

Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища

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



ЗМІСТ

Передмова	8
Вступ	10
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗЕМЛЮ	13
1.1 Земля у космічному просторі	13
1.2 Фізичні особливості Землі	15
2 ПОРОДОУТВОРЮЮЧІ МІНЕРАЛИ	22
2.1 Мінерали, їх фізичний стан та будова	22
2.2 Фізичні властивості мінералів	27
2.3 Опис та визначення мінералів	30
2.3.1 Мінерали з твердістю до 2 включно (дряпаються нігтем)	30
2.3.2 Мінерали з твердістю від 2 до 5 включно	32
2.3.3 Мінерали з твердістю більше 5 (дряпають скло).....	35
3 ГІРСЬКІ ПОРОДИ	39
3.1 Походження та класифікація гірських порід	39
3.2 Структура та текстура гірських порід	40
3.3 Магматичні гірські породи	41
3.4 Опис та визначення магматичних гірських порід	44
3.4.1 Кислі та ультракислі породи	44
3.4.2 Середні породи	45
3.4.3 Основні породи	46
3.4.4 Ультраосновні породи	46
3.5 Осадкові гірські породи	47
3.5.1 Походження, склад та класифікація осадових гірських порід	47
3.5.2 Форми залягання осадових порід	48
3.6 Опис та визначення осадових гірських порід	48
3.6.1 Уламкові гірські породи	48

3.6.2 Глинисті породи	51
3.6.3 Органогенні породи	52
3.6.4 Хімічні породи	53
3.7 Метаморфічні гірські породи	54
3.8 Гірські породи в будівництві	56
4 ГЕОЛОГІЧНИЙ ЧАС ТА ВІК ГІРСЬКИХ ПОРІД	57
4.1 Методи визначення віку гірських порід	57
4.2 Геологічна хронологія	59
5 ВОДА В ГІРСЬКИХ ПОРОДАХ	62
5.1 Види води в гірських породах	62
5.2 Класифікація та характеристика підземних вод	65
5.3 Режим підземних вод	68
5.4 Фізико-хімічні характеристики підземних вод	70
5.5 Рух підземних вод	72
5.6 Приплив води до водозабірних свердловин	78
5.7 Боротьба з підземними водами при зведенні та експлуатації споруд	82
6 ТЕКТОНІКА ЗЕМНОЇ КОРИ (ЕНДОГЕННІ ПРОЦЕСИ)	87
6.1 Поняття про природні геологічні процеси	87
6.2 Тектонічний рух	87
6.3 Геологічні структури	92
6.4 Тектоніка літосферних плит	95
6.5 Землетруси	102
7 ЗОВНІШНІ ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ	111
7.1 Вивітрювання	111
7.2 Геологічна діяльність вітру	113
7.3 Геологічна діяльність текучих вод	114
7.3.1 Геологічна робота поверхневих (делювіальних) вод	115
7.3.2 Геологічна робота рік	116

7.4	Геологічна діяльність морів, озер та боліт	120
7.4.1	Геологічна діяльність океанів та морів	120
7.4.2	Геологічна діяльність озер та боліт	122
7.5	Геологічна діяльність льодовиків	123
7.5.1	Льодовикові відклади	124
7.5.2	Водно-льодовикові і озерно-льодовикові відклади	125
8	ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ	127
8.1	Ущільнення порід внаслідок збільшення тиску	127
8.2	Просідні явища в лесових ґрунтах	128
8.3	Набухання та усадка глин	133
8.4	Суфозія та карст	136
8.4.1	Механічна суфозія	136
8.4.2	Пливуни	137
8.4.3	Карст	137
8.5	Морозне здимання	138
8.6	Зсуви	139
8.7	Зрушення гірських порід	142
9	ОСНОВИ ГРУНТОЗНАВСТВА	144
9.1	Природа ґрунтів та їх склад	144
9.2	Фізичні характеристики ґрунтів	145
9.3	Будівельна класифікація ґрунтів	150
9.4	Будівельні властивості основних видів дисперсних ґрунтів ...	153
10	ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ВИШУКУВАННЯ	158
10.1	Мета та задачі вишукувань	158
10.2	Види гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень	159
10.3	Склад та обсяг вишукувань	165
10.4	Вплив різних факторів на обсяг та зміст інженерно- геологічних вишукувань	168

10.5 Звіт про інженерно-геологічні вишукування. Геологічні карти та розрізи	171
10.6 Інженерно-геологічна експертиза	177
11 ПРИРОДНІ ВОДИ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	180
11.1 Загальні відомості про охорону природних вод	180
11.2 Джерела і види забруднення природних вод	184
11.3 Гідрогеологічні умови організації зон санітарної охорони природних вод	188
12 ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ВОДИ І СПОСОБИ ЇЇ ПОКРАЩЕННЯ ...	192
12.1 Властивості природних вод	192
12.2 Вимоги до якості води	194
12.2.1 Господарсько-питна вода	194
12.2.2 Виробничі води	195
12.3 Методи обробки природних вод	196
12.4 Охорона водоймищ від забруднень	202
12.5 Нормування якості природних вод водоймищ питного, культурно-побутового і рибогосподарського призначення	204
12.6 Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод	210
13 ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ТА ЇХ ОБЕЗЗАРАЖУВАННЯ	212
13.1 Способи очищення стічних вод	212
13.2 Методи обеззаражування стічних вод	216
13.3 Лабораторно-технологічний контроль за роботою очисних споруд	219
13.3.1 Види та призначення аналізів	220
13.3.2 Система лабораторно-технологічної документації з обліку роботи споруд	224
13.4 Операції з лабораторно-технологічного контролю	226
13.4.1 Відбір та зберігання проб	226

13.4.2 Об'єм та періодичність виконання аналізів	226
13.5 Особливості очищення поверхневих стічних вод	231
14 ОСНОВИ ГЕОМОРФОЛОГІЇ	233
14.1 Поняття про геоморфологію та її значення	233
14.2 Елементи і групи форм рельєфу	234
14.3 Походження форм рельєфу	234
14.4 Позитивні форми рельєфу	235
14.5 Негативні форми рельєфу	235
14.6 Порядок форм рельєфу	236
14.7 Рівнинний рельєф і його типи	236
14.8 Гірський рельєф	237
15 ОХОРОНА ЗЕМЕЛЬ ТА ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ЗЕМЕЛЬ	238
15.1 Поняття про охорону земель	238
15.2 Деградовані, малопродуктивні і порушені землі	240
15.3 Поняття рекультивації, меліорації та консервації земель	242
15.4 Рекультивація територій, порушених діяльністю людини	244
15.4.1 Класифікація порушених земель для рекультивації	245
15.4.2 Оцінення порушених територій за їхньою придатністю до рекультивації	248
15.4.3 Порядок здійснення рекультивації	250
15.4.4 Особливості рекультивації територій, порушених підземними гірськими роботами	251
15.4.5 Особливості рекультивації територій, порушених відкритими виробітками	255
15.4.6 Особливості рекультивації територій, порушених іншими видами робіт	261
Список рекомендованої літератури	265

ПЕРЕДМОВА

Навчальний посібник написаний відповідно до програми курсу "Інженерна геологія" для студентів будівельних спеціальностей та спеціальностей, пов'язаних з питаннями екології.

Будь-яка інженерна споруда в період будівництва і протягом усього терміну експлуатації повинна мати достатню міцність та стійкість при мінімальних витратах матеріалів, часу і робочої сили на її зведення. Одночасно повинні задовольнятися вимоги відсутності негативних впливів на навколишнє середовище.

Це досягається шляхом урахування в першу чергу місцевих природних, або точніше, інженерно-геологічних умов у районі зведення споруди. Вивченням цих природних умов і займається геологічна наука. Отже, геологія є наука про Землю і розглядає процеси, які проявляються на її поверхні та в надрах, властивості Землі та її склад, вивчає історію розвитку земної кори і закономірності формування та розповсюдження копалин. Саме слово "геологія" грецького походження і складається з "ге" – Земля і "логос" – вчення.

Інженерна геологія вивчає земну кору як середовище життя та діяльності людини, знання цієї дисципліни дозволяє успішно вирішувати задачі будівництва та утримання будівель і споруд.

Інженерна геологія розвивається не ізольовано, а в тісному зв'язку з іншими науками. У першу чергу, із науками про Землю: загальною геологією, геофізикою, геодезією, геохімією, астрономією та ін. Наприклад, прояви та інтенсивність протікання багатьох геологічних процесів пов'язані з особливостями будови земної кулі як космічного тіла і т.д.

Останнім часом в інженерній геології все більше застосовуються такі фундаментальні науки, як математика та фізика. Справа в тому, що сучасні прилади, апаратура та техніка дозволяють одержувати таку величезну інформацію про процеси і явища, що без використання математичних методів та швидкодіючих ЕОМ практично неможлива обробка цієї інформації і одержання потрібних даних. Найтісніше інженерна геологія пов'язана з такою наукою, як механіка ґрунтів, основи та фундаменти.

Основні задачі інженерної геології.

1. Вивчення складу, будови, стану, властивостей, умов залягання та розповсюдження гірських порід (ґрунтів), які використовуються як основи фундаментів і визначають їх поведінку при взаємодії з інженерними спорудами.

2. Вивчення геологічних процесів як природних, так і таких, які виникають внаслідок інженерної діяльності людини. Такі геологічні процеси,

як зсуви, обвали, просідні явища, землетруси та інші завдають великої шкоди інженерним спорудам і великих збитків народному господарству. Дослідження умов виникнення та протікання цих процесів та явищ, а також розробка рекомендацій з їх попередження, регулювання та боротьби з ними і є однією з основних задач інженерної геології. Це стосується й інженерно-геологічних процесів, які виникають внаслідок діяльності людини. Наприклад, зсуви, обвали насипів, дамб, бортів кар'єрів та ін.

3. Інженерно-геологічне картування територій з метою вивчення просторового розповсюдження інженерно-геологічних умов будівництва. Це дозволяє зменшити обсяги вишукувань, найбільш повно враховувати природні умови, вибирати економічні та технічно раціональні варіанти будинків і споруд, забезпечувати високу їх стійкість, надійну експлуатацію.

4. Створення теоретичних основ раціонального використання і охорони геологічного середовища.

Що стосується задач інженерної підготовки студентів, то вивчивши курс інженерної геології, студенти повинні з н а т и:

- найбільш розповсюджені види мінералів та гірських порід, їх властивості, умови утворення, залягання і використання в практиці будівництва;

- основні геодинамічні процеси, ступінь їх небезпеки для споруд, заходи щодо попередження та боротьби з ними;

- інженерно-геологічну класифікацію ґрунтів, їх фізико-механічні характеристики;

- особливості будівництва в різних інженерно-геологічних умовах;

- моделі взаємодії геологічне середовище – людина;

в м і т и:

- визначати основні види мінералів та гірських порід;

- читати геологічні та гідрогеологічні карти, виконувати побудову геологічних розрізів;

- робити найпростіші гідрогеологічні розрахунки;

- давати оцінку інженерно-геологічним умовам будівництва;

м а т и у я в л е н н я:

- про історію розвитку інженерної геології та її основні задачі;

- про будову земної кори та історію її розвитку;

- про обсяги та методи інженерно-геологічних вишукувань.

У викладі навчального матеріалу запропонована нова компоновка розділів, які містять не тільки теоретичні відомості, а й практичні рекомендації щодо визначення мінералів, гірських порід та виконання розрахунково-графічних робіт, що сприятиме кращому виконанню студентами лабораторних робіт, глибокому засвоєнню ними курсу інженерної геології.

ВСТУП

Як самостійна наука геологія сформувалась наприкінці вісімнадцятого сторіччя, коли накопичився значний запас відомостей про Землю, явища, які відбуваються в ній, та пояснень цих явищ. Дев'ятнадцяте та початок двадцятого сторіччя позначаються бурхливим розвитком геології. У цей період було проведено багато досліджень та експедицій, створена науково обґрунтована геологічна теорія. Внаслідок цього деякі розділи геології відокремились у самостійні наукові дисципліни: мінералогію (наука про склад, походження і властивості мінералів – природних хімічних сполук); петрографію (наука про агрегати мінералів – гірські породи, їх склад, властивості, умови залягання та розповсюдження); історичну геологію (наука про вік Землі); динамічну геологію (наука про динамічні процеси, які відбуваються в надрах Землі та на її поверхні); гідрогеологію (наука про підземні води); інженерну геологію та ін.

Що являє собою інженерна геологія як наука? Засновник інженерної геології російський учений Ф. П. Саваренський дав таке визначення: "Інженерна геологія є геологічною наукою, яка трактує питання застосування геології до інженерної справи". Іншими словами, інженерна геологія використовує досягнення усіх геологічних наук для застосування їх в інженерній практиці людини. У будівельній справі ці досягнення використовуються в інженерно-будівельній діяльності людини.

Історія розвитку інженерної геології.

Як уже зазначалось, геологія як наука сформувалась наприкінці XVIII сторіччя, в період розпаду так званої енциклопедичної науки, яка називалась філософією.

Першою капітальною роботою в області геології була робота видатного російського ученого М. В. Ломоносова "О слоях земных" (1763 р.), в якій автор виділяє дві групи сил, що змінюють земну поверхню: дію зовнішніх агентів – дощу, вітру, річок, морів, температури та ін. і дію "внутреннего жара земного". Таких же поглядів дотримувався і шотландський учений Д. Геттон, який надавав великого значення виключно внутрішнім силам Землі (так званий плутонізм; Плутон – бог підземного царства у стародавніх римлян).

У протиположності цим уявленням німецький учений А. Вернер стверджував, що всі гірські породи, які складають земну кору, утворились з водного розчину і що вода – найголовніший фактор перетворення Землі (вчення А. Вернера дістало назву нептунізму; Нептун – бог моря).

У наш час ці два напрямки не протиставлені один одному, а, навпаки, доповнюють один одного. Слід відзначити, що у творах засновників геологічної науки встановлені лише загальні зв'язки та закономірності в будові земної кори й походженні різного роду відкладів. Використання їх

для потреб будівельної практики було проблематичним. Наприклад, у згаданій вище праці М. В. Ломоносова пишеться: "... строитель принимает во внимание твердость земли во рвах для оснований".

Проте, як відомо, ще у 15 – 16 ст. вітчизняні будівельники при зведенні споруд ураховували особливості та властивості гірських порід основ фундаментів. Слабкі гірські породи підсилювали шляхом забивання дерев'яних паль, а на міцних ґрунтах фундаменти закладали неглибоко. Ці дані були одержані уже в наш час при розкопці фундаментів фортечних стін та храмів, у процесі будівництва метрополітенів.

Першою працею прикладного характеру, в якій закладено початок використання геологічних спостережень і досліджень при зведенні інженерних споруд, є "Мемориальная записка о заводском производстве", написана російським інженером Г. Махотіним наприкінці XVIII ст. У ній містяться конкретні рекомендації з обґрунтування зведення заводських споруд у різних геологічних умовах.

У 1816 р. була опублікована перша друкована праця Д. Лачінова, яка називалась "Рассуждение о устройении и укреплении плотин, сочиненное Дмитрием Лачиновым для получения степени магистра физико-математических наук". У ній викладалось питання змінювання властивостей гірських порід відповідно до потреб гідротехнічного будівництва.

Трохи пізніше в "Журнале путей сообщения" була опублікована праця російського інженера М. С. Волкова "Об основаниях каменных сооружений", в якій уперше була запропонована класифікація гірських порід за їх будівельними властивостями. Слід зазначити, що це були перші наукові праці з інженерної геології. Характерною особливістю зародження інженерної геології є те, що питаннями застосування її в інженерній справі займалися фахівці - будівельники.

У 1882 р. у Росії був організований перший у світі Геологічний інститут, до складу якого увійшли видатні російські та українські геологи: А. П. Карпінський, І. В. Мушкетов, В. А. Обручев, А. П. Павлов та інші. Цей інститут виконав величезну роботу з вивчення гірських порід як природно - історичних утворень; пов'язав їх властивості з походженням, мінеральним складом, умовами залягання та ін., із пошуків і розвідки родовищ корисних копалин та будівельних матеріалів

У 20 – 30-х роках XX ст. з розвитком індустріалізації країни: будівництвом великих гідроелектростанцій, заводів, залізниць та шосейних шляхів, каналів, шахт – почала швидко розвиватись і інженерна геологія. У цей період вона і сформувалась як самостійна наукова дисципліна.

Засновником інженерної геології як науки є російський вчений Ф. П. Саваренський (1886 – 1946). Він написав першу капітальну працю у цій області, яка так і називається "Інженерна геологія", є автором першого в світі підручника з цієї дисципліни, організатором першої в світі кафедри інженерної геології при Московському геологорозвідувальному інституті,

керівником протягом багатьох років науково-дослідних робіт з інженерної геології.

Інженерна геологія виникла приблизно одночасно в багатьох країнах. Це пов'язано з потребою практики у зведенні складних інженерних споруд. У Великобританії і США в кінці XIX – початку XX ст. до вишукувань при будівництві каналів, доріг, залізниць та інших будівельних об'єктів були залучені найбільш відомі геологи, такі як В. Сміт і Ч. Берклі. У 1925 р. вийшла монографія німецького вченого К. Терцагі "Будівельна механіка ґрунтів" і у 1929 р. "Інженерна геологія" К. А. Редліха, Р. Кампе, К. Терцагі.

Подальший розвиток інженерної геології в нашій країні відображений в працях Н. В. Коломенського, В. А. Приклонського, І. В. Попова, Є. М. Сергєєва, М. М. Маслова та ін.

У розвитку інженерної геології можна виділити три етапи.

Перший (1923 – 1945) характеризується виникненням інженерної геології як нової наукової дисципліни, що складалась з ґрунтознавства та інженерної геодинаміки, тісно пов'язаних з дисциплінами геологічного циклу і будівельними дисциплінами.

Другий етап (1946 – 1978) визначився формуванням нового наукового напрямку – регіональної інженерної геології, пов'язаного з дослідженням масивів ґрунтів.

