та стаціонарні.

До рухомих джерел належать: а) магістральні та маневрові локомотиви; б) вагони з токсичними вантажами і тими, які виділяють пил, нафтопродуктами; в) пасажирські вагони з пічним опаленням; г) шляхова техніка.

Найбільш екологічно забруднюючими природне середовище вважають тепловози з дизельними силовими установками - магістральні, маневрові, тимчасово працюючі.

Магістральні тепловози під час роботи викидають в атмосферу за годину 28 кг оксиду вуглецю, 17,5 кг оксиду азоту, до 2 кг сажі. За хімічним складом ці гази аналогічні до вихлопів автомобільних двигунів, але інтенсивність викидів газу тепловозами менша у зв'язку з більш рівномірним і стабільним режимом їх роботи.

Під час роботи маневрових тепловозів, які працюють у змінних режимах з частими початками рухів, прискоренням і гальмуванням, навпаки кількість викидів різко збільшується. Аналогічну ситуацію відмічають у тепловозів тимчасової експлуатації.

При перевезеннях і вантажно-розвантажувальних роботах з вагонів за рік втрачаються тисячі тонн руди, різних солей, мінеральних добрив. Відмічається постійне витікання нафтопродуктів з цистерн внаслідок негерметичності клапанів і зливних вузлів, недостатньої щільності люків, при зупинках і початку руху поїздів з букс колесних пар виливаються мастильні матеріали. До цього слід додати серйозну потенційну небезпеку переміщення радіаційних, хімічних, токсичних отрутих речовин, які під час транспортування, зберігання, перевантаження можуть викликати пожежі, вибухи, пошкодження споруд, загибель людей або нанесення серйозних пошкоджень їх здоров'ю. Перелік таких вантажів складає більше 890 найменувань.

Пасажи́рські вагони систематично забруднюють залізничну колію сухим сміттям і стічними водами (60 % на перегонах і 40 % на станціях). При опаленні вагонів вугіллям в атмосферу викидаються речовини, які містять сірку, вуглекислий і чадний газ.

Всі об'єкти, які переміщуються залізничними коліями або обслуговують перевезення, характеризуються значним шумовим впливом. Для оцінки цього впливу вимірюють такі показники: а) інтенсивність шумового впливу; б) висота звуку; в) термін впливу звуку.

Небезпечним для організму людини є нечутний інфразвук, який при великих амплітудах коливань входить у резонанс з коливаннями внутрішніх органів. Інфразвук виникає при роботі компресорних установок, гальмівних систем поїздів, тягових електродвигунів, дизелей, а також при землетрусах, ураганах, штормах.

Ультразвук людина не чує, але він теж шкідливий для здоров'я. Ультразвук виникає при металообробці, зварюванні, дефектоскопії тощо.

Гіперзвук у транспортних процесах не виникає.

Для зниження шуму маневрові тепловози обладнують глушниками, застосовують гумові підрейкові підкладки, укладають безстиковий шлях; удосконалюють гальмівні пристрої з уведенням уповільнювачів, зменшують масу поїздів.

До стаціонарних джерел забруднення належать:

- 1) підприємства промислового залізничного транспорту;
- 2) промивально-пропарювальні станції;
- 3) локомотивно-вагоноремонтні заводи;
- 4) заводи з ремонту шляхової техніки;
- 5) щебеневі заводи;
- 6) шпальні заводи;
- 7) вантажні та сортувальні станції;
- 8) котельні;
- 9) локомотивні та вагонні депо.

Підприємства промислового залізничного транспорту, вагонні та локомотивні депо, заводи з ремонту рухомого складу виконують ряд виробничих операцій з технічного обслуговування та ремонту рухомого складу всіх видів транспорту. Виконуються роботи з фарбування, при цьому в атмосферу викидаються десятки тонн забруднюючих речовин. Під час завантаження сухого піску в гальмівні системи локомотивів викидається у повітря значна кількість пилу (при цьому не на всіх підприємствах встановлено пилоуловлювачі).

Підготовка вантажних і пасажирських вагонів, їх внутрішніх і зовнішніх поверхонь потребує змивання бруду, при цьому стічні води містять мінеральні та органічні домішки, розчинені солі, залишки вантажів, які перевозять, бактеріальні забруднення.

8.7. Екологічна небезпека транспортних аварій

Наприкінці ХХ ст. в Україні різко збільшилась кількість аварій і катастроф на транспорті, у тому числі на залізниці. Причин цього є багато, головні з них – зношеність рухомого складу та обладнання, використання застарілих технологій, перевищення меж пропускної та провізної здатності, порушення швидкісного режиму, недостатня увага до суб'єктивних причин, людський фактор.

Виділяють два види екологічної небезпеки впливу транспорту на здоров'я людини та навколишнє середовище – постійне та короткострокове.

До першого належить підвищене та систематичне забруднення середовища уздовж транспортних магістралей. До другого відносять виникнення аварійних ситуацій при перевезенні небезпечних вантажів, у результаті чого забруднюється атмосфера, вода, ґрунти, гинуть рослинність і тварини.

Ця проблема актуальна для транспортних систем України, яка є транзитною державою для переміщення багатьох різновидів вантажів залізничними коліями та автомобільними шляхами, розгалуженої системи газо- та нафтопроводів. Аварії, які сталися на залізниці за останні роки, свідчать про недостатню увагу керівництва країни до взаємозв'язку стану рухомого складу і колії на здоров'я людей і навколишнє середовище.

Контрольні питання до розділу 8

1. Що розуміють під природно-технічною системою (ПТС)?
2. Головні етапи вивчення геологічного середовища.
3. Головні завдання охорони природного середовища, які вирішують під час інженерно-геологічних вишукувань.
4. Що розуміють під інженерно-геологічними вишукуваннями?
5. Які питання розглядають у спеціальному розділі проектів “Охорона навколишнього природного середовища”?
6. При яких видах будівельно-монтажних робіт здійснюється максимальний вплив на природне середовище?
7. Чому будівельний майданчик вважають джерелом забруднення атмосферного повітря?
8. Як будівництво впливає на рослинний і тваринний світ?
9. Які зміни в стані природного середовища викликає експлуатація будівель і споруд?
10. Що являє собою процес підтоплення територій?
11. Як поділяються різні види транспорту за показником викидів забруднюючих речовин у повітря?

12. Які роботи під час будівництва залізниць найбільше впливають на природне середовище?

13. Як розподіляють джерела забруднення природного середовища під час експлуатації залізниці?

14. Які види техніки відносять до рухомих джерел забруднення?

15. Які види впливу на природне середовище мають рухомі джерела забруднення?

16. Що відносять до стаціонарних джерел забруднення?

17. Які види впливу на природне середовище мають стаціонарні джерела забруднення?

18. Які види екологічної небезпеки впливу транспорту на природне середовище розрізняють?

19. Чому транспортні аварії складають екологічну небезпеку для природного середовища?

Бібліографічний список

1. Александрова, Л. Н. Практикум по основам геологии. – М.: Высшая школа, 1966. – 152 с.
2. Ананьев, В. П., Основы геологии, минералогии и петрографии [Текст] / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – М.: Высшая школа, 1999. – 309 с.
3. Аэрометоды геологических исследований [Текст] / Под ред. А. И. Виноградова, В. К. Еремина. – Л.; М.; Недра, 1971. – 704 с.
4. Бакка, Т. М. Основи геології [Текст] / Т. М. Бакка, О. О. Ремезова. – Житомир: ЖІТУ, 2000. – 379 с.
5. Безрук В. М. Геология и грунтоведение [Текст] / В. М. Безрук, М. Т. Костенко. – М.: Автотрансиздат, 1995. – 327 с.
6. Безуглый, А. М. Пособие по практическим работам курса общей геологии [Текст] / А. М. Безуглый. – К.: Изд-во КЧУ, 1958. – 180 с.
7. Бейдик, О. О. Географія України [Текст] / О.О. Бейдик. – К.: Либідь, 1996. – 80 с.
8. Бондарчук, В. Г. Геологія України [Текст] / В.Г. Бондарчук. – К.: Вид-во Акад. наук УРСР, 1959 – 652 с.
9. Гуменский, Б. М. Основы инженерной геологии для строителей железных дорог [Текст] / Б. М. Гуменский. – Л.: Недра, 1969. - 382 с.
10. Иливицкий, А. А. Инженерная геология [Текст]: конспект лекций / А. А. Иливицкий, Л. И. Афанасиади. – Свердловск: Изд-во Уральск. электромехан. ин-та инж. ж.-д. транспорта, 1970. – 106 с.
11. Инженерная геология для строителей железных дорог [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Д. И. Шульгин, В. Г. Гладков, А. Н. Никулин и др.; под ред. Д. И. Шульгина, В. А. Подвербного. – М.: Желдориздат, 2002. – 514 с.
12. Карлович, И. А. Геология [Текст] / И. А. Карлович. – М.: Академия, 2003. – 446 с.
13. Кац, Я. Г. Основы космической геологии [Текст]: учеб. пособие / Я. Г. Кац, А. В. Тевелев, А. И. Полетаев.. – М.: Недра, 1988. – 235 с.