На третьому етапі, з 1978 р., перед інженерною геологією стоять задачі з розробки таких обґрунтувань інженерно-будівельної діяльності, які виключають або зводять до мінімуму негативні наслідки інженерної діяльності людини в літосфері. З подання радянських вчених у 1980 р. на Генеральній асамблеї Міжнародної асоціації інженерної геології (МАІГ), що проходила на XXVI Міжнародному геологічному конгресі, була прийнята Декларація, в якій всіх вчених, що працюють в напрямках інженерної геології, закликали взяти на себе відповідальність за охорону і раціональне використання геологічного середовища.

В наш час українська наукова школа з інженерної геології пов'язана з іменами таких учених, як В. І. Вернадський, О. З. Широков, А. М. Дранніков, М. М. Алексєєв.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗЕМЛЮ

1.1 Земля у космічному просторі

Земля – одна з восьми планет Сонячної системи, третя за відстанню від Сонця (149,5 млн. км). Це найбільша з чотирьох кам'яних планет, розташованих близько до Сонця, і обертається навколо нього за 365,26 доби, рухаючись із швидкістю 29,7 км/с по майже круговій орбіті. Період обертання навколо своєї осі – 23 год. 56 хв. Сонце в свою чергу усього одна з сотень мільярдів зірок, які утворюють Галактику Чумацького шляху (Млечного пути).

Спіральна Галактика Чумацького шляху – одна з багатьох галактик різного розміру та форми, які існують у Всесвіті. Через те, що Сонце і Земля розташовані усередині нашої Галактики, то Чумацький шлях нам здається не спіральним скупченням, а просто смугою зірок, яка перетинає небо.

Чумацький шлях має форму диска з діаметром біля 100 тис. світлових років і товщиною в центрі диска біля 20 тис. св. років (1 св. рік відповідає відстані, яку проходить світло за 1 рік, що дорівнює приблизно $9,6 \times 10^{12}$ км або 9,6 трильйона км). Сонце розташовується приблизно на $3/5$ відстані від центра нашої Галактики до її тонкого зовнішнього краю. Усі зірки Галактики обертаються навколо галактичного центру, і наше світило завершує один оберт за 250 млн. років, рухаючись з швидкістю 240 км/с.

Походження Сонячної системи в цілому та Землі зокрема має велике значення як для вивчення її будови, так і для пояснення та прогнозу тих глибинних процесів, що відбуваються у надрах нашої планети. Не вдаючись детально до розгляду багатьох гіпотез про походження Землі, які відомі з середньої школи, відмітимо, що найбільше визнання серед них одержали гіпотези німецького філософа І. Канта (1755) та французького астронома П. Лапласа (1796), які пізніше стали відомі за їх схожістю під загальною назвою гіпотези Канта-Лапласа. За Кантом-Лапласом Сонячна система утворилась з розжареної космічної туманності після вибуху надвової зірки. Із згущення у центрі цієї туманності, яка оберталась навколо своєї осі, утворилося Сонце, а з концентричних газових кілець утворилися планети, в тому числі і Земля. Таким чином, на початку своєї історії наша планета була вогняно-рідким тілом, що поступово охолоджувалось з утворенням поверхневої оболонки – земної кори. Ця гіпотеза була домінуючою майже до середини ХХ сторіччя, поки нові досягнення в галузі астрономії та геофізики не виявили її основних недоліків.

З точки зору гіпотези Канта-Лапласа неможливо пояснити деякі процеси, що мають місце у Сонячній системі, зокрема, розподіл моменту кількості руху. У той час як у Сонці зосереджено 99, 87% усієї маси Сонячної системи, на його долю випадає менше 2% моменту кількості руху. Останні

90% містяться в орбітальному русі планет. Питомий момент (тобто момент на одиницю маси) в 35 тис. разів більший питомого моменту Сонця.

Гіпотеза О. Ю. Шмідта (1944) припускає утворення Землі та інших планет Сонячної системи з міжзіркового холодного метеоритного пилу, захопленого полем тяжіння Сонця. Сонце старіше планет і Землі. Земля утворилась поступово шляхом згрупування твердих частинок – метеоритів. За уявленням О. Ю. Шмідта, навколо Сонця існував протяжний рій пилюватої матерії, із якої у процесі еволюції виникли планети. При цьому припускається, що рій володів значним моментом кількості руху, який потім перейшов в орбітальний і обертальний моменти планет. О. Ю. Шмідт вважав, що первинно холодна Земля після досягнення певного розміру розігрівалась за рахунок накопичення тепла, яке виділялось при розпаді радіоактивних елементів. Це продовжувалось мільярди років і супроводжувалось гравітаційною диференціацією, в результаті якої утворились окремі оболонки.

Гіпотеза пояснює два дуже складних питання: розподіл моменту кількості руху в Сонячній системі й закон планетних відстаней.

Ця гіпотеза має слабо обґрунтовані положення. Так, припущення, що Сонце захопило пилювату метеоритну хмару, малообґрунтоване.

Більшість сучасних гіпотез припускають, що в початковий період формування Земля складалась з однорідного матеріалу, в якому рівномірно розміщувались радіоактивні елементи. Але, як показали сучасні дослідження, вміст радіоактивних елементів зменшується з глибиною. На основі цього Е. В. Соботович припускає, що біля хмари з холодної матерії діаметром 1 – 2 світлових роки стався вибух наднової зірки з викидом плазми масою близько десяти Сонць, у центральній частині утвореної хмари внаслідок її ущільнення утворилося Сонце, а на периферії – тверді тіла, зародки планет з незначним вмістом радіоактивних елементів. У процесі подальшого розвитку відбувалося нашарування матеріалу, збагаченого радіоактивними елементами, розігрівання Землі та її наступне охолодження з утворенням земної кори.

Серед гіпотез походження Сонячної системи можна знайти і теорію "катастроф", згідно з якою Земля виникла внаслідок деякого втручання ззовні, наприклад, близької зустрічі Сонця з блукаючою зіркою, що спричинила виверження частини сонячної речовини. В результаті розширення розжарена газоподібна матерія швидко остигала і ущільнювалась, утворюючи велику кількість малих твердих частинок, скупчення яких були зародками планет.

Цікаво, що на новому рівні, озброєні більш досконалою технікою і більш глибокими знаннями про хімічний склад сонячної системи, астрономами повернулись до думки про те, що Сонце і планети утворились з величезної нехолодної туманності, що складалась з газу та пилу. Потужні телескопи виявили у міжзірковому просторі численні газові та пилові "хмари",

з яких деякі дійсно конденсуються у нові зірки. В зв'язку з цим попередня теорія Канта-Лапласа була перероблена з використанням сучасних даних. Вона ще може допомогти в справі прояснення утворення сонячної системи.

Якщо раніше вважалось, що в еволюції Землі здійснювався безперервний процес віддачі тепла, то в нових теоріях розвиток Землі розглядається як результат багатьох різнорідних, іноді протилежних процесів. Одночасно з пониженням температури і втратою енергії могли діяти і інші фактори, які спричиняли виділення великої кількості енергії, компенсуючи втрату тепла.

1.2 Фізичні особливості Землі

Земля, як і інші планети Сонячної системи, має форму кулі, але не точно геометричної, а дещо сплющеної у напрямку полюсів. Таку форму називають сфероїдом, а оскільки поверхня Землі не є рівною (морські западини, гірські хребти), то таку неправильну геометричну форму називають геоїдом.

Перші спроби визначити форму Землі та її будову відносяться до VI-IV ст. до н. е.

Перше наукове обґрунтування кулястості Землі зробив грецький філософ Аристотель (384 – 322 рр. до н. е.). Він указував, що якби Земля не мала форми кулі, то тінь, яку вона відкидає на поверхню Місяця при його затемненні, не була б обмежена дугою кола. Виходячи з цього, послідовник Аристотеля грецький учений Ератосфен Кіренський (276 – 194 рр. до н. е.), який мешкав в Олександрії, вперше досить точно визначив радіус земної кулі. Зробив він це надто оригінально, не покидаючи подвір'я Олександрійської бібліотеки, де працював бібліотекарем.

Одного разу він почув від приїжджих торговців, що опівдні у найдовший день року (22 червня) у м. Сієни (нині Асуан), що знаходиться поблизу екватора, сонячна тінь зникає зовсім. Це повідомлення дуже зацікавило Ератосфена. За Аристотелем, міркував учений, Земля має кулясту форму і отже, сонячні промені падають на її поверхню під різними кутами у різних її точках. Знаючи ці кути падіння, можна обчислити відстань між ними, а якщо відстань відома, то не важко розв'язати і обернену задачу.

Учений сконструював велику півкулю, поставив її на подвір'ї бібліотеки, увіткнув у півкулю вертикальну жердину. Опівдні 22 червня він виміряв довжину тіні, яка падала від жердини. Вона виявилась в 1/50 довжини кола кулі. В Асуані в той же час тіні знайти було неможливо: сонячні промені там падають вертикально. Знаючи відстань між Асуаном і Олександрією (вона становить 5000 єгипетських стадій; 1 стадія дорівнює 158,25 м), Ератосфен, використовуючи найпростіші тригонометричні співвідношення, визначив радіус Землі розміром 6300 км. Неточність такого

розрахунку складає декілька десятків кілометрів. Нижче наводяться основні геометричні та фізичні характеристики Землі, відомі в даний час.

Екваторіальний радіус	6378 км
Поверхня	510 млн. км ²
Водна поверхня	361 млн. км ²
Суша	149 млн. км ²
Об'єм	1,08·10 ¹² км ³
Маса	5,976·10 ²⁴ кг
Середня щільність	5520 кг/м ³
Середня щільність поверхневих порід	2700 – 2800 кг/м ³

Сучасними дослідженнями встановлено, що земна куля складається з ряду концентричних оболонок, які називаються геосферами. Чотири з них – атмосфера, гідросфера, біосфера та частина літосфери доступні для безпосередніх спостережень, а внутрішні геосфери вивчаються тільки за допомогою геофізичних методів – різкими змінами швидкості розповсюдження пружних хвиль.

Атмосфера – газова оболонка Землі, точна межа якої не визначена і знаходиться приблизно на висоті біля 3 тис. км, де щільність атмосфери майже зрівнюється з щільністю міжпланетного простору.

В атмосфері виділяють три концентричні оболонки. Перша з них від поверхні Землі – тропосфера, яка охоплює понад 80% загальної маси атмосфери і розповсюджується до висоти 8 – 15 км. Далі йдуть: стратосфера – від 8 – 15 км до 100 км та іоносфера.

Найбільше впливає на змінення поверхні Землі атмосфера, її агенти – сонячні промені, електричні розряди, температурні коливання, вітер, водяна пара – виконують велику геологічну роботу в процесах руйнування, перенесення продуктів руйнування та їх накопичення.

Гідросфера – водна несучільна оболонка, яка містить воду океанів, морів, озер, річок, льодовиків, підземну та атмосферну воду. Гідросфера не утворює суцільного шару і покриває земну поверхню на 70,8%.

Гідросфера – надзвичайно важливий геологічний фактор в історії Землі і особливо земної кори. З одного боку, під впливом гідросфери відбувається інтенсивне руйнування гірських порід, з другого – вона є потужним утворюючим фактором, завдяки якому в межах водоймищ накопичується значна товща різноманітних осадів. У водоймищах утворилось багато мінералів та осадових гірських порід (фосфорит, галіт, глауконіт, вапняк, крейда та ін.)

Біосфера – зона життєдіяльності організмів – тварин та рослин. Тією чи іншою мірою вона має місце в атмосфері та земній корі.

Нижня та верхня межі існування живих організмів визначаються те-

температурою та тиском. На суші нижня межа існування живих організмів 2 – 3 км (окремі бактерії), у морських басейнах – до 11 км.

До складу організмів входять більше 60 хімічних елементів. Це в основному кисень, водень, вуглець, натрій, кальцій, магній, калій та ін. Надзвичайно велике значення організмів як концентраторів деяких хімічних елементів: вуглецю у торфі, вугіллі, нафті, кальцію та вуглецю у вапняках, крейді, фосфору у фосфоритах. Дуже велика роль організмів в утворенні гірських порід та корисних копалин.

Вищезгадані оболонки земної кулі відносяться до зовнішніх геосфер. Внутрішні геосфери – це літосфера, мантія та ядро (див. рис. 1.1).

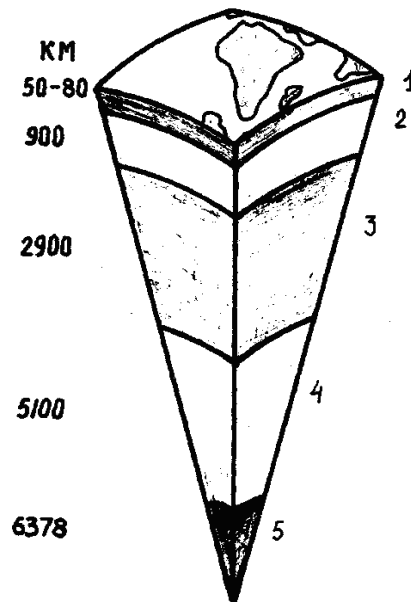


Рисунок 1.1 – Будова Землі:

- 1 – земна кора; 2 – верхня мантія; 3 – нижня мантія; 4 – зовнішнє ядро;
5 – внутрішнє ядро

Літосфера – верхня тверда оболонка Землі, називається інакше земною корою (лат. "літос" – камінь). Товщина (потужність) її неоднакова і коливається в межах 5 – 6 км під дном океанів та до 70 – 80 км у гірських районах континентів (Гімалаї, Тянь - Шань та ін.). Середня потужність земної кори 35 км.

У літосфері виділяють три пояси (рис. 1.2). Верхній її пояс становлять різноманітні за складом осадові гірські породи – глини, піски, вапняки, піщаники та ін., які несучільним чохлам покривають літосферу з поверхні. Потужність осадового шару неоднакова і змінюється від одиниць метрів (на Українському, Балтійському щитах та ін.) до 15 км у западинах (Західно-Сибірська, Дніпрово-Донецька та ін.). Щільність осадового шару 1800 – 2500 кг/м³, швидкість розповсюдження сейсмічних хвиль 1 – 4 км/с.

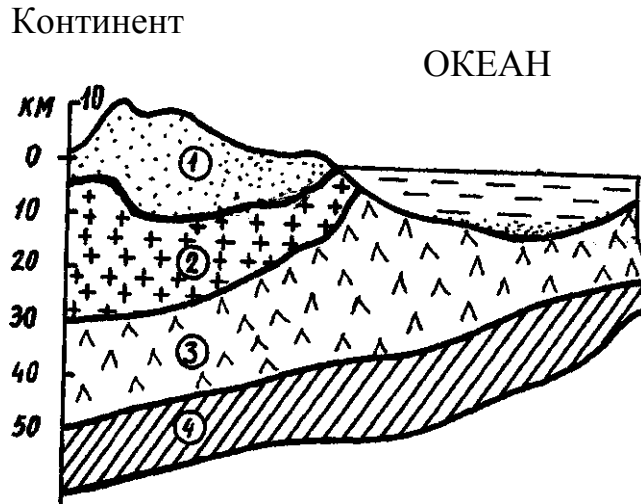


Рисунок 1.2 – Будова земної кори:

1 – осадовий чохол; 2 – гранітний шар; 3 – базальтовий шар;
4 – верхня мантія

Середній пояс земної кори складається з порід типу граніту і тому називається гранітним. Він несучільний і розповсюджується в основному на континентах, а на глибоководних ділянках океану – відсутній. Середня потужність гранітного шару на континентах становить близько 15 км, у гірських районах – до 35 – 40 км. Щільність цього шару – 2500 – 2750 кг/м³, континентальна швидкість сейсмічних хвиль – 5,5 – 6,3 км/с. У складі осадового та гранітного поясів переважають кремній (лат. "сіліціум") та алюміній (лат. "алюмініум") і тому їх часто об'єднують під загальною назвою сіаль або сіалістська оболонка.

Нижче гранітного залягає базальтовий пояс. Його потужність складає 20 – 30 км на материках і 5 – 7 км під дном океану. Щільність змінюється в межах 2750 – 3000 кг/м³, швидкість сейсмічних хвиль – 6,1 - 7,4 км/с.

Виділяють два типи літосфери: океанічний та материковий. Кора материкового типу складається з гранітного шару потужністю до 35 км, вкритого на окремих ділянках (прогинах) осадовим чохлам потужністю до 15 км і більше. В океанічній корі гранітний шар відсутній і земна кора складається тільки з базальтового шару, вкритого зверху тонким чохлам (не більше 1 км) осадових порід.

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

Мантія – це суцільна оболонка, що залягає безпосередньо під базальтовим поясом і властивості якої різко відрізняються від літосфери.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад земної кори

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

У ній виділяють верхню мантію до глибини 900 км та мантію – до глибини 2900 км. 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 Мохорвичича (скорочено Мохо) на честь югославського сейсмолога А. Мохорвичича, який у 1909 р., вивчаючи землетрус у Загребі, виявив, що на глибині 60 км швидкість сейсмічних хвиль значно збільшується. Це привело його до висновку, що тут і проходить межа земної кори та мантії. За сучасними даними глибина залягання поверхні Мохорвичича змінюється від 5 – 7 км під дном океанів до 70 – 80 км у гірських районах.

Верхня частина мантії потужністю близько 900 км називається періодитовою зоною у зв'язку з переважанням у її складі ультраосновних або лужних речовин.

У її складі найбільший вміст мають кремній та магній, тому верхню мантію ще називають сіматичною зоною або зоною "сіма"; тепер вважають, що речовина верхньої мантії знаходиться частково у розплавленому стані. Щільність речовини в цій зоні становить 3600 – 4700 кг/м³, тиск до 38 ГПа (380 тс/см²), а температура 1000 – 3800 °С.

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

Щільність речовини в цій зоні досягає 4700 – 9400 кг/м³, тиск становить 134 ГПа, а температура – 2800 – 3800 °С.

Ядро Землі починається з глибини 2900 км, має радіус 3470 км. Воно неоднорідне за своїм складом, і в ньому виділяють зовнішнє ядро – з гли-

бини 2900 км до 4980 км, внутрішнє – з глибини 5120 км до центра Землі та проміжну зону – 4980 – 5120 км.