14. Кац, Я. Г. Геологические исследования из космоса [Текст] / Я. Г. Кац, А. Г. Рябухин, Д. М. Трофименко // Обзор ВИЭМС. Общ. и рег. геол., геол. картирование. – М., 1975. – 75 с.
15. Коробкин, В. И. Инженерная геология и охрана окружающей среды [Текст] / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1993. – 350 с.
16. Кратенко, Л. Я. Загальна геологія [Текст] / Л. Я. Кратенко. – Дніпропетровськ, 2003. – 184 с.
17. Леггет, Р. Города и геология [Текст] / Р. Лаггет. – М.: Мир, 1976. – 560 с.
18. Маслов, Н. Н. Основы инженерной геологии и механика грунтов [Текст] / Н. Н. Маслов. – М.: Высшая школа, 1982. – 512 с.
19. Павлинов, В. Н., Основы геологии [Текст] / В. Н. Павлинов, Д. С. Кизельвальтер, Н. Г. Глин. – М.: Недра, 1991. – 381 с.
20. Петрусевич, М. Н. Аэрометоды при геологических исследованиях [Текст] / М. Н. Петрусевич. – М.: Госгеолтехиздат, 1962. – 407 с.
21. Петрусевич, М. Н. Воздушная и наземная стереофотосъемка при геологических исследованиях [Текст] / М. Н. Петрусевич. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 406 с.
22. Сайдаківський, С. З. Інженерна геологія [Текст] / С. З. Сайдаківський. - Харків: Вид-во ХДУ, 1958. – 244 с.
23. Свинко Й.М. Геологія. – К.: Либідь, 2003. – 479 с.
24. Седенко, М. В. Геология, гидрогеология и инженерная геология [Текст] / М. В. Седенко. – Минск: Вышэйшая школа, 1975. – 374 с.
25. Сивий, М. Я. Геологія [Текст] / М. Я. Сивий. – К.: Либідь, 2006. – 247 с.
26. Учебное пособие по инженерной геологии [Текст] / Под ред. Г. С. Золотарева. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 407 с.
27. Хазин, В. И. Специальные вопросы геоморфологии и геологии для геодезистов [Текст] / В. И. Хазин. – К.: УМК ВО, 1989. - 108 с.

Предметний покажчик

А

абразійна тераса - 85
абразія - 86, 91
абсолютний вік - 29
агресивність води - 106
аерозйомка - 175
айсберги - 81
алевроліт - 25, 26
альбіт - 14, 16, 22
алювій - 73
ангідрит - 14, 59, 60
андезит - 22
антикліналь - 43
аргіліт - 25, 26
артезіанська вода - 101
артезіанський басейн - 103
архей - 35

Б

базальт - 21
базис ерозії - 68, 74
баластні корита - 152
бархан - 64
батоліт - 19
безнапірна вода - 100
безнапірна фільтрація - 107
береговий дренаж - 112
берма – 122, 194
блиск - 17
болото - 94
брекчії - 25, 26
бугри випирання - 124
буни - 86
буре вугілля - 25
бурий залізняк - 24

В

валуни – 25, 26
вапняк – 25, 26
вапняковий туф – 25, 26
верховодка - 102
вивалювання - 122
вивітрювання - 57
виливні породи - 19
вільна вода - 99
відносний вік - 29
вітер - 62
вічна мерзлота - 153
водозбірний басейн - 71
водяна пара - 98
вологість - 198
вулкан - 47

Г

габро - 21
галереї – 120, 129
галоїди - 14
галька – 25, 26
гейзер - 48
геологія - 7
георадар - 182
геосинкліналь - 38
геотермічний - 46
геофізика - 8
геофізичні методи - 176
гігроскопічна вода - 98
гідратація - 59
гідроксиди - 14
гідроліз - 59
гіпс - 14

гіпсографічна крива - 89
гірська порода - 13, 19
глетчерний лід - 80
глиби – 25, 26
глибина захоплення - 126
глибинні породи - 21
глибоководні западини - 89
глинистий сланець - 28
глинистий цемент - 25
глинисті породи - 25
глинизація - 143
глиняний карст - 136
гнейс - 28
голкофільтр - 114
головний дренаж - 112
горст - 44
грабен - 44
гравій - 25
гравітаційна вода - 86
градієнт - 109
граніт - 19, 22

Г

грунти - 61
грунтова вода - 101

Д

делювій - 68
дендрити - 15
дислокації - 40
діабаз - 21
діорит - 21
доломіт - 14
долото - 166
дренажна труба (зсуви) - 128
дренажна галерея - 129

друзи - 15
друмлини - 84
дудка - 165
дефляція - 62
деформування - 198
дюна - 65

Е

екзарація - 82
екзогенні процеси - 58
електрохімічне закріплення
грунтів - 131, 147, 150
елювій - 63
ендогенні процеси - 37
еон - 32
 -кайнозойська - 33, 34
 -мезозойська - 33, 34
 -палеозойська - 33, 34
ерозія - 68
ефузивні породи – 19, 20

Ж

желонка - 166
жила - 20
жорства – 25, 26

З

закопушка - 164
закон Дарсі - 108
залізистий - 25
залізобетонні шпильки - 127
заморожування ґрунтів - 147
замочування – 140, 141
зандри - 84
заплати - 79
землетруси - 49

зйомка космічна - 171
злом - 17
змійовик - 167
зона аерації - 103
зона розвантаження - 102
зондування - 184
зрушення - 44
зсуви - 123

І

індекс (вік порід) - 32
інженерно-геологічна
зйомка - 161
інтрузивні породи - 20
інфільтраційні води - 98
інфільтрація – 98, 107

К

кальцит – 13, 14
кам'яне вугілля - 25
ками - 84
канава - 164
капілярна вода - 99
карбонати - 14
карбонатизація - 60
карбонатний цемент - 25
карстова вода - 102
карстові воронки - 133
кварц – 13, 14
кварцевий порфір - 22
кесонний спосіб - 150
кислі породи – 21, 22
кільцевий дренаж - 112
колір мінералу - 16
колір rischi - 16
конгломерати - 25
конденсаційна вода - 98
конкреції - 15

континентальний схил - 89
континентальний шельф - 89
контрбанкети - 127
контрфорсні стовпи - 131
конуси виносу - 70
кора вивітрювання - 60
коразія - 62
котловини - 83
крейда - 27
кремнистий цемент - 25
кристалізаційна вода - 100
кристалографія - 8
куполи - 20
куруми - 120
кут падіння пласта - 41

Л

лабрадор - 16
лабрадорит - 21
лавини - 121
лаколіт - 19
лес – 25, 26
лесові ґрунти - 137
лінза - 24
лінія падіння - 41
лінія простягання - 40
ліпарит – 21
літологія - 8
ложка - 166
льодовики - 80

М

Магма - 19
магматичні породи – 19, 20
магнітність - 18
мармур - 28

мергель - 25
метан – 13, 27
метод вуглецевий - 30
метод калій-аргоновий - 30
метод палеонтологічний - 31
метод проф. Болдирєва - 110
метод радіоактивний - 29
метод рубідієво-стронцієвий - 30
метод стратиграфічний - 31
метод ураносвинцевий - 30
міжпластова вода - 102
мікроклин - 16
мінерал - 13
мінералогія - 8
мінеральна вода - 100
мінеральні агрегати - 15
монокліналь - 40
морени - 83
морозне здимання - 151