Добра електропровідність та висока щільність ядра (від 11500 до 17300 кг/м³) дають підставу вважати, що воно складене нікелем та залізом з домішками сірки та кремнезему. Тому його називають ще "нафе" від латинських символів цих елементів. Тиск у центрі Землі досягає 350 ГПа (3500 тс/см²), а температура – 3800 – 4000 °С.

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

Таблиця 1.2 – Хімічний склад Землі

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

Теплова енергія Землі має внутрішнє та зовнішнє походження. Основним джерелом внутрішнього тепла є енергія радіоактивного розпаду хімічних елементів у надрах планети. Підраховано, що 1 г радію за годину виділяє 140 ккал тепла, а при повному перетворенні 1 г радію в свинець виділяється 3 млн. ккал, що еквівалентно згоранню 500 кг кам'яного вугілля.

Зовнішнє джерело надходження тепла – промениста енергія Сонця. Кожна ділянка поверхні Землі площею 1 см², яка орієнтована перпендикулярно променям Сонця, одержує за хвилину 8,13 Дж тепла. Ця величина називається сонячною сталою. Усього за рік Земля одержує від Сонця близько $4,187 \cdot 10^{24}$ Дж тепла, що складає 99,5% енергії, яка надходить в земну кору.

Температура земних надр із збільшенням глибини зростає. Приріст температури в градусах Цельсія на кожні 100 м глибини називається геотермічним градієнтом. Відстань у метрах, протягом якої температура підви-

щується на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, називається геотермічним ступенем. Величина геотермічного градієнта, як і ступеня, відраховується від поясу з постійною температурою, залягання якого залежить від географічного положення місцевості і змінюється в межах 15 – 40 м.

У середньому величина геотермічного градієнта дорівнює $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 100 м, а відповідна величина геотермічного ступеня – 33 м. Однак у різних районах Землі значення цих величин неоднакові. Так, у США величина ступеня у верхніх шарах літосфери змінюється у межах 7 – 138 м, у Донбасі – 28 – 33 м, у Харкові – 37,7 м. Максимальний геотермічний ступінь, зареєстрований у Південній Африці – 167 м.

При бурінні свердловин у різних точках Землі зафіксовані такі значення температур: у Північному Прикаспії – $108,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ на глибині 3000 м, у США – $244\text{ }^{\circ}\text{C}$ на глибині 7136 м, у Краснодарському краї – $219,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ на глибині 6267 м.

Вважають, що зростання температури з глибиною уповільнюється. Так, якби температура зростала до центру Землі навіть із мінімальним геотермічним градієнтом, то у центрі планети вона б дорівнювала $46000\text{ }^{\circ}\text{C}$, а це привело б до порушення магнітних властивостей Землі. Згідно з розрахунками до глибини 20 км зберігається геотермічний ступінь, який відомий для поверхневих горизонтів Землі. Нижче зростання температури, напевно, уповільнюється.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Визначення інженерної геології і її основні задачі.
2. Які геологічні науки входять до складу курсу?
3. Що повинен знати і вміти інженер-будівельник, вивчивши курс?
4. Назвіть основні етапи розвитку геології та інженерної геології.
5. Основні гіпотези про походження Сонячної системи та Землі.
6. Яким чином Ератосфен визначив радіус Землі?
7. Будова Землі. Назвіть зовнішні та внутрішні геосфери.
8. Що таке геотермічний ступінь та градієнт? Приклади.

2 ПОРОДОУТВОРЮЮЧІ МІНЕРАЛИ

2.1 Мінерали, їх фізичний стан та будова

Мінералами (лат. "мінера" – породжуючий метал, тобто руда) називаються природні хімічні сполуки або самородні елементи, які утворюються внаслідок різних фізико-хімічних процесів у земній корі або на її поверхні.

Більшість мінералів – тверді (кварц, кальцит, алмаз та ін.), але є і рідинні (вода, ртуть та ін.), а також гази (кисень, азот, вуглекислота та ін.).

Вважають, що в земній корі знаходяться більше 3000 мінералів та їх різновидів, але з відомих 3000 мінералів порівняно небагато мають широке розповсюдження в природі. Ці мінерали, а їх усього близько 50, складають численні гірські породи, а тому їх і називають породоутворюючими.

У будівельній практиці людина зустрічається з агрегатами мінералів – гірськими породами, а їх будівельні властивості і характер поведінки при взаємодії з інженерними спорудами залежать перш за все від мінерального складу та будови як самих мінералів, так і їх сполук – гірських порід. Ось чому важливо знати склад, будову та властивості мінералів.

Тверді мінерали можуть мати кристалічну та некристалічну будову. При кристалічній будові елементарні частинки (атоми, молекули, іони) розташовуються в точно визначеному порядку – у вузлах кристалічної решітки. Кристали мають форму правильних багатогранників: куба, призми, піраміди, октаедра, тетраедра тощо; листка, луски, волокна, пластинки. Правильна геометрична форма кристалів є важливою зовнішньою ознакою кристалічної будови мінералів. Наприклад, мінерал пірит часто зустрічається у вигляді кристалів кубічної форми, кварц – пірамідальної або призматичної. Мінерали, кристалічна будова яких виявляється тільки під мікроскопом, називають приховано кристалічними.

Властивості та особливості кристалічного мінералу залежать не тільки від властивостей елементарних частинок, з яких він складається, а й від характеру їх розміщення. Наприклад, атоми вуглецю в алмазі розміщуються строго на однакових відстанях один від одного в кутах тетрагональної кристалічної решітки. Кожний атом алмазу пов'язаний з чотирма іншими сильним ковалентним зв'язком, який забезпечує винятково високу твердість (10), а компактна тетрагональна кристалічна решітка забезпечує високу питому вагу (35 кН/м³). У графіті атоми вуглецю розташовуються шарами, які складаються з гексагональних кілець. Кожний атом у шарі ковалентно пов'язаний з трьома іншими, а зв'язок між шарами слабкий (див. рис. 2.1).

Характерною особливістю багатогранників є симетрія, під якою розуміють: по-перше, закономірну повторюваність при обертанні кристала однакових граней; по-друге, дзеркальну рівність частин фігури (одні час-

тини кристала наче дзеркально відображають інші).

У кристалах виділяють: грані – площини багатогранників, ребра – лінії перетину граней, вершини – перетин трьох і більше ребер.

Знайдені такі елементи симетрії (рис. 2.2).

1. Площина симетрії – уявна площина, яка ділить кристал на дві рівні частини, причому одна з них наче дзеркально відображає іншу.

2. Вісь симетрії (L) – пряма лінія, при обертанні навколо якої на 360° кристал декілька разів повторює своє початкове положення в просторі. Кількість повторень початкового положення кристала при обертанні навколо осі симетрії називається її порядком. Для осей симетрії різних порядків прийнято такі позначення: L_2 вісь симетрії другого порядку; L_3 – вісь симетрії третього порядку і т. д. У кристалів можуть бути тільки осі симетрії другого, третього, четвертого та шостого порядку. В одному і тому ж кристалі може бути декілька осей симетрії одного порядку або різних порядків.

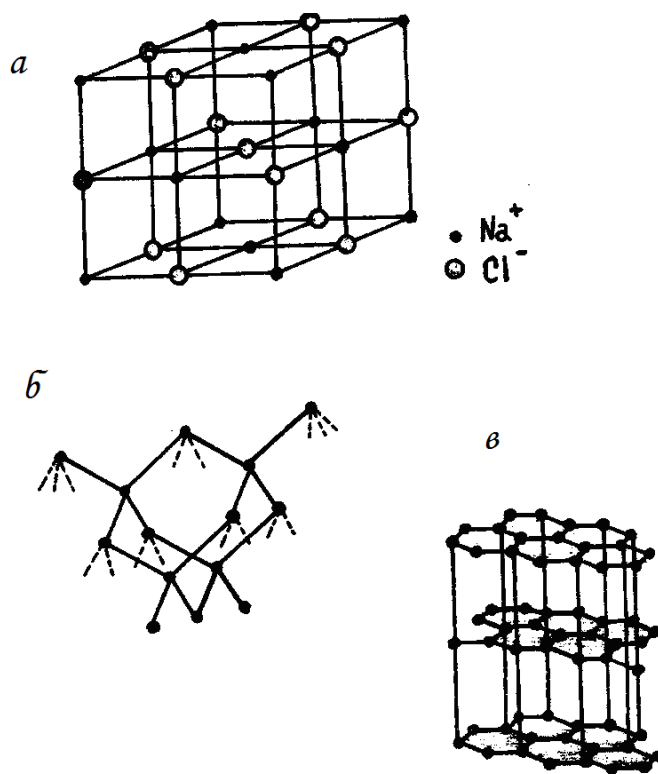


Рисунок 2.1 – Будова кристалічних решіток:
 a – галіту; b – алмазу; v – графіту

3. Центр симетрії – точка перетину елементів симетрії в даному кристалі.

У кристалах можливі 32 комбінації елементів симетрії, і ці 32 комбінації називають кристалографічними класами або видами симетрії. Кристалографічні класи об'єднуються у сингонії (грецьке "сингонія" – схожість кутів). Таких сингоній сім: триклинна, моноклинна, ромбічна, тригональна,

тетрагональна (квадратна), гексагональна (шестикутна), кубічна. Перші три – це нижчі категорії, три наступні – середні, а кубічна сингонія – вища. Характерні елементи симетрії для перелічених вище сингоній наведені в табл. 2.1.

Форма мінералів – одна з ознак, необхідних для швидкого визначення деяких із них; наприклад, за формою можна впізнати кристали галіту, піриту, флюориту, галеніту (куби) і т. д.

Для характеристики різних форм кристалів використовується така термінологія.

1. Ізометричні зерна мають однакову ширину та висоту. Агрегати таких зерен називають зернисто-кристалічними.

2. Вигляд зерен, які витягнуті у одному напрямку, характеризується такими термінами: стовпчастий, шестуватий, голкуватий, волокнистий.

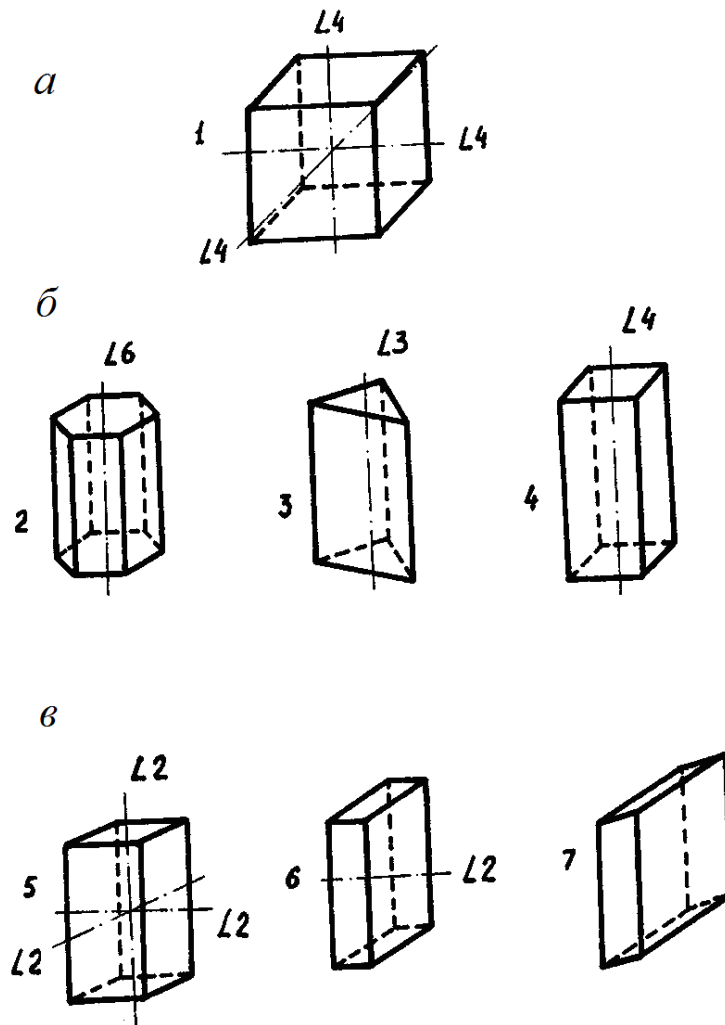


Рисунок 2.2 – Кристалографічні сингонії:

- а – вища сингонія; б – середні сингонії; в – нижчі сингонії;
 1 – кубічна; 2 – гексагональна; 3 – тригональна; 4 – тетрагональна;
 5 – ромбічна; 6 – моноклинна; 7 – триклинна

Таблиця 2.1 – Характеристика кристалографічних сингоній

Категорія	Сингонія	Характерні елементи симетрії
Нижча	Триклинна	Нема елементів симетрії або є один центр симетрії
	Моноклинна	Вісь симетрії другого порядку й площина симетрії одна
	Ромбічна	Кількість осей симетрії другого порядку й кількість площин симетрії досягає трьох
Середня	Тригональна	Характерна одна вісь симетрії третього порядку
	Тетрагональна	Характерна одна вісь симетрії четвертого порядку
	Гексагональна	Характерна одна вісь симетрії шостого порядку
Вища	Кубічна	Має чотири осі симетрії третього порядку (поряд із другим або четвертим)

Для опису агрегатів, які складені подовженими зернами, якщо спостерігається їх упорядковане розташування, використовуються такі префікси: паралельно- або радіально- (наприклад, паралельно-волокнистий, радіально-голкуватий).

3. Зерна можуть мати вигляд сплюснутих в одному напрямку. Залежно від ступеня сплюснутості вони характеризуються такими термінами: таблитчастий, пластинчастий, листуватий, лускуватий.

Для характеристики прихованокристалічних та аморфних мінералів застосовуються такі терміни:

а) щільне складення – агрегати в зломі не виявляють помітних деталей, поверхні злому гладкі або трохи криволінійні (раковистий злом);

б) землисте складення – характеризується порівняно крихкотілим скупченням дрібних частинок, грудочок, які легко відокремлюються одна від одної; злом таких агрегатів нерівний, шорсткуватий. Деякі характерні агрегати одержали назву, яка не потребує спеціального пояснення, наприклад, гроноподібний, ниркоподібний і т. п.

Природні скупчення мінералів у вигляді зерен або кристалів називаються агрегатами. У природі вони можуть мати такі форми (рис. 2.3).

1. Зернисті – дрібні зерна мінералів, які зрослися.

2. Землисті – за зовнішнім виглядом нагадують крихкотілий ґрунт і легко розтираються поміж пальцями.

3. Щільні – неможливо відрізнити контури окремих зерен навіть при невеликому збільшенні.

4. Листуваті, пластинчасті, лускуваті – кристали легко розщеплюються на окремі листочки, пластинки, лусочки.

5. Друзи – зростки кристалів, які прикріплені одним кінцем до загальної основи.

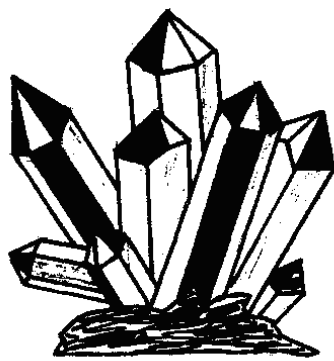
6. Дендрити – гіллясті деревоподібні агрегати, які виникають при швидкій кристалізації.

7. Конкреції – агрегати кулеподібної форми з радіально-променистою будовою.

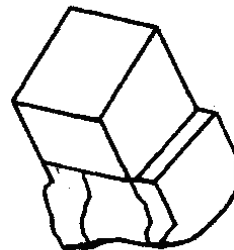
8. Ооліти – невеликих розмірів кульки, зцементовані або в крихкотілому стані.

9. Секреції (жеоди) – порожнини в гірській породі, заповнені мінеральною речовиною, нагадують людські нирки.

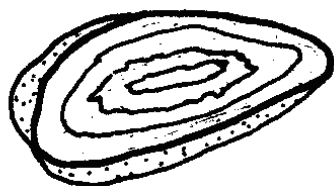
Багато мінералів мають некристалічну (аморфну) будову, коли елементарні частинки розташовуються безладно (опал, лімоніт, халцедон та ін.)



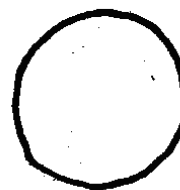
Друза



Монокристал



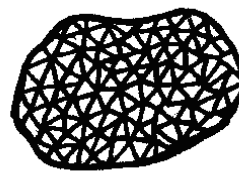
Секреція



Конкреція



Ооліти



Зернистий агрегат



Дендрит

Рисунок 2.3 – Форми знаходження мінералів у природі

2.2 Фізичні властивості мінералів

Кожний мінерал має певний хімічний склад і характерну для нього внутрішню будову, від якої залежать його зовнішня форма та фізичні властивості.

Розрізняють такі зовнішні (макроскопічні) фізичні властивості мінералів: колір, колір риски, прозорість, блиск, спайність, злом, твердість, розчинення у кислотах, смак, запах, щільність.

К о л і р. Майже всі мінерали забарвлені в той чи інший колір. Багато з них названі за цією ознакою. Наприклад, гематит (від грецького "гематікос" – кривавий), альбіт (від латинського "альбіус" – білий), рубін (від латинського "рубер" – червоний).

Для характеристики кольору та його відтінків використовують такі терміни: білий, чорний, сірий, бурий, червоний, жовтий, зелений, синій. Такі назви, як оранжевий, рожевий, блакитний застосовуються для уточнення відтінків, наприклад, оранжево-жовтий, блакитно-білий та ін.

Для назв відтінків уживають префікси темно-, світло- та ін., а для мінералів з металевим блиском обов'язково як префікс використовують назву металу (наприклад, мідно-червоний, золотисто-, латунно-, бронзово-жовтий, свинцево- або сталєво-сірий, залізо-чорний та ін.).

Крім основного забарвлення, мінерали інколи мають додаткові відтінки – мінливість, обумовлену явищем інтерференції світла на поверхні мінералів внаслідок різних реакцій при вивітрюванні.

К о л і р р и с к и. Багато мінералів у дрібно-роздрібненому стані (порошку) мають зовсім інший колір, так званий колір риски (або просто – риска). Це важлива діагностична ознака мінералу. Для визначення кольору риски нема потреби роздрібнювати мінерал, а досить провести ним по неглазуваній фарфоровій пластинці. Для характеристики риски використовуються такі ж терміни, як і для кольору.

П р о з о р і с т ь. Це здатність мінералів пропускати світло. Розрізняють прозорі (гірський кришталь, ісландський шпат та ін.), напівпрозорі (халцедон, опал та ін.) і непрозорі (графіт, пірит та ін.). Багато мінералів у тонких пластинках просвічуються, наприклад, біотит.

Б л и с к. Це здатність мінералів відбивати світло (залежить від кількості відбитого світла).

За цією властивістю мінерали розподіляють на дві великі групи: з металевим та неметалевим блиском.

Металевий блиск – це блиск свіжого злому металу. Решта – неметалеві. Відрізняють блиск алмазний – дуже сильний, відбиває багато світла; дзеркальний – блиск дзеркала; скляний – блиск поверхні скла; шовковистий – при паралельно-волокнистій будові; жирний – поверхня мінералу наче намазана жиром; перламутровий – колір інтерференції. Багато мінералів не мають блиску і є матовими.

С п а й н і с т ь. Це здатність мінералів розколюватись при ударі в окремих кристалографічних напрямках з утворенням гладких або дзеркальних поверхонь – поверхонь спайності.

Спайність притаманна тільки кристалічним мінералам і відсутня у монокристалів. Напрямок площин спайності не випадковий і відповідає напрямкам найбільш щільних кристалічних решіток. Спайність може спостерігатись в одному, двох, трьох, чотирьох і навіть шести напрямках. Слід розрізняти площини спайності від граней кристала. Наприклад, у кварці спайність відсутня, хоч він і зустрічається часто у формі кристалів із гладкими поверхнями.

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

Розрізняють такі види спайності:

а) дуже досконала – мінерал легко розколюється за певним напрямком на окремі пластинки, листочки або лусочки (слюда, графіт, гіпс та ін.);

б) досконала – при ударі мінерал розколюється рівними, гладенькими площинами на уламки, які нагадують первинні кристали (галіт, кальцит та ін.);

в) недосконала – розпізнається важко на уламках мінералу. Значна частина уламків обмежена неправильними поверхнями (апатит, берил та ін.);

г) спайність відсутня. При ударі мінерал розколюється у випадкових напрямках із неправильними поверхнями злому (кварц, лімоніт та ін.).

З л о м. Для визначення деяких мінералів доброю діагностичною ознакою є злом – випадковий напрямок розколу мінералу. За певним характером поверхні, яка утворюється при розколі мінералу, виділяють такі типи злому:

а) рівний, ступінчастий, характерний для мінералів із спайністю;

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

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

г) землястий (каолініт та ін.) – характерний для землястих мінералів;

д) зернистий – мають мінерали зернистої будови.

Т в е р д і с т ь. Це здатність мінералу чинити опір механічним зусиллям, які роз'єднують його частинки. Ступінь твердості мінералів визначається приблизно порівняно з твердістю еталонних мінералів за шкалою Ф. Мооса, табл. 2.2.

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

Скло дряпає всі мінерали з твердістю менше 5, а мінерали з твердістю більше 5 самі дряпають скло. Цими підручними засобами можна визначити твердість більшості мінералів, оскільки мінерали з твердістю більше 6 зустрічаються досить рідко.

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

Таблиця 2.2 – Шкала твердості мінералів

Назва мінералу	Твердість за Моосом	Характеристика твердості
Тальк	1	Легко дряпається нігтем
Гіпс	2	Дряпається нігтем
Кальцит	3	Легко дряпається ножем
Флюорит	4	Важко дряпається ножем
Апатит	5	Ніж не залишає подряпин
Ортоклаз	6	Залишає подряпину на склі, сталі
Кварц	7	Легко дряпає сталь, скло
Топаз	8	Дряпає скло, гірський криштал
Корунд	9	Легко дряпає всі мінерали, крім алмазу
Алмаз	10	Ріже скло

Смак, запах. Усі мінерали, які розчиняються у воді, мають певний смак. Так, галіт – солоний, силвін – гірко-солоний. Деякі мінерали при терті один об одного мають характерний запах. Так, при терті жовен фосфориту з'являється запах горілої шкіри; запах сірчаного газу характерний для піриту та сірки.

Щільність. Ця властивість мінералів змінюється в широких межах – від значення менше 1 (гази, бітуми) до 23 г/см³ (група осьмистого іридію). У ряді випадків щільність є доброю діагностичною ознакою, навіть виважуючи мінерали на долоні, можна приблизно визначити їх щільність. За щільністю всі мінерали розподіляють: на легкі – із щільністю до 2,0 г/см³, середні – від 2 до 4 г/см³, важкі – більше 4 г/см³.

Особливі властивості. Деякі мінерали мають тільки їм притаманні властивості, які є добрими діагностичними ознаками цих мінералів. Так, один із різновидів кальциту – ісландський шпат має подвійне

променезаломлення; у лабрадорі при обертанні на площинах спайності спостерігається гра кольорів у фіолетово-синювато-зелених тонах; флюорит навіть у невеличкому зразку може бути забарвлений у різні кольори; графіт залишає слід на папері; глинисті мінерали, наприклад, каолін – жирний на дотик; халцедон просвічується на краях і т. д.

Класифікація мінералів. Уся різноманітність мінералів підрозділяється на групи, які поєднують за спільними ознаками. У науковій мінералогії загальноприйнято класифікувати мінерали перш за все за хімічним складом. Класифікація найбільш розповсюджених породоутворюючих мінералів за цією ознакою наведена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Хімічна класифікація мінералів

Клас	Мінерали
Силікати	Олівін, мусковіт, біотит, тальк, альбіт, лабрадор, ортоклаз, мікроклін, каолініт, плагіоклаз, монтморілоніт, нефелін, хлорит
Карбонати	Кальцит, доломіт, галіт, малахіт, сидерит, магнезит, арагоніт
Сульфати	Гіпс, ангідрит, барит, мірабіліт.
Сульфіди	Пірит, сфалерит, галеніт, халькопірит, кіновар, аурипігмент
Окиси та гідроокиси	Кварц, опал, халцедон, корунд, лімоніт, гематит, магнетит, боксит, рубін, сапфір
Фосфати	Апатит, фосфорит, вівіаніт
Галоїди	Галіт, сильвін, карналіт, флюорит
Самородні елементи	Алмаз, графіт, сірка, срібло, золото, платина, мідь, миш'як, вісмут

2.3 Опис та визначення мінералів

Мінерали, характеристики яких наводяться у цьому розділі, систематизовані не за хімічним складом, а залежно від їх фізичних властивостей. Така послідовність відповідає навчальним цілям і допомагає швидко орієнтуватися при визначенні того чи іншого мінералу.

Перш за все, мінерали залежно від їх твердості розподілені на три групи: з твердістю до 2 включно (дряпаються нігтем); від 2 до 5 (нігтем не дряпаються і не дряпають скло) та мінерали з твердістю вище 5 (дряпають скло). В кожній такій групі мінерали розподілені за кольором на світлі та темні, які в свою чергу поділяються на підгрупи мінералів зі спайністю і без спайності. Кожна підгрупа вміщує назви декількох мінералів, де наводяться й інші діагностичні ознаки: блиск, власний колір, колір риски, щільність, найпростіші реакції. Крім того, наводяться специфічні властивості мінералу (якщо вони є) та застосування в народному господарстві.

Твердість мінералів оцінюється за шкалою Мооса, щільність наводиться у грамах на кубічний сантиметр.

2.3.1 Мінерали з твердістю до 2 включно (дряпаються нігтем)

Світлі зі спайністю

Гіпс. $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – водоутримуючий сульфат кальцію. Зернисті, дрібнокристалічні маси, агрегати. Окремі кристали пластинчастої, стовпчастої, волокнистої та призматичної форми. Сингонія моноклінна. Спайність найдосконаліша. Твердість 2. Щільність 2,2 – 2,4. Блиск скляний, перламутровий, шовковистий. Злом дрібнозернистий, занозливий, ступінчастий. Безкольоровий, рожевий, окремі кристали водяно-прозорі. Риска біла.

Розрізняють такі різновиди гіпсу.

Алебастр – білий цукроподібний гіпс дрібнозернистої щільної будови.

Селеніт – волокнистий гіпс з шовковистим блиском і занозливим зломом.

Листовий гіпс, який називають ще "мар'їне скло". Спайність у селеніта та листового гіпсу найдосконаліша, кристали легко розщеплюються на тонкі пластинки. Риска біла.

Гіпс має широке застосування у народному господарстві взагалі, і в будівництві зокрема. У будівництві він застосовується для виготовлення в'язучих – цементу, вапняного розчину, сухої штукатурки, гіпсових блоків для перегородок.

Тальк. $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ – силікат магнею. Листуваті, лускуваті, щільні маси. Сингонія моноклінна. Спайність найдосконаліша. Твердість 1. Щільність 2,5 – 2,8. Колір блідо-зелений, жовтуватий із шовковистим або скляним блиском. Жирний на дотик. Широко застосовується у сільському господарстві для виготовлення отрутохімікатів та у медицині.

Каолініт. $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$. Назва походить від китайського слова "гао-лінг" – висока гора у Китаї, яка утворена з білої глини. Землисті, крихкі або глиноподібні агрегати. У чистого каолініту твердість 1, із домішками – до 2,5, щільність 2,6. Сингонія кристалів моноклінна, спайність найдосконаліша. Колір у чистого мінералу білий, сірий або жовтуватий (із домішками). Жирний на дотик, забруднює руки. Дуже гігроскопічний і в сухому стані прилипає до язика. Риска біла. Каолініт дуже цінна сировина для виготовлення фарфору. У будівництві застосовується для виробництва вогнетривкої цегли і як домішки при виготовленні в'язучих.

Монтморилоніт. $\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Вміст води змінюється у межах 12 – 24%. Назву дано за місцевістю Монтморилоне (Франція). Тонкодисперсні суцільні глиноподібні маси. Спайність досконала, твердість 2. Щільність мінлива залежно від вмісту води. Колір білий з сіруватим відтінком або жовтий. Злом раковистий. Має хорошу адсорбцію, внаслідок чого розбухає і об'єм збільшується в декілька разів. При висиханні об'єм зменшується. Завдяки високій поглинальній здатності застосовується як адсор-

бент при очищенні нафтопродуктів. У будівництві широко застосовується для приготування тиксотропних розчинів при бурінні свердловин, зведенні фундаментів типу "стіна в ґрунті".

Мусковіт. $KAl_2(OH,F)_2[AlSi_3O_{10}]$ – калійова слюда. Назва походить від старовинної італійської назви м. Москви (Муска). У XVI – XVII ст. великі листи слюди під назвою "московське скло" вивозились через Москву на Захід. Листяно-зернисті та лускоподібні агрегати. З сильним перламутровим блиском (до дзеркального), твердість 2 – 2,5, щільність 2,5 – 2,7. Спайність дуже досконала в одному напрямку, розщеплюються на тонкі пружні листочки. Безкольоровий або жовтуватий, зеленуватого кольору. Знаходить застосування в електротехніці як ізоляційний матеріал.

Темні зі спайністю

Біотит. $K(Mg,Fe)_3(Al,Fe)Si_3O_{10}(OH,F)_2$ – залізо-магнезійна слюда. Названа прізвиськом французького фізика Біота. Будова, сингонія, спайність та блиск аналогічні мусковіту. Колір чорний або темно-зелено-чорний. Щільність 2,7 – 3,3. Твердість 2 – 2,5. Застосовується також як ізоляційний матеріал.

Графіт. Модифікація вуглецю (C) – тонколускуваті землісті агрегати. Спайність найдосконаліша. Сингонія гексагональна. Твердість 1, щільність 2,1 – 2,3. Злом нерівний. Риска темна. Жирний на дотик, пише на папері. Застосовується як матеріал для виготовлення тиглів та олівців, а також твердих антифрикційних мастил.

Хлорит. $(Fe,Mg)_5Al(OH)_8[AlSi_3O_{10}]$ – лускувато-листуваті агрегати. Твердість 1, щільність 2,6 – 3,3. Спайність дуже досконала, сингонія моноклінна, злом занозливий. Риска біла до зеленої. Колір зелений, з відтінками. Блиск перламутровий або скляний. Породоутворюючий мінерал хлоритових сланців.

2.3.2 Мінерали з твердістю від 2 до 5 включно

Світлі зі спайністю

Галіт. $NaCl$ – хлорид натрію. Кристалічно-зернисті агрегати, окремі кристали, друзи. Зовнішній вигляд кристалів переважно кубічний (кубічна сингонія). Твердість 3. Щільність 2,1 – 2,2. Спайність досконала, злом зернистий, в окремих кристалах – раковнистий. Колір прозорий, білий, забарвлений домішками. Риска біла, блиск скляний. Солоний на смак. Має широке застосування у хімічній та харчовій промисловості.

Кальцит. $CaCO_3$ – карбонат кальцію. Зернисті агрегати, кристалічні маси, друзи, окремі кристали пластинчастої форми. Спайність досконала в трьох напрямках. Сингонія тригональна. Блиск скляний. Безкольоровий,

білий, жовтий, рожевий, блакитний, бурий. Риска біла. Твердість 3, щільність – 2,6 – 2,8. Бурхливо реагує з соляною кислотою. Відомі такі різновиди кальциту: ісландський шпат (від німецького "шпат" – брусочок) – прозорий кальцит з подвійною променезаломлюваністю; паперовий шпат (пластинчасті або листуваті кристали); антраконіт (чорний кальцит з домішкою бітуму). Широко застосовується у будівництві для виготовлення в'язучих.

Доломіт. $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ – карбонат кальцію та магнію. Кристалічно-зернисті маси. Твердість 3,5 – 4. Щільність 2,8 – 2,9. Спайність досконала. Сингонія тригональна. Блиск скляний. Колір білий, сірий, сіро-білий. Блиск скляний, риска біла або білувато-сіра. Злом раковнистий. Реагує з соляною кислотою у вигляді порошку. Застосовується як флюс при виплавленні чавуну, а у будівництві – для виготовлення в'язучих.

Ангідрит (з грецької "безводний"). CaSO_4 – сульфат кальцію. Тонкозернисті щільні маси або волокнисті агрегати. Твердість 3 – 3,5, щільність 2,8 – 3,0. Сингонія ромбічна, кристали мають призматичний або товстостовпчастий обрис. Колір білий, сірий, голубий, червоний, інколи безкольоровий. Риска біла, злом раковнистий. Спайність досконала в одному напрямку. Використовується у виробництві гіпсових в'язучих, цементів та сірчаної кислоти.

Магнезит. MgCO_3 – карбонат магнію. Дрібнокристалічні, щільні до землястих агрегатів. Кристали ромбоподібні або стовпчасті. Сингонія тригональна. Твердість 4 – 4,5, щільність 2,9 – 3,1. Спайність досконала. Блиск скляний. Колір білий з жовтуватими або сіруватими відтінками. Риска біла. Злом раковнистий. Сировина для виготовлення вогнетривкої цегли (температура плавлення чистого окису магнію 2800 °C).

Сидерит (залізний шпат). FeCO_3 – карбонат заліза. Дрібнозернисті щільні агрегати. Зустрічається в кулеподібних конкреціях з прихованокристалічною або радіально-променистою будовою. Сингонія тригональна. Спайність досконала. Твердість 3,5 – 4,0, щільність 3,8. Колір у свіжому стані світло-жовтий, сірий. При вивітрюванні буріє і переходить в інші мінерали. Риска біла, у вивітреного мінералу – бура. Блиск скляний, інколи перламутровий. Злом ступінчасто-нерівний, інколи раковнистий. Реагує тільки з підігрітою соляною кислотою. Сидерит – залізна руда.

Барит (важкий шпат, від грецького "барос" – важкість). BaSO_4 – сульфат барію. Зернисті щільні агрегати. Кристали пластинчастої, стовпчастої форми. Зустрічається у вигляді суцільних зернистих, інколи землястих мас. Сингонія ромбічна. Спайність досконала. Твердість 3 – 3,5, щільність 4,3 – 4,7. Колір білий, сірувато-білий, рожевий. Риска біла. Злом нерівний, ступінчастий. Велика щільність для мінералів зі скляним блиском. Застосовується як обважнювач глинистого розчину при бурінні свердловин, а також у медицині.

Флюорит (плавиковий шпат). CaF_2 – фторид кальцію. Зернисті агре-

гати, зростки кристалів частіше кубічної форми. Спайність досконала, блиск скляний. Твердість 4. Забарвлений в різні кольори (часто навіть у невеликому зразку): фіолетовий, зелений, жовтий, блакитний, рожевий. При нагріванні забарвлення зникає. Деякі різновиди за зовнішнім виглядом нагадують мармелад. Флуоресціює (термін "флуоресценція" походить від назви цього мінералу). Один із основних металургійних флюсів (плавнів), який полегшує виплавку металів із руд.

Халькопірит (мідний колчедан). CuFeS_2 – сульфід міді та заліза. Суцільні зернисті маси, окремі зерна, сингонія тетрагональна. Твердість 3 – 4. Щільність 4,1 – 4,3. Спайність недосконала, злом раковнистий, нерівний. Колір латунно-жовтий, золотисто-жовтий. Риска чорна або зелено-чорна. Головна руда на мідь та виготовлення мідного купоросу.

Апатит (від грецького "апатос" – мінливий). $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 (\text{F}, \text{Cl})$ – фосфат кальцію. Сингонія гексагональна. Кристали призматичні, короткостовпчасті таблитчастої форми. Спайність недосконала. Зустрічаються дрібнозернисті цукроподібні агрегати. Твердість 5, щільність 3,1. Колір: жовтий, жовтувато-зелений, блакитний, фіолетовий, коричневий. Риска біла до жовтувато-сірої, блиск скляний. Злом нерівний, раковнистий, у дрібнозернистих агрегатах – зернистий. Добре розчиняється у соляній, сірчаній та фосфорній кислотах. Апатит – єдиний мінерал, який містить фосфор у промисловій кількості. Агрономічна руда.