Н

набухання - 198
напірна вода - 100
насип (боротьба з зсувами) - 126
насув - 44
нафта - 13, 14, 25
неотектонічні рухи - 37
неузгоджене залягання - 24

О

обвали - 120
обсидіан - 21
озерна абразія - 92
озерний алювій - 93
озеро - 91

ози - 84
озонування - 106
окиснювання - 59
оксиди - 14
олівін - 16
ооліти - 15
оолітовий вапняк - 25
опока - 25
органічне вивітрювання - 60
органічні з'єднання - 14
органічні породи - 26
органогенні породи - 23
ортоклаз - 14, 18
освітлення - 106
осипи - 120
осідання - 53, 138, 158
основні породи - 21

П

«п'яний ліс» - 126
п'єзометрична лінія - 104
палеонтологія - 8
палі - 127, 131, 145
передова дюна - 66
період - 25
петрографія - 8
печери - 134
підкид - 43
підошва шару – 23, 24
підпірні стінки - 130
пісковик – 25, 26
пісок - 25
плавні - 94
пластичність - 198
платформа - 39
пливуни - 144
плівкова вода - 98

поверхнєве трамбування - 140
покрив - 20
покрівля шару – 23, 24
полої - 157
пом'якшування води - 106
понори - 134
пористість – 21, 71, 137, 198
порова вода - 101
порфірит - 21
поток - 20
прибережжя - 87
прозорість - 16, 104
пролювій - 69
промерзання - 55, 152
промислова вода - 100
просадочність - 139
просідання - 137, 139, 191
протерозой - 35
прошарок – 23

Р

реакція з соляною
кислотою - 18
регресія моря - 38
ріка - 70
річкова долина - 70
рогова обманка - 13, 22, 28
розмокання - 199
розсипи - 120
розчинення - 58
розчинність - 18, 132
розчистка - 165
русло ріки - 75

С

самородні елементи - 14
сапропеліт – 33, 93

пляж - 86
сапропель - 93
свердловина - 166
свердлування – 135, 205
сейсмологія - 8
сейсморозвідка - 178
секреції - 15
селі - 69
середні породи – 18, 21
силікати - 13
силікатизація - 65, 126, 147
синкліналь - 42
система - 32
сієніт - 16
скид - 43
складка - 41, 44
слюди - 18, 19, 22, 28
слюдяний сланець - 22
соляний цемент - 19
спайність - 17
сплавина - 95
стариці - 76
стисливість - 200
стоншення шару - 24
стратиграфія - 8
структура - 11, 12, 20, 21, 19-22,
30, 32, 89
суглинок - 20
сульфати - 14, 49
сульфіди - 14, 49
суфозія - 135
суша - 89
схил - 62, 89
схили долини - 76
східчастий скид - 43

Т

тальвег - 75
тальк - 18, 28
тальковий сланець - 28
твердість - 17
текстура - 20, 21
тектонічні рухи - 23, 37
тераса - 76, 86, 94, 124
термічне зміцнювання - 142
тиксотропність - 144
торф - 94, 96
трансгресія моря - 38
трахіт - 21
трепел – 25, 90
тріщина відриву - 124
тріщинна вода - 102

У

узбережжя - 88
узгоджене залягання - 24
укіс - 121, 193
уламкові породи - 23
ультраосновні породи - 12
усадка - 198

Ф

фанерозой - 33
фізичне вивітрювання - 57
фірн - 80
фосфати - 14

Х

хвилеломи - 87
хвилевідбійні стінки - 87, 127

хемогенні породи - 23, 26
хімічне вивітрювання - 58
хімічні проди - 26
хлорування води - 106

Ц

цементация – 27, 66, 126, 131

Ч

четвертинні відклади - 25

Ш

шахта - 165
шпунтове кріплення - 150
шток - 19
штольня - 166
штучне заморожування - 147
штучне осушування - 147
шурф - 109, 117, 144, 164

Щ

щебінь - 25
щільність - 18, 198
щит - 39

Я

яр - 68
яружний алювій - 68
ярус – 32