Темні зі спайністю

Малахіт (мідна зелень). $\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$ – лужний карбонат міді. Натічні форми, землисті маси. Агрегати бувають волокнисті, радіально-променисті, брунько- та гроноподібні утворення. Сингонія моноклинна. Твердість 3,5 – 4,0, щільність 3,9 – 4,0. Колір від яскраво-зеленого до темно-зеленого, риска блідо-зелена. Блиск скляний, шовковистий, бархатистий. Спайність досконала. Злом скалкуватий, інколи раковнистий. Бурхливо реагує з соляною кислотою. Малахіт – чудовий декоративний камінь. Використовується для виготовлення зеленої фарби.

Галеніт – свинцевий блиск (лат. "галена" – свинцева руда). PbS – сульфід свинцю. Зернисті маси від грубо- до тонкозернистих. Кристали переважно кубічної форми (кубічна сингонія). Твердість 2,5 – 3,0. Колір свинцево-чорний, сіро-чорний. Риска сіро-чорна, злом ступінчастий. Сильний металевий блиск, велика щільність – 7,4 – 7,6. Найважливіша руда свинцю.

Кіновар (стародавньоіндійське – кров дракона). HgS – сульфід ртуті. Щільні зернисті агрегати. Кристали тригональної сингонії (стовпчасті) зустрічаються рідко. Залягає у вигляді вкраплених неправильної форми зерен. Спайність досконала. Твердість 2 – 2,5, велика щільність – 8 – 8,2. Колір від червоного до буровато-червоного з свинцево-сірим відтінком. Риска червона. Блиск дзеркальний, інколи матовий. Злом нерівний, ступін-

частий. Кіновар – єдина руда для одержання ртуті, яка використовується у фізичних приладах, як детонатор вибухівки, для виготовлення природної фарби.

Сфалерит (цинкова обманка; від грецького "сфалерос" – обманюю, тому що за зовнішнім виглядом не схожий з іншими сульфідами металів). ZnS – сульфід цинку. Тонко- та крупнозернисті агрегати. Кристали кубічної сингонії, часто викривлені. Твердість 3 – 4, щільність 3,9 – 4,2. Колір бурий або коричневий з жовтуватим відтінком. Риска жовта до бурої. Спайність дуже досконала, злом ступінчастий або зернистий. Блиск металоподобний, дзеркальний. Головна руда на цинк.

2.3.3 Мінерали з твердістю більше 5 (дряпають скло)

Світлі зі спайністю

Ортоклаз. $KAlSi_3O_8$ – алюмосилікат калію, калійово-натрійовий польовий шпат. Назва походить від грецького "ортоклаз" (що прямо розколюється). Суцільні кристалічні маси. Форма кристалів призматична, товстопластинчаста, при розколюванні утворює прямокутні форми. Сингонія моноклинна. Твердість 6 – 6,5, щільність 2,5. Спайність досконала в двох напрямках під прямим кутом. Блиск скляний, перламутровий. Колір блакитно-сірий, світло-рожевий, бурий, м'ясо-червоний, зелений. Риска біла. Злом ступінчастий.

Мікроклин (із грецької – відхилений, оскільки кут між площинами спайності менший від прямого на 20 хвилин). Склад такий же, як в ортоклаза. Часто за зовнішнім виглядом не відрізняється від нього. Сингонія триклинна. Природні зростки мінералу з кварцем утворюють "письмовий граніт" або "єврейський камінь". Блакитно-зелений різновид мікроклину називають амазонітом. Застосовується як декоративний матеріал.

Плагіоклази (з грецької – косо розколюються). Натрійово-кальційові польові шпати. Сюди входять альбіт, анортит, лабрадор та ін.

Альбіт (від лат. "альбус" – білий). $NaAlSi_3O_8$ – натрійовий плагіоклаз. Пластинчасто-призматичні цукроподібні кристали, друзи. Сингонія триклинна. Твердість 6, щільність 2,6. Колір білий, сірувато-білий, риска біла. Блиск скляний. Спайність досконала, кут між площинами спайності $86^{\circ}24'$. Розрізняють такі різновиди: місячний камінь (адуляр) з ніжно-блакитним відливом, сонячний камінь (авантюрин) – кристали з іскристо-золотистим відливом.

Примітка. Назва "польові шпати", ймовірно, пішла від того, що ці мінерали мають широке розповсюдження в земній корі, тобто зустрічаються майже на кожному полі.

Світлі без спайності

Кварц. SiO_2 – діоксид кремнію, кремнезем – найбільш розповсюджений мінерал у літосфері – 12,5%. Суцільні щільні маси, інколи зернисті, окремі кристали, друзи. Розміри кристалів дуже різноманітні. Мають вигляд шестигранних призм, тригональної дипіраміди. Твердість 7, щільність 2,6. Спайність відсутня, злом раковнистий, нерівний. Сингонія тригональна. Блиск скляний, дзеркальний, матовий. Без кольору, забарвлення обумовлене наявністю домішок – від молочно-білого до чорного кольору.

Залежно від кольору, прозорості численні різновиди кварцу мають особливі назви: гірський кришталь – безкольорові водяно-прозорі кристали; аметист – фіолетовий кварц; раухтопаз – димчасті, прозорі різновиди, забарвлені у буровато-сірі тони; моріон – кристали чорного кольору.

Кварц – важлива сировина для скляної та керамічної промисловості, використовується для генерації ультразвуку, а також у радіопередавачах і годинниках. Входить до складу багатьох гірських порід: магматичних, осадових, метаморфічних.

Халцедон. Потайнокристалічний різновид кварцу. Суцільні маси, натічні утворення. Спайність відсутня. Твердість 7, щільність 2,6. Злом раковнистий, нерівний. Просвічується на краях. Колір білий, блакитний, жовтуватий, коричневий. Блиск восковий, матовий.

Відомі такі різновиди халцедону: сердолік – оранжево-червоного кольору; агат – агрегат халцедону смугастої будови (смуги різнокольорові); хризопраз – яблучно-зеленого кольору завдяки домішкам нікелю; яшма – щільний потайнокристалічний різновид халцедону з яскравим забарвленням і концентричними смугами.

Халцедон та його різновиди використовуються в більшості як декоративне каміння.

Опал. $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Аморфний різновид кремнезему, натічні маси, конкреції. Твердість 5,5 – 6,5. Спайність відсутня, злом раковнистий. Блиск скляний, восковий, матовий. Колір білий, жовтий, бурий, блакитний. Щільність 1,9 – 2,3.

Пірит (від грецького "пірос" – вогонь). FeS_2 – сульфід заліза. Утворює кристали кубічної форми (кубічна сингонія) з характерним штрихуванням на гранях паралельно ребрам. Розміри кристалів різноманітні, найбільш розповсюджені форми: куб, октаедр, пентагондодекаедр, нерідко зустрічаються зростки кристалів різної величини. В осадових гірських породах – променисті конкреції. Твердість 6 – 6,5, щільність 5,0 – 5,2. Колір латунно-жовтий, світло-жовтий, риска зеленувато- або буровато-чорна. Сильний металевий блиск. Спайність відсутня. Злом раковнистий, нерівний. Агрегати, які в давнину завдяки своєму кольору приймалися за золото, одержали назву "золото дурнів" (англ. "фулс голд"). Основна сировина для одержання сірчаної кислоти.

Темні зі спайністю

Лабрадор $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ – польовий шпат, кальційово-натрійовий плагіоклаз. Назва за півостровом в Північній Америці.

Суцільні зернисті маси з дрібно- та крупнопластинчастих кристалів. Спайність досконала. Сингонія триклинна. Твердість 6 – 6,5, щільність 2,6 – 2,7. Колір темний, інколи димчасто-сірий або сірувато-чорний. Блиск скляний до перламутрового.

Відрізняється чудовою грою кольорів (іризацією) на площинах спайності або на полірованій поверхні в синювато-фіолетово-зелених тонах. Чудовий оздоблювальний матеріал.

Авгіт. $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe})[(\text{SiAl})_2\text{O}_6]$ – силікат кальцію, магнію та заліза. Короткостовпчасті, бочкоподібні, призматичні кристали. Суцільні зернисті маси. Сингонія моноклинна. Твердість 5,5 – 6, щільність 3,3 – 3,6. Спайність досконала. Колір від темно-зеленого до буровато-чорного, риска зеленувато-сіра. Блиск скляний, кристали мають блискучі грані (назва походить від грецького "ауге" – блиск). Злом нерівний до раковистого. Розповсюджений мінерал магматичних порід основного (лужного) складу.

Рогова обманка. $\text{CaNa}_2 (\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})[(\text{SiAl})_4\text{O}_{11}](\text{OH})_2$ – складний алюмосилікат кальцію, магнію та заліза. Довгопризматичні та голкуваті кристали, сингонія моноклінна. Твердість 5,5 – 6, щільність 3,1 – 3,3. Спайність досконала в двох напрямках. Колір темно-зелений, чорний, бурий. Риска зеленувато-бура, бура. Блиск скляний з роговим відливом (звідки і назва), на площинах спайності – шовковистий. Злом занозливий. Породоутворюючий мінерал основних порід.

Темні без спайності

Магнетит. Fe_3O_4 – оксид заліза (магнітний залізняк). Зернисті дрібнокристалічні маси, кристали у вигляді октаєдрів, друзи в порожнечках. Твердість 5,5 – 6,0. Сингонія кубічна, злом нерівний. Колір залізо-чорний, риска чорна. Блиск металевий, матовий. Особлива властивість – магнітний, щільність 5,0 – 5,3. Важлива сировина для виплавлення чавуну та сталі (заліза близько 60%).

Гематит. Fe_2O_3 – оксид заліза (червоний залізняк, від грецького "гаматікос" – кривавий, звідки і українська назва – "кривавик"). Землисті, шаралупуваті, лускуваті агрегати. Інколи утворюють чудові кристали – ромбодри. Сингонія тригональна. Твердість 5 – 6, щільність 5,0 – 5,3. Колір сталєво-чорний зі строкатими відтінками, риска вишнево-червона. Злом раковнистий. Важлива залізна руда (вміст заліза від 50 до 65%).

Лімоніт. $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – гідроокисел заліза (бурий залізняк). Назва походить від грецького "лимон" – луг (маються на увазі болотні та лугові руди заліза). Суцільні, пористі, ніздрюваті землясті маси. Часто утворюють

жеоди – натічні форми. Щільні різновиди – кристалічні, землісті – аморфні. Твердість мінлива – від 1 до 5,5, щільність 2,7 – 4,3. Колір бурий, охряно-жовтий. Риска жовто-бура до червоної, блиск матовий, злом раковнистий.

Зустрічається у декількох різновидах: бура скляна голова – сферична натічна форма з гладенького блискучою поверхнею темно-бурого або чорного кольору; оолітовий бурий залізняк – щільні суцільні маси темно-бурого або жовто-бурого кольору, які складаються із скупчень дрібних кульок; бурий залізняк – землісті крихкі та щільні агрегати охряно-жовтого та чорного кольорів. Руда на залізо (вміст заліза 34 – 42%).

Олівін. $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ – силікат магнію та заліза. Суцільні дрібнозернисті маси, окремі кристали та зерна, включені в породу. Сингонія ромбічна. Твердість 6,5 – 7, щільність 3,3 – 4,1. Колір оливково-зелений (звідки і назва) до темно-зеленого. Спайність відсутня або недосконала. Блиск скляний, злом раковнистий. Важливий породоутворюючий мінерал основних та ультраосновних порід. Відомий прозорий золотистий різновид олівіну – хризоліт (від грецького “хризос” – золото) – коштовний камінь.

Нефелін. $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$. Назва походить від грецького слова “нефелі” – хмара. При розчиненні у концентрованих кислотах утворює хмароподібний кремнезем. Зернисті, коротко призматичні кристали барилоподібні, які вкраплені в породі. Сингонія гексагональна. Твердість 5 – 6, щільність 2,6. Спайність відсутня або недосконала. Колір темно-сірий, жовтуватий з червонуватим відтінком. Блиск жирний, на гранях – скляний, злом плоско-раковнистий.

Нефелін – алюмінієва руда, породоутворюючий мінерал основних і ультраосновних порід.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Визначте поняття "мінерал", "кристал". Укажіть форми знаходження мінералів в природі.
2. Відберіть в запропонованій колекції мінерали з дуже досконалою, недосконалою спайністю та без спайності.
3. Назвіть мінерали-еталони в шкалі твердості. Як визначається твердість мінералів в польових умовах?
4. Що таке блиск мінералів і які його різновиди?
5. Що таке злом мінералу і які його різновиди?
6. Які ви знаєте специфічні властивості окремих мінералів?
7. Як використовуються мінерали в народному господарстві, в т.ч. в будівництві?

3 ГІРСЬКІ ПОРОДИ

3.1 Походження та класифікація гірських порід

Гірськими породами називаються мінеральні агрегати різного складу й будови, які сформувались у результаті геологічних процесів і які утворюють самостійні геологічні тіла (пласти, шари, жили та ін.). Ці природні скупчення мінеральних агрегатів вивчає петрографія (від грецьких слів "петрос" – камінь, "графос" – описувати) – геологічна наука, яка вивчає мінеральний склад гірських порід, їх будову, походження, умови залягання, розповсюдження та утворення корисних копалин.

За походженням (генезисом – від грецького "генезос" – походження), гірські породи розподіляються на три великі групи: магматичні, осадові, метаморфічні.

Магматичні гірські породи утворились внаслідок затвердіння речовини верхньої мантії Землі, природного силікатного розплаву – магми (з грецької – тісто, місиво), яка піднімаючись уверх при геотектонічних процесах, охолоджується і твердне.

Осадові гірські породи утворились з продуктів руйнування будь-яких гірських порід, які випали в осадок на поверхні землі або на дні водоймищ без участі або за допомогою живих організмів.

Метаморфічні гірські породи утворились із магматичних та осадових внаслідок перекристалізації на глибині під впливом високої температури і великого тиску, а також різних фізико-хімічних процесів.

У земній корі до глибини 16 км співвідношення цих гірських порід приблизно таке: 60% складають магматичні, 32% – метаморфічні і 8% – осадові. У той же час майже 76% поверхні Землі і дна водоймищ вкрито крихкотілими шаруватими гірськими породами осадового походження. При цьому найбільше розповсюдження мають глини та глинисті породи, на долю яких припадає 76% відкладів, на долю пісків, піщаників, вапняків та інших – 25%.

Породоутворюючі мінерали беруть неоднакову участь у будові гірських порід. Найбільш велика роль польових шпатів – вони складають до 60% об'єму магматичних порід, біля 30% метаморфічних і до 12% осадових. Кварц бере участь також у будові як магматичних та метаморфічних, так і осадових порід, складаючи близько 12% об'єму земної кори. Карбонати складають тільки 1,7% об'єму, а сульфати – 0,1%.

Якщо кількість мінералів у гірській породі дорівнює або перевищує 10% (за об'ємом), то вони називаються головними породоутворюючими, а якщо менше 10% – другорядними.

Розрізняють первинні мінерали і вторинні. Первинні утворились одночасно з гірською породою, а вторинні – в процесі формування та подальшої історії гірської породи. Первинними мінерали можуть бути для од-

них гірських порід і ті ж самі мінерали – вторинними для інших. Наприклад, такий мінерал, як каолініт, виявляється первинним у глині і вторинним у граніті.

За мінеральним складом розрізняють мономінеральні гірські породи (гіпс, доломіт, вапняк та ін.), які складаються з одного мінералу, та полімінеральні (граніт, діорит та ін.), що складаються з багатьох мінералів. Більшість гірських порід – полімінеральні.

Гірські породи вивчають з різних точок зору: в першу чергу як середовище корисних копалин – руд, вугілля, нафти, газу, солей та підземних вод; в інженерній геології – як основи фундаментів, середовище і матеріал для будівництва різних споруд, в агрономії – як родючі ґрунтоутворюючі породи.

3.2 Структура та текстура гірських порід

Для діагностики гірських порід будь-якого походження треба знати особливості їх будови, що визначаються структурою та текстурою.

Під структурою гірської породи розуміють її будову, обумовлену формою і величиною мінералів, що складають її, ступенем їх кристалізації, взаємовідношеннями і засобами зростання. Структура відображає умови утворення гірських порід.

Розрізняють такі типи структур: повнокристалічну, порфірову та аморфну.

Повнокристалічна структура може бути рівномірно зернистою, коли кристали мінералів, які входять до складу гірської породи, мають приблизно однакові розміри. За величиною зерен (кристалів) повнокристалічна структура буває: крупнозернистою (розмір зерен у поперечнику більше 3 мм); середньозернистою (1 – 3 мм) та дрібнозернистою (менше 1 мм).

Порфірові структури теж відносяться до кристалічних і характеризуються наявністю крупних кристалів, які занурені в агрегат кристалічних зерен меншого розміру або в склувату основну масу (див. рис. 3.1). Подібні структури утворюються в тому випадку, коли кристалізація здійснюється в два етапи: на першому етапі на великій глибині утворюються більш крупні кристали, на другому, на значно меншій глибині – кристалізується решта магми.

Потайнокристалічна структура може бути виявлена тільки під мікроскопом.

Некристалічні або аморфні структури притаманні породам, які складаються з нерозкристалізованої основної маси.

Під текстурою породи розуміють характер розташування її складових частин у просторі та щільність породи. Виділяють однорідні та неоднорідні текстури.

Серед однорідних текстур виділяють масивні (суцільні) текстури, які

складені мінералами без будь-якої орієнтації, серед неоднорідних – сланцюваті (порода розсланцьована на окремі пластинки), гнейсоподібні, у яких мінерали розташовані паралельно один одному, флюїдальні (лат. флюїс – текти) – мінерали витягнуті в одному напрямку, пористі (шлакові) – при наявності у породі великої кількості пор та порожнин (рис. 3.1).

Для осадових сипучих гірських порід характерна безладна текстура, оскільки її складові частини (зерна, уламки) можуть розташовуватись як завгодно.

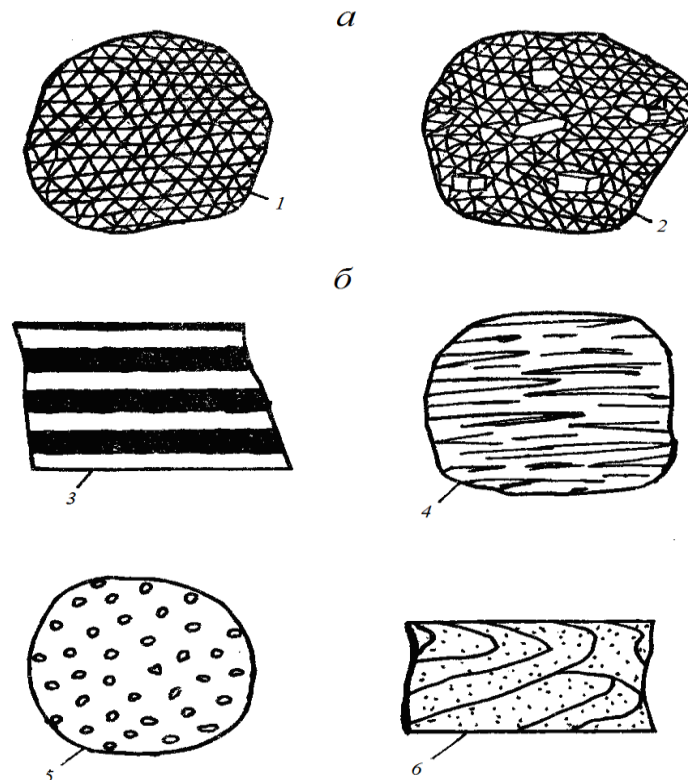


Рисунок 3.1 – Структура та текстура гірських порід:
 а – структури: 1 – зерниста; 2 – порфірова; б – текстури: 3 – гнейсова (смугаста); 4 – сланцювата; 5 – пориста; 6 – флюїдальна

3.3 Магматичні гірські породи

Як уже зазначалось, магматичні гірські породи походять з речовини верхньої мантії Землі – магми. Безперечність виникнення гірських порід таким чином була встановлена давно і підтверджується зараз прямими спостереженнями виверження вулканів та речовинним складом вулканічних порід.

За походженням (генезисом) залежно від того, де проходить охолодження магми, розрізняють глибинні та вивержені магматичні гірські породи.

Глибинні або інтрузивні (лат. "інтрузіо" – укорінення) утворилися на великій глибині під впливом високої температури та великого тиску при повільному охолодженні магми. У таких умовах атомні та молекулярні частинки речовини утворюють стійкі хімічні сполуки у вигляді добре відграничених кристалів. Іншими словами, речовина магми повністю викристалізується (граніт, діабаз, дуніт та ін.). З цих причин для інтрузивних порід характерна повнокристалічна, інколи порфірова, структура та однорідна масивна текстура.

Вивержені або ефузивні (лат. "ефузіо" – виливання), утворились при виверженні магми у вигляді лави на поверхню Землі або на дно водоймищ при швидкому охолодженні лави. При цьому речовина магми швидко дегазується, не встигає кристалізуватися і затвердіває у вигляді вулканічного скла (обсидіан) або пористої маси (пемза).

Ефузивні гірські породи характеризуються аморфною, склуватою, інколи порфіроподібною структурою і пористою, сланцевою або флюїдальною текстурою.

За хімічним складом магматичні гірські породи залежно від вмісту кремнезему (кремнекислоти - SiO_2) поділяються на такі типи:

1. Ультраосновні (дуже недонасичені кремнекислотою) – вміст кремнекислоти до 40%.
2. Основні (недонасичені) – 40 – 52%.
3. Середні (насичені) – 52 – 65%.
4. Кислі (перенасичені) – 65 - 75%.
5. Ультракислі (дуже перенасичені) – більше 75%.

Перші два типи відносяться до гірських порід з лужною реакцією, решта – з кислою.

Основна особливість ультраосновних магматичних гірських порід – чорний або темно-зелений колір, велика щільність. При цьому такі породи тільки інтрузивного походження. Представники: дуніт, піроксеніт, перидотит.

Основні магматичні гірські породи можуть бути інтрузивного та ефузивного походження. Колір від темно-сірого до чорного. Інтрузивні: габбро, діабаз, лабрадорит. Ефузивні: базальт.

Середні породи теж мають інтрузивне та ефузивне походження. Колір від сірого до чорно-сірого. Інтрузивні: діорит, сіеніт. Ефузивні: трахіт, андезит.

Кислі магматичні гірські породи, як і попередні, інтрузивного та ефузивного походження, а ультракислі тільки ефузивного. Забарвлення їх переважено світлих тонів.

Представники кислих інтрузивних порід: граніт, пегматит, кварцевий порфір; ефузивних: ліпарит, дацит. Ультракислі: обсидіан (вулканічне скло), пемза.

Форми залягання. Форми залягання глибинних та вивержених порід

досить різні. Глибинні (інтрузивні) гірські породи утворюють масивні геологічні тіла: батоліти, штоки, лаколіти (рис. 3.2).

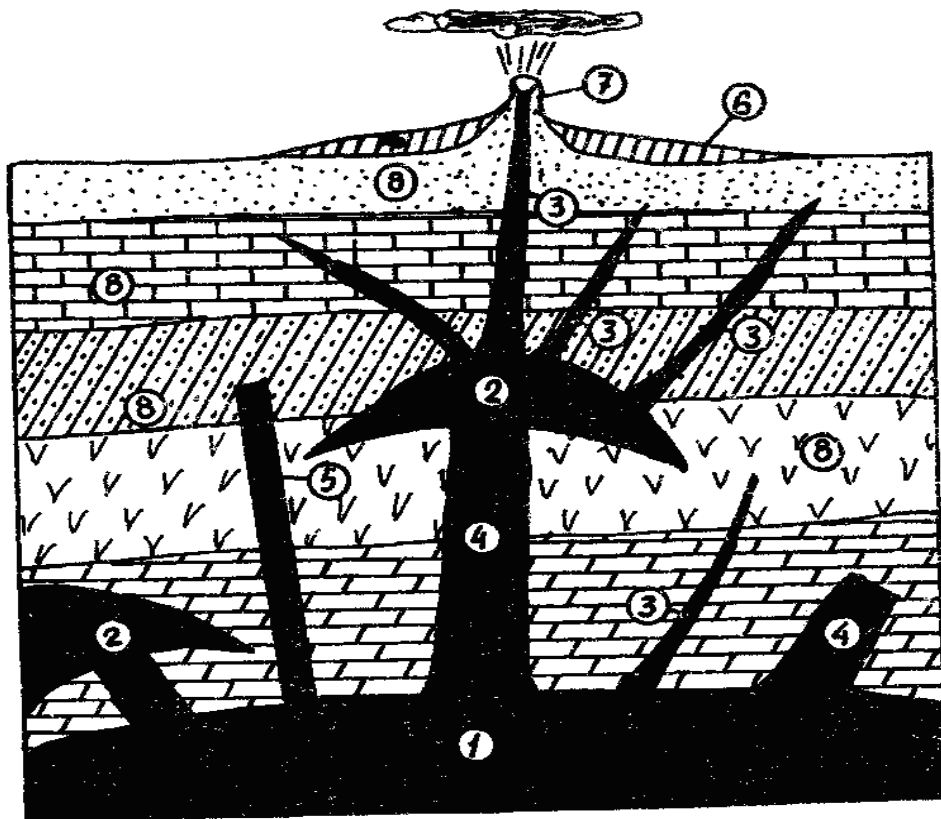


Рисунок 3.2 – Форми залягання магматичних гірських порід:
 1 – батоліт; 2 – лаколіт; 3 – жила; 4 – шток; 5 – дайка; 6 – лавовий покрив;
 7 – вулканічний конус; 8 – осадові гірські породи

Батоліт (лат. – глибокий камінь) являє собою великий масив (сотні і навіть тисячі квадратних кілометрів) інтрузивних магматичних порід. Основа його знаходиться на великій глибині. Відомі батоліти в Перу та Чілі довжиною більше 1300 км кожний. Батоліт берегового хребта Британської Колумбії має біля 2000 км у довжину і від 130 до 200 км у ширину. Батоліти складають кристалічний фундамент геологічних структур типу платформ, у тому числі і Український щит Східно-європейської платформи.

Шток – відгалуження батолітів порівняно невеликих розмірів (10 – 100 км²).

Лаколіт (лат. – камінь у підземеллі) – грибоподібний або короноподібний масив інтрузивних порід, які мають, як правило, плоску підшву. Магма, яка надходить у товщу уміщуючих порід по тріщині, утворює склепоподібне підняття верхньої товщі порід.

Жили утворюються при заповненні тріщин у гірських породах. У більшості жильні інтрузії є січними, тобто пересікають пласти осадових по-

рід під деяким кутом, їх звичайна потужність 1 – 3 м. Жили, які перетинають пласти вертикально або близько до вертикального положення, називають лайками, їх довжина сотні кілометрів, а ширина 3 – 12 км.

Вивержені магматичні гірські породи утворюють на поверхні потоки, покриви, куполи.

Потоками називають заповнені затверділою лавою, витягнуті в довжину понижені форми рельєфу (рис. 3.2).

Покриви утворюються при великих виливах рідких базальтових лав. Вони займають величезні площі, які виміряються десятками тисяч квадратних кілометрів (Середньо-Сибірське нагір'я в Східному Сибіру, в штаті Орегон США та ін.).

Куполи виникають при виливах в'язких гранітних магм, які не розтікаються в сторони.

3.4 Опис та визначення магматичних гірських порід

Гірські породи, характеристики яких наводяться нижче, систематизовані за хімічним складом залежно від вмісту кремнезему. У свою чергу кожна із таких груп гірських порід розподілена за їх походженням. Це відповідає навчальним цілям і допомагає швидко орієнтуватися при визначенні тієї чи іншої гірської породи.

Визначення гірської породи треба починати з визначення кольору та його відтінків, що вказує на належність до того чи іншого типу в хімічній класифікації. Потім за структурою та текстурою визначають походження (умови затвердіння магми) та головні породоутворюючі мінерали. За цими ознаками і визначають назву гірської породи.

3.4.1 Кислі та ультракислі породи

Граніт. Колір світло-сірий, рожевий, сірий, світло-чорний. Забарвлення граніту визначається забарвленням мінералів, що його складають – польових шпатів та слюд. Більшість мінералів світлих відтінків (польові шпати), темні – у порівняно невеликій кількості – представлені біотитом, авгітом, роговою обманкою. Кварц міститься у граніті в дещо меншій кількості, ніж польові шпати. Його зерна мають неправильну форму. Структура повнокристалічна, рівномірнозерниста (середні та крупні зерна), інколи порфіроподібна. Текстура масивна. Походження інтрузивне. Мінеральний склад: кварц, ортоклаз, альбіт, біотит, авгіт, рогова обманка.

Пегматит. Колір світло-сірий, іноді з перламутровим відливом. Структура повнокристалічна, крупнозерниста. Текстура масивна. Походження інтрузивне (жильне). Мінеральний склад: кварц, ортоклаз. Кристали проростають один в іншій.

Ліпарит. Колір світло-сірий, сірий, буроватий. Потайнокристалічна

порфіроподібна структура. Текстура дрібнопориста. Походження ефузивне. Мінеральний склад: кварц, польові шпати, слюди. Ліпарит – порівняно молода (кайнотипна) вивержена гірська порода.

Кварцевий порфір. Палеотипний (стародавній) аналог ліпариту. Мінеральний склад такий же, як у ліпариту. Колір червонуватий, бурий, інколи із зеленуватим забарвленням. Структура порфірова, основна маса дрібнозерниста. Текстура масивна. Походження ефузивне. Кварцовий порфір відрізняється від ліпариту не тільки більш темним забарвленням, але і трохи більшою щільністю і меншим вмістом склуватої маси.

Обсидіан (вулканічне скло) – ультракисла порода (SiO_2 більше 75%). Колір світлий, коричневий до чорного. Забарвлення в темні тони залежить від наявності домішок, наприклад, вулканічного попелу. Структура аморфна (склувата). Текстура щільна. Блиск скляний, злом раковнистий. Походження ефузивне. Складається переважно з кварцу.

Пемза – продукт підводних вивержень. Колір світло-сірий, сірий, жовтуватий. Структура аморфна, склоподібна. Текстура макропориста. Легка. Завдяки наявності закритих пор плаває у воді. Ультракисла порода. У складі переважає кварц.

3.4.2 Середні породи

Діорит. Колір від світло- до темно-сірого із зеленуватим відтінком. Структура повнокристалічна, середньозерниста. Текстура масивна. Походження інтрузивне. Склад: плагіоклази, авгіт, рогова обманка, рідко кварц.

Андезит – ефузивний аналог діориту. Колір сірий, буроватий, інколи чорний. Структура потайнокристалічна, інколи порфірова. Текстура пориста. Мінеральний склад такий же, як у діорита з додаванням біотиту. Андезити утворюють широко розповсюджені лавові потоки та покриви у Східному Сибіру, на Кавказі, Американському континенті та у Південно-Східній Азії.

Порфірит – прадавній аналог андезиту. Колір сірий, зелений. Структура порфірова. Характерна плиткова окремість. Від андезиту порфірит відрізняється відсутністю склуватої маси та вмістом другорядних мінералів.

Сієніт (назва походить від старовинної назви м. Асуана – Сієни). Відрізняється від граніту трохи більшим вмістом кольорових мінералів. Колір світло-сірий, рожевий, червонуватий. Структура повнокристалічна, рівномірно- та крупнозерниста. Текстура однорідна, масивна. Походження інтрузивне. Мінеральний склад: ортоклаз, рогова обманка, рідко біотит і авгіт. Кварц відсутній.

Трахіт – кайнотипний (молодий) ефузивний аналог сієніту. Структура потайнокристалічна, порфіроподібна. Текстура дрібнопориста. Колір сірий із зеленуватим відтінком, червонуватий. Порода шорсткувата на дотик.

3.4.3 Основні породи

Характерною особливістю основних (недонасичених) порід є повна відсутність кварцу, а їх темне забарвлення обумовлене наявністю темноколірних мінералів – олівіну, піроксену, рогової обманки, біотиту.

Габбро (назва від болгарського міста Габбро). Колір від темно-зеленого до чорного, інколи сірий. Структура повнокристалічна, крупно- або середньозерниста, інколи порфірова. Текстура масивна. Походження інтрузивне. Мінеральний склад: лабрадор, рогова обманка, авгіт.

Лабрадорит – різновид габбро, який складається майже цілком з плагіоклазу – лабрадору. Колір темно-зеленувато-синій з фіолетовими або перламутровими переливами при обертанні. Структура крупнозерниста, текстура масивна. Походження інтрузивне. Великі родовища у Київській та Житомирській областях.

Базальт – ефузивний аналог габбро. Колір темний, чорний. Структура потайнокристалічна, інколи порфірова, склувата. Текстура щільна, пориста. Походження ефузивне. Мінеральний склад: олівін, авгіт, плагіоклази.

Діабаз. Палеотипний базальт – продукт прадавнього виверження лав. Колір темно-зелений, чорний. Структура потайнокристалічна, текстура масивна. Походження ефузивне. За зовнішнім виглядом інколи приймається за інтрузивне. Мінеральний склад: лабрадор, авгіт, олівін, другорядні утворення – хлорит, серпентин.

3.4.4 Ультраосновні породи

Характерною особливістю ультраосновних (сильно недонасичених) порід є їх виключно інтрузивне походження, відсутність кварцу та польових шпатів.

Дуніт. Колір від темно-зеленого до чорного. Структура повнокристалічна, рівномірнозерниста, текстура однорідна, масивна. У складі переважає олівін, інколи з домішками магнетиту та хроміту.

Перидотит. Колір чорний з зеленуватим відтінком. Структура повнокристалічна, рівномірнозерниста. Текстура однорідна, щільна. Складається із олівіну та авгіту.

Піроксеніт. Колір чорний. Структура та текстура аналогічні попереднім. Складається із авгіту з домішками олівіну.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке гірські породи і яка їх генетична класифікація?
2. Що розуміють під текстурою та структурою гірських порід?
3. Які зовнішні відмінні ознаки ефузивних та інтрузивних гірських порід?
4. Як відрізняються за зовнішнім виглядом магматичні гірські породи залежно від кількості кремнекислоти?

3.5 Осадові гірські породи

3.5.1 Походження, склад та класифікація осадових гірських порід

Як відомо, осадові гірські породи є вторинними і утворились з будь-яких первинних гірських порід шляхом їх руйнування та випадання в осад.

У будівельній практиці частіше за все людина має справу з осадовими гірськими породами, тому що вони уривчастим чохлам покривають практично всю поверхню нашої планети. Утворення і подальше змінення осадових гірських порід пов'язане з різними термодинамічними та фізико-хімічними процесами. У загальному вигляді процес утворення осадових порід можна зобразити таким чином: виникнення початкових продуктів за рахунок руйнування материнських гірських порід (вивітрювання, фізико-хімічні процеси), залишення на місці або перенесення цього матеріалу з частковим осіданням на шляхах переносу, хімічні осади у водоймищах, накопичення осадів у результаті діяльності організмів і, нарешті, перехід осадів в осадові гірські породи.

Розрізняються такі стадії утворення:

- а) гіпергенез (до утворення) – виникнення початкового матеріалу для утворення осадових порід внаслідок різного роду процесів вивітрювання;
- б) седиментогенез (осідання) – накопичення і перенесення осадів;
- в) діагенез (переродження) – перетворення осадів в осадові гірські породи.

Осадові породи складаються з мінералів та уламків гірських порід різного походження, включаючи вулканічний попел та космічний матеріал; мінеральних новоутворень, які виникли у корі вивітрювання та на дні водоймищ; залишків організмів та органічних сполук.

В осадових гірських породах виділяють первинні мінерали, які збереглися після руйнування материнської породи, наприклад кварц, слюди у піску; сингенетичні (грецьке "сін" – разом), які утворились у процесі формування осадових порід (наприклад, каолінит у глинах); уламки будь-яких гірських порід – магматичних, метаморфічних, самих осадових (наприклад, граніт та кварцит у щебені, гальці); органічні залишки.

Мінерали осадових порід бувають у кристалічному, аморфному та колоїдному станах. Нарівні з первинними мінералами (польовими шпатами, кварцем, слюдами) в осадових породах велике значення мають мінерали новоутворень, наприклад глинисті мінерали – каолінит, гідрослюди та ряд інших осадового походження: кальцит, доломіт (карбонати), гіпс, ангідрит (сульфати), які відсутні в магматичних породах.

За генетичною ознакою, тобто за умовами походження, осадові породи розподіляються на три великі групи: уламкові, органогенні та хімічні (хемогенні). Між ними мають місце багаторазові переходи, які утворюють осадові породи змішаного типу.

Глини та глинисті гірські породи часто відносять до окремої групи внаслідок того, що вони не можуть бути повністю віднесені ні до уламкових, ні до хімічних за умовами утворення та мінеральним складом. Ці гірські породи складаються з новоутворень – продуктів хімічного вивітрювання і в той же час мають у своєму складі уламковий матеріал. У технічній літературі та в деяких підручниках глинисті породи часто відносять до дрібно- та тонкоуламкових.

3.5.2 Форми залягання осадових порід

Найчастіше осадові породи залягають у земній корі шарами. Товсті шари (більше 0,3 – 0,4 м), які мають велике розповсюдження в двох напрямках, називають пластами. Історично склалося так, що форми залягання крихкотілих осадових порід називають шарами, а скам'янілих – пластами (шар глини, пласт вапняку і т. д.).

Пласт має дві паралельні площини, які обмежують його положення в земній корі: верхня – покрівля, нижня – подошва. Найкоротша відстань між покрівлею та подошвою (по нормалі) називається нормальною потужністю або просто потужністю (товщиною) пласта. При похилому заляганні розрізняють ще вертикальну та горизонтальну потужність – відстань між покрівлею та подошвою пласта відповідно по вертикалі та горизонталі.

Положення пласта в земній корі визначається елементами його залягання: азимутами лінії простягання і падіння та кутом падіння (рис. 3.3).

Простягання – лінія перетину пласта горизонтальною площиною. Падіння – лінія перетину пласта вертикальною площиною перпендикулярно простягання. Наприклад, простягання пласта вугілля північно-західне, падіння північно-східне. Кут падіння – кут нахилу площини пласта до горизонту, який змінюється від 0° до 90°.

Якщо в пласті або шарі гірської породи залягає тонкий шар іншої породи, то його називають пропластком або прошарком.

Значно рідше осадові породи залягають лінзами. Це геологічні тіла, які нагадують форму лінз і мають локальне розповсюдження за простяганням та падінням.

3.6 Опис та визначення осадових гірських порід

3.6.1 Уламкові гірські породи

Уламкові гірські породи утворились за рахунок механічного руйнування (вивітрювання) материнських порід з залишенням продуктів руйнування на місці або їх перенесенням під впливом гравітації, води та вітру.

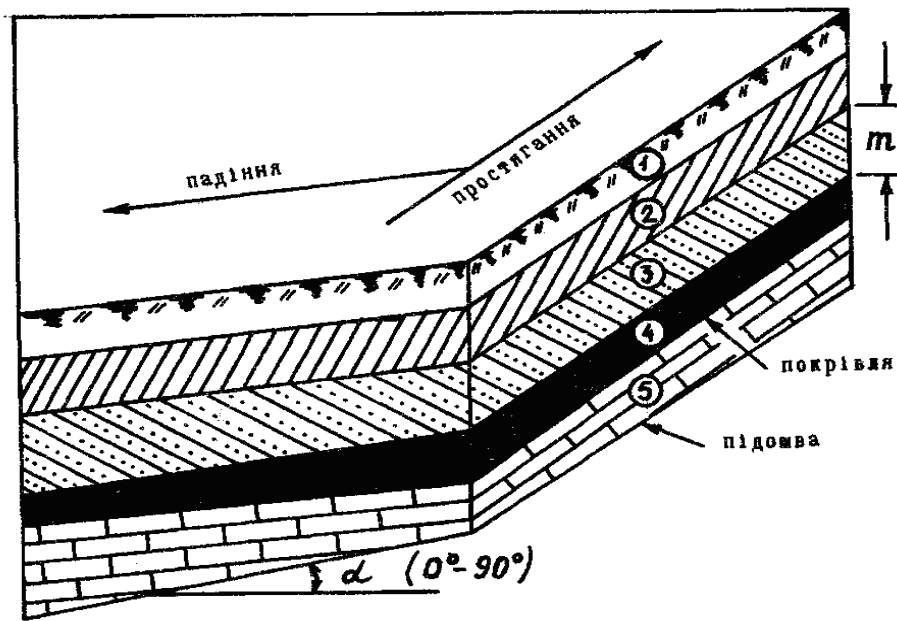


Рисунок 3.3 – Форми залягання осадових гірських порід:
 1 – рослинний шар; 2 – глина; 3 – піщаник; 4 – вугілля; 5 – вапняк

Для уламкових гірських порід основними структурними ознаками, які визначають їх властивості, назву і місце у класифікації, є розмір уламків (зерен), форма поверхні уламків (загострені чи обкатані) та вид зв'язку між уламками (сипучі, цементовані, зв'язні).

За величиною уламків (зерен) виділяють такі різновиди порід: великоуламкові або псаміти (грецьк. – камінець); середньоуламкові або псефіти (грецьк. – пісок); дрібноуламкові або алевріти (грецьк. – борошно); тонкоуламкові або пеліти (грецьк. – глина). Цементовані алевріти називають алевролітами, глини – аргілітами (лат. “аргі” – глина).

Характерною структурною ознакою є форма поверхні уламків, яка визначає назву гірської породи і допомагає з'ясувати її генезис. Уламки можуть бути обкатаними (галька, гравій) та загостреними (кутастими), наприклад, щєбінь, жорства.

Для цементованих уламкових порід характерні такі цементи: базальний (основний), контактний, поровий та ін.

Базальний – це такий тип цементу, при якому уламки (зерна) гірських порід ніби розсіяні у “розчині” цементу. Гірські породи з таким типом цементу мають велику механічну міцність.

Контактний або цемент стикання – це такий тип цементациї, при якій уламки гірських порід цементовані тільки по контактах стикання. Такі гірські породи мають невелику механічну міцність.

При поровому цементі заповнюються зв'язуючою речовиною пори (порожнини) між уламками (зернами) повністю або частково. Міцність по-

рід при цьому буває досить різноманітною.

Структура уламкових гірських порід обумовлюється розмірами уламків: від великоуламкової (більше 2 мм) до тонкоуламкової (менше 0,005 мм).

Текстура уламкових порід дуже різноманітна. Сипучим породам (піски, галька, щебінь, гравій, жорства) притаманна безладна текстура, оскільки розташування їх складових частин не підкоряється будь-якій закономірності. Для зв'язних (глинистих порід) характерна землиста, крихкотіла текстура. Цементовані зв'язні породи – алевроліти (піщані сланці), аргіліти (глинисті сланці) та ін. мають сланцеву текстуру.

Для цементованих великоуламкових та середньоуламкових порід (конгломерат, брекчія, гравеліт, піщаник) характерна щільна монолітна текстура.

Класифікація уламкових гірських порід, включаючи і глинисті, наведена в табл. 3.1, а опис в табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – Класифікація уламкових та глинистих порід

Структура та клас порід	Нецементовані			Розмір зерен (уламків), мм	Цементовані	
	Незв'язні		Зв'язні		Загострені, кутасті	Окатані
	Загострені, кутасті	Окатані				
Великоуламкові, псефіти	Глиби	Валуни		>100	Брекчія крупна	Конгломерат валунний
	Щебінь: крупний середній дрібний	Галька: крупна середня дрібна		100 – 60 60 – 40 40 – 20	Брекчія середня	Конгломерат
	Жорства: крупна середня дрібна	Гравій: крупний середній дрібний		20 – 10 10 – 4 4 – 2	Брекчія дрібна	Гравеліт
Середньоуламкові, псаміти	Пісок: гравелистий крупнозернистий середньозернистий дрібнозернистий пилюватий			2 – 1 1 – 0,5 0,5 – 0,25 0,25 – 0,1 0,1 – 0,05	Піщаники	
Дрібноуламкові, алевроліти	-	-	Супісок (лес)	0,05 – 0,005	Алевроліт	
Тонкоуламкові, пеліти	-	-	Глини	< 0.005	Глинистий сланець (аргіліт)	
Змішані	-	-	Суглинок		Піщано-глинистий сланець	

Таблиця 3.2 – Опис уламкових та глинистих порід

Структура, текстура, розмір уламків	Склад уламків, мінеральний склад	Діагностичні ознаки	Гірська порода	
			Крихка, зв'язна	Зцементована, літифікована
Великоуламкова Текстура для незцементованих безладна, для зцементованих масивна 2 – 100 мм і більше	Уламки однієї або декількох порід особливо граніту, вапняку, кварциту	Уламки окатані, напівокатані Цемент вапняковий, кремнистий, глинистий – для зцементованих уламків	Галька Гравій	Конгломерат Гравеліт
		Уламки неокатані, для зцементованих уламків цемент такий же	Щебінь Жорства	Брекчія Брекчія
Середньоуламкова Текстура аналогічна вищеописаній 0,05 – 2 мм	Уламки переважно кварцу, польових шпатів та інших мінералів	Ступінь окатаності різна. Цемент вапняковий, глинистий, кремнистий – для зцементованих зерен	Пісок	Піщаник
Дрібноуламкова Текстура земляста крихка; для зцементованих – масивна	Глинисті мінерали, глинозем, кварц, халцедон, гідроокиси заліза та інші	Легко розтирається поміж пальцями, помітні піщинки	Супісок	Алевроліт
		Сірувато-жовтий, палеувий, макропористий легкий	Лес	
Тонкоуламкова структура Текстура земляста крихка; для зцементованих – масивна		Полірується нігтем, в вологому стані пластична. Жирна на дотик	Глина	Глинистий сланець /аргіліт/
Змішана структура та текстура аналогічні попереднім		Нігтем не полірується. В вологому стані пластичний	Суглинок	Піщано-глинистий сланець

3.6.2 Глинисті породи

Глини та глинисті породи часто відносять до окремої групи. Чисті глини (грецьк. "пъолос" – глина) мають такі складові частини: кремнезем SiO_2 (40 – 70%); глинозем Al_2O_3 (10 – 35%), а також окиси калію, натрію, магнію, заліза та воду.

У дрібнодисперсній фракції глин (менше 0,002 мм) присутні глинисті мінерали (каолінит, монтморилоніт, гідролюди та ін.). У більш крупній фракції (більше 0,002 мм) зустрічаються кварц, опал, халцедон, рідко слюди.

За мінеральним складом розрізняють жирні глини, які містять значну кількість глинистих мінералів, та пісні, в яких переважають кварц, халцедон, опал та інші силікати.

Дуже невеликий розмір глинистих частинок (1 см³ містить біля 25 млрд. частинок) сприяє утворенню в глині надвеликої питомої поверхні, що позначається на збільшеній здатності до адсорбції води та інших речовин.

Особливо велика поглинальна здатність у монтморилонітових глин, що пояснюється рухомістю кристалічної решітки, яка складається із кристалічних пакетів, слабо зв'язаних один з одним. Молекули води й інших речовин проникають між пакетами і розсовують їх як міх гармонії, при цьому об'єм породи збільшується у 5 – 10 разів.

Глинисті породи є зв'язними, тобто мають зчеплення поміж частинками, яке обумовлене електромолекулярними силами.

Змішані глинисті породи – суглинки та супіски, в своєму складі мають як глинисті мінерали, так і піщані частинки, вміст кожної із яких не перевищує 60% загальної маси. Назва суглинок чи супісок залежить від кількості глинистих мінералів. При більшій кількості глинистих мінералів – суглинок, при меншій кількості – супісок.

3.6.3 Органогенні породи

Утворились органогенні породи цілком або частково в результаті життєдіяльності організмів та накопичення їх вимерлих залишків на суші або на дні водоймищ.

Розрізняють зоогенні та фітогенні гірські породи. Зоогенні утворились із залишків тварин (вапняк, крейда та ін.), фітогенні – із залишків рослин (вугілля, торф та ін.).

Вапняк. Складається головним чином з карбонату кальцію (кальциту). Вапняки можуть накопичуватись внаслідок або неорганічного, хімічного осідання кальциту (хімічне походження), або акумуляції вапнякових черепашок. У своїй більшості вапняки зоогенного походження. Для хімічних вапняків характерна тонкокристалічна структура, щільна масивна текстура. Для зоогенних – зерниста структура, пориста, інколи землиста, текстура, що часто складається з видимих черепашок і залишків організмів. Всі без виключення вапняки бурхливо реагують з соляною кислотою.

Крейда – різновид вапняку виключно зоогенного походження. Складається із зцементованої маси дрібних черепашок – форамініферів (мікроскопічних морських тварин) та кокколитоферів (вапнякових планктонних водоростей). Структура тонкокристалічна, текстура землиста. Колір білий, інколи землистий, забруднює руки, залишає білий слід на твердих матеріалах. Бурхливо реагує з соляною кислотою.

Мергель. Вапняково-глиниста порода, яка складається на 50 – 70% із кальциту і на 30 – 50% із глинистих частинок. Структура потайнокристалі-

чна, аморфна. Текстура щільна. Колір від світлого до сірого. Реагує з соляною кислотою, залишаючи темну пляму. Якщо подихати на нього, пахне глиною.

Опока. Глинисто-кремниста легка порода з раковнистим зломом. З кислотою не реагує. Колір світлий, сірий, жовтий. Містить опал, каолінит.

Трепел. Слабозцементована, землиста, пориста порода. Складається з дрібних опалових та кремнистих зерен, поміж якими зустрічаються шкаралупки діатомових водоростей. Легкий, пористий, інколи щільний, світлого забарвлення. Липне до язика.

До вуглецевих порід – каустобіолітів (горючих) входять дуже важливі за практичним застосуванням породи у твердому (торф, вугілля), рідкому (нафта) та газоподібному (гази) стані. Характерна властивість цих порід – їх горючість.

Торф. Землиста крихкотіла порода, яка складається з неповністю перегнилих та обвуглених залишків рослин. Колір бурий, чорний. Залягає у вигляді шарів, лінз у торф'яних болотах.

Кам'яне вугілля. Щільна шарувата порода темного кольору, блискуча.

3.6.4 Хімічні породи

Хімічні (хемогенні) осадові гірські породи утворились внаслідок випадання солей із водних розчинів у водоймищах або в результаті різних хімічних реакцій у земній корі чи на її поверхні.

Характерною особливістю цих порід є їхній мономінеральний склад, кристалічна структура та щільна, масивна текстура.

Кам'яна сіль. Структура повнокристалічна, середньо- або крупнозерниста. Текстура масивна, щільна. Солоний на смак. Колір світлий, жовтуватий (з домішками). Окремі кристали прозорі або напівпрозорі, складається головним чином із галіту.

Гіпс. Мономінеральна порода, яка складається із мінералу тієї ж назви. Структура дрібнозерниста (цукроподібна), волокниста або пластинчаста. Текстура щільна. Колір білий, рожевий, жовтий. Дряпається нігтем.

Ангідрит – зневоднений гіпс більш міцної будови. Структура середньо- або дрібнокристалічна. Текстура масивна, щільна. Колір білоблакитний, інколи рожевий.

Доломіт – порода потайнокристалічної будови, щільної текстури. Складається із мінералу доломіту, кальциту (до 5%) та глинистих частинок. Колір темно-сірий, інколи білий. Реагує з соляною кислотою у порошок або при нагріванні.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Генетичні типи осадових гірських порід та умови їх утворення.
2. Які зовнішні відмінні ознаки хімічних та органічних гірських порід?
3. За якими ознаками поділяються уламкові осадові гірські породи?
4. Із яких материнських гірських порід і яким чином утворились піщаники, глинисті сланці /аргіліти/?
5. Які із органічних гірських порід утворились із залишків рослин, а які із залишків тварин?
6. Як використовуються в будівництві осадові гірські породи?

3.7 Метаморфічні гірські породи

Метаморфічні гірські породи, як уже відмічалось, є другорядними і утворюються на глибині внаслідок перекристалізації магматичних та осадових порід під впливом високих температур та великого тиску. Розрізняють такі типи метаморфізму: контактний, регіональний та динамометаморфізм.

Контактний метаморфізм має місце на контакті прориву магми в товщу земної кори. Характерною особливістю такого типу метаморфізму є повнокристалічна структура, масивна текстура і невелика пористість.

Регіональний метаморфізм має місце при зануренні порід на велику глибину при високих температурах і тиску. Характерною особливістю такого метаморфізму є сланцева або гнейсова (смуриста) текстура та кристалічнозерниста структура.

Динамометаморфізм обумовлений одностороннім тиском при гороутворенні. Відмінними ознаками гірських порід такого типу метаморфізму є безладна структура та текстура.

Опис гірської породи починають з визначення структури та текстури, що вказують на її походження (тип метаморфізму). За мінеральним складом і зовнішніми ознаками визначають назву гірської породи.

Гнейс – смугаста повнокристалічна (від дрібно- до крупнозернистої) метаморфічна порода, щільної текстури, контактного типу метаморфізму. Залежно від материнської породи розрізняють гранітогнейс, діоритогнейс, сієнітогнейс та інші. Характерною особливістю цієї породи є чергування світлих та темних смуг.

Кварцит – щільна, масивна порода контактного типу метаморфізму з високим вмістом кремнезему, яка утворилась із кварцевих піщаників. Має велику міцність (твердість більше 5, дряпає скло), злом раковнистий.

Колір рожевий, сірий, жовтуватий.

Мармур – кристалічна вапнякова порода, яка утворилась при контактному метаморфізмі вапняку, доломіту або крейди. Основний мінерал кальцит або доломіт. Структура від тонкозернистої до крупно-зернистої, текстура щільна. Мармур, який майже цілком складається із кальциту, має білий колір, але домішки надають йому різних відтінків. Наприклад, наявність окисів заліза обумовлює рожевий, червоний, жовтий та бурий кольори. Вуглецеві органічні речовини надають мармуру від сірого до чорного забарвлення. Всі мармури бурхливо реагують з соляною кислотою.

Гірські породи регіонального метаморфозу у більшості своїй представлені сланцями – породами з явно вираженою сланцевою текстурою, їх назва визначається вмістом переважаючого мінералу.

Хлоритовий сланець. Кристалічна, листова структура. Складається переважно з мінералу хлориту. Колір від світло- до темно-зеленого.

Тальковий сланець – сірувато-зелена порода, яка легко розділяється на тонкі пластинки. Мінеральний склад: тальк, хлорит, мусковіт, кварц. Жирна на дотик.

Мусковітовий сланець – крупнозерниста порода листової або лускуватої структури. Складається переважно із мінералу мусковіту. Колір світлий. Блиск дзеркальний, перламутровий.

Біотитовий сланець. Будова та властивості аналогічні попередньому. Переважаючий мінерал – біотит. Колір темний.

Глинистий сланець – однорідна тонкозерниста або потайнокристалічна порода, яку часто називають аспідним сланцем через його дуже темний колір. Глинисті мінерали, частково перетворені в слюди, разом з кварцем та хлоритом є головними компонентами породи. Структура часто пластинчаста, текстура сланцева. При зволоженні порода непластична.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як утворюються метаморфічні гірські породи?
2. Типи метаморфізму і умови метаморфізації гірських порід.
3. Які зовнішні відмінні ознаки метаморфічних гірських порід різних типів метаморфізму?
4. З яких материнських порід утворились кварцит, мармур, гнейс?
5. Яким чином використовуються метаморфічні гірські породи в будівництві?

3.8 Гірські породи в будівництві

Монолітні магматичні та метаморфічні породи, монолітні та крупно-уламкові осадові породи є надійними основами фундаментів споруд, оскільки мають жорсткі зв'язки, велику міцність та несучу здатність. Але в більшості випадків будівельної практики як основи використовуються піщані та глинисті породи через їх широке розповсюдження.

Майже всі будівельні матеріали тією чи іншою мірою виготовляються з гірських порід. При цьому застосовуються вони як конструктивні матеріали, наповнювачі бетонів та для виготовлення в'язучих. Область застосування найбільш розповсюджених гірських порід наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Застосування гірських порід у будівництві

Гірська порода	Застосування в будівництві
Граніт сіеніт, діорит, діабаз, гнейс, пішаник, кварцит, брекчія	Наповнювачі бетонів, оздоблюючі матеріали, бутобетонні фундаменти, стінове та бортове каміння, східці
Габбро, лабрадорит	Оздоблювальні матеріали
Опока, пемза, трепел, діатоміт	Тепло-звукоізоляційні матеріали, активні мінеральні добавки в бетони
Ангідрит, вапняк, крейда, доломіт, гіпс	В'язучі та оздоблювальні матеріали, малярні роботи, стінові блоки
Вапняк-черепашник, вулканічний туф	Крупні стінові блоки, оздоблювальні та в'язучі матеріали, наповнювачі легких бетонів
Мармур	Оздоблення внутрішніх конструкцій будівель, мозаїчна підлога
Пісок	Силікатна цегла, наповнювач бетону та в'язучих розчинів
Галька, гравій, щебінь	Наповнювачі бетонів, дорожнє покриття
Глина, суглинок	Керамічні вироби, глиняна цегла, гідроізоляційний матеріал, виробництво керамзиту

4 ГЕОЛОГІЧНИЙ ЧАС І ВІК ГІРСЬКИХ ПОРІД

Земля в цілому, а земна кора зокрема, формувались поступово. Іншими словами, гірські породи мають свою історію. Розділ геологічної науки, який вивчав історію та закономірності розвитку Землі з моменту утворення земної кори, називається історичною геологією.

Питання про вік Землі цікавило людство ще в далекій давнині. Китайці та японці визначили давність світу від 40 до 200 тис. років. Жреці Вавілона вважали, що світ існує 2 млн. років. Народи Середземномор'я обчислювали вік Землі у 5 тис. років.

Цей термін був прийнятий християнською релігією, згідно з нею час, що пройшов до нової ери (народження Христа), визначається цифрою 5508 років. У Росії цей календар тривав до 1700 року, коли Петро I замінив його європейським. За даними сучасної геологічної науки, вік Землі становить 4,5 – 5,0 млрд. земних і близько 20 галактичних років.

4.1 Методи визначення віку гірських порід

У нинішній час вік гірських порід визначають трьома методами: стратиграфічним, палеонтологічним та абсолютним.

Стратиграфічний (лат. "стратум" – шар, "графос" – опис) метод. Це відносний метод, суть якого полягає в тому, що відносний вік гірських порід визначають за тим місцем, де залягає той чи інший пласт або шар у земній корі, тобто в геологічному розрізі. Дійсно, та гірська порода, яка залягає унизу, утворилась раніше, ніж та, що залягає наверху. Але при тектонічних процесах, коли земна кора приходить у рух, визначити відносний вік гірських порід неможливо. Наприклад, у Кузбасі деякі пласти осадових порід залягають під кутом 89 – 90°. Таким чином, стратиграфічний метод застосовується тільки для осадових гірських порід при їх спокійному заляганні. Обчислити абсолютний вік гірських порід цим методом неможливо, оскільки швидкість накопичення осадів у земній корі дуже неоднакова.

Палеонтологічний (грецьк. "палайос" – прадавній, "отос" – істота, "логос" – вчення) метод. Суть цього методу полягає в тому, що вік гірських порід визначається за залишками у них вимерлих організмів – рослин та тварин. Засновниками цього методу були англійський інженер-гідробудівельник В. Сміт і французький вчений Ж. Кюв'є.

Під час розкопок у пластах гірських порід зустрічаються залишки організмів різного ступеня досконалості. Чим досконаліші залишки організмів, тим молодша гірська порода. Наприклад, та порода, де виявили кістки ссавців, значно молодша за ту, де знайшли залишки динозаврів. Звичай-

но, цей метод теж є відносним, але більш досконалим, бо не залежить вже від умов залягання гірських порід.

Абсолютний метод. Є найбільш точним і дозволяє визначити вік гірських порід у роках. Почав застосовуватись після відкриття у 1396 р. Анрі Беккерелем явища радіоактивності. Встановлено, що під час радіоактивного розпаду одні елементи перетворюються на інші, більш стійкі, а період їх розпаду взагалі не залежить ні від внутрішніх, ні від зовнішніх обставин (температури, тиску, вологості і т. д.). Знаючи співвідношення кількості материнського елемента, що залишився у породі, та продукту кінцевого розпаду, термін його перетворення, можна визначити абсолютний вік гірських порід. Так, 1,0 г ^{238}U за 1 млрд. років перетворюється у 0,116 г ^{206}Pb . Залишок ^{238}U – 0,865 г. Решта маси витрачається на випромінювання. Значення періодів напіврозпаду наведені в табл. 4.1.

Урано-свинцевий, торіє-свинцевий методи застосовуються для визначення віку прадавніх магматичних та метаморфічних гірських порід, які одержали назву старожилів. Цими методами було визначено, що вік відомих на Землі порід-старожилів становить 3,8 млрд. років (Південна Америка). Це менше за вік деяких метеоритів (4,7 млрд. років) та деяких порід Місяця (до 4,7 млрд. років). Відповідно вік сонячної системи оцінюється величиною у 5 млрд. років.

Таблиця 4.1 – Радіоактивний розпад

Материнський ізотоп	Кінцевий продукт	Період напіврозпаду, млрд. років
^{238}U	^{206}Pb	4.468
^{235}U	^{207}Pb	0.7038
^{232}Th	^{206}Pb	14.008
^{87}Rb	^{87}Sr	48.8
^{40}K	^{40}Ar	1.3
^{14}C	^{14}N	5730
^3H	^2H	12.5

Каліє-аргоновий та каліє-кальцієвий методи використовуються для тих генетичних типів гірських порід, вік яких вимірюється десятками та сотнями мільйонів років.

Радіовуглецевим методом можна визначити вік залишків організмів та наймолодших гірських порід сучасної геологічної системи (до 50 тис. років).

4.2 Геологічна хронологія

На основі визначення відносного, а пізніше і абсолютного віку гірських порід, вивчення послідовності відкладів окремих пластів осадових порід та тотожності знайдених у них залишків керівних організмів, уся історія Землі була поділена на окремі геологічні етапи розвитку. Найбільший із них – мегацикл, далі послідовно йдуть ера, період, епоха, вік та інші.

Згідно з розділенням геологічної історії розвитку земної кори на окремі відрізки часу у її товщі виділяють окремі комплекси, які виникли протягом цих відрізків:

Відрізки часу	Ера	Період	Епоха	Вік
Відповідні розчленування товщ порід	Група	Система	Відділ	Ярус

Назва мегациклів та ер залежить від відсутності чи наявності на той час життя і ступеня його досконалості. У перекладі з давньогрецької мови вони означають: "криптос" – неявний, "фанерос" – явний, "ката" – внизу, "археос" – первісний, "протерос" – ранній, "палайос" – прадавній, "мезос" – середній, "кайнос" – новий, "зое" – життя.

Геохронологія (грецьк. "ге" – Земля, "хронос" – час, "логос" – вчення) Землі наведена в табл. 4.2.

Назви періодів у своїй більшості запозичені від назви місцевості, де вперше були виявлені гірські породи цього віку, або від назви прадавніх племен, які мешкали в цій місцевості. Так, кембрійський період одержав назву від прадавньої назви півострова Уельса (Камбрія), ордовик – назва прадавнього племені, яке мешкало в Англії, силур – назва племені, яке жило в Уельсі, девон – від графства Девоншир в Англії, пермський – від Пермського царства в Росії. Кам'яновугільний (карбон) та крейдяний одержали назву за потужними відкладами відповідно кам'яного вугілля та писальної крейди. Четвертинний період одержав свою назву від старого розподілу історії Землі на чотири періоди: первинний (палеозой), вторинний (мезозой), третинний (палеоген і неоген) та четвертинний.

Інколи четвертинний період називають ще антропогенним (грецьк. "антропос" – людина), завдяки появі людини на початку цього періоду.

Періоди (системи) у свою чергу розділяються на дві чи три епохи (відділи), які називають, як і періоди, з додаванням слів: рання (нижній), середня (середній), пізня (верхній) і в геологічному індексі позначають цифрами: C_1 , C_2 (нижній і середній карбон).

Таблиця 4.2 – Геохронологічна шкала

Мегацикли, тривалість, млн. років	Ери, індекс, тривалість млн. років	Періоди назва, індекс	Абсолютний вік (тривалість, млн. років)	Найголовніші групи організмів
1	2	3	4	5
Фанерозойський 570	Кайнозойська, KZ, 70	Четвертинний, Q	2 – 0 (2)	Поява на початку періоду людини
		Неоген, N	25 – 2 (23)	Розквіт птахів, ссавців, костистих риб. Розквіт покритонасінних (злаків, листяних дерев)
	Мезозойська, MZ, 155	Палеоген, Pg	70 – 25 (45)	
		Крейдяний, K	140 – 70 (70)	Зубасті птахи, розквіт рептилій, перші костисті риби
		Юрський, J	185 – 140 (45)	
		Триасовий, T	225 – 185 (40)	Поява перших ссавців (сумчастих). Поява покритонасінних, Розквіт голонасінних
	Палеозойська, PZ, 345	Пермський, P	270 – 225 (45)	Примітивні рептилії, розквіт акулподібних та панцирних риб, поява комах. Поява голонасінних рослин. Розквіт деревоподібних спорових рослин. Поява папоротників
		Кам'яновугільний (карбон), C	320 – 270 (50)	
		Девонський, D	400 – 320 (80)	
		Силурійський, S	420 – 400 (20)	Поява риб. Розвиток безщелепових тварин. Поява перших наземних тварин (скорпіонів багатоніжок) Численні червоні та блакитнозелені водорості
		Ордовікський, O	480 – 420 (60)	Поява перших наземних тварин (скорпіони, багатоніжки). Розвиток псилофітів
		Кембрійський, Cm	570 – 480 (90)	Поява примітивних безщелепових тварин. Давні наземні рослини – псилофіти

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
Криптозой- ський 2930	Протерозойська, PR, 1330		1900 – 570 (1330)	Масовий розвиток багатоклітинних бактерій, водоростей. Поява губок, черв'яків, медуз
	Архейська, 800, AR		2700 – 1900 (800)	Поява мікроплазмодібних бактерій, водоростей
	Катархейська, KR800		3500 – 2700 (800)	Залишки організмів відсутні
Планетарна епоха Землі більше 3500				

Нумерація здійснюється знизу вгору у напрямку розвитку.

Аналіз геохронологічної шкали показує, що 83,7% усього віку Землі припадає на криптозой (2930 млн. років). У цей час Земля являла собою майже безводну кам'яну пустелю з примітивними організмами, які з'явилися у кінці архею. Звертає на себе увагу і неоднаковість абсолютної тривалості геологічних етапів. Чим ближче до сучасності, тим вони стають коротшими. Пояснюється це тим, що розподіл геологічної історії Землі за етапами здійснювався за наявності залишків ведучих організмів, які свідчать про прискорений розвиток органічного життя на Землі. Другий великий відрізок часу припадає на планетарну епоху Землі – 1,1 – 1,5 млрд. років. Цей етап розвитку Землі дуже слабо вивчений.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке відносний вік гірських порід і як він визначається стратиграфічним методом?
2. Поясніть суть палеонтологічного методу. Для яких гірських порід він застосовується?
3. Як визначається абсолютний вік гірських порід? Наведіть приклад.
4. Яким чином складена шкала геологічного часу Землі? Назвіть мегацикли, ери, періоди.

5 ВОДА В ГІРСЬКИХ ПОРОДАХ

Гідрогеологія (грецьк. “гідрос” – вода, “логос” – вчення) – геологічна наука про підземні води, яка вивчає умови їх залягання, походження і формування, режим та їх склад, рух і придатність для народного господарства. Загальна кількість води на планеті складає близько 1370,3 млн. куб. км. З них моря та океани – 1280,3 млн. куб. км. Суша – 90, в тому числі: підземні води – 60, поверхневі ґрунтові – 0,075, озера – 0,75, ріки – 0,012; атмосфера – 0,163, льодовики – 29 млн. куб. км. Уся ця маса води знаходиться у постійному русі, здійснює кругообіг у природі (рис. 5.1), Щорічно на поверхню Землі випадає у вигляді дощу та снігу близько 512 тис. куб. км води, з них 10 тис. куб. км – на сушу. Біля 60% води, що випадає на сушу, випаровується, 20% іде в стоки і 20% інфільтрується (просочується) в товщу гірських порід.

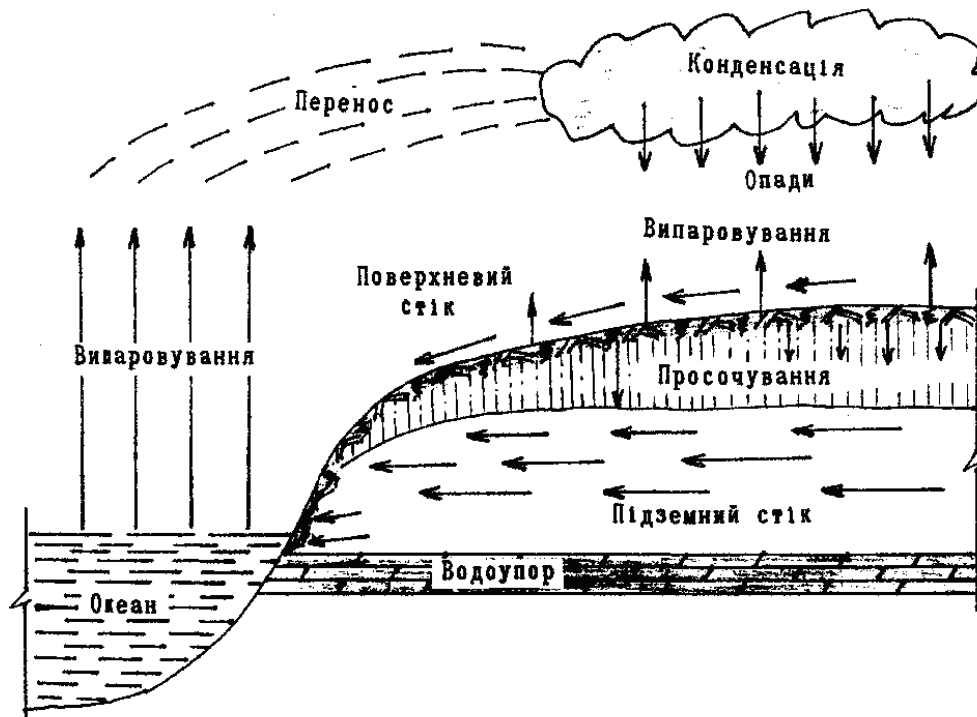


Рисунок 5.1 – Кругообіг води в природі

5.1 Види води в гірських породах

У гірських породах вода знаходиться в порах та пустотах (порожнинах) у таких агрегатних станах: у вигляді пари (пароподібна), рідини та твердого тіла (лід).

Пароподібна вода розташовується у верхній товщі земної кори. У цій зоні постійно і поступово здійснюється обмін між повітрям та парою атмо-

сфери, між повітрям та парою пустот і пор гірських порід. Тому ця зона одержала назву зони аерації. Потужність її неоднакова і залежить від типу порід, кліматичних умов місцевості і досягає інколи 12 – 16 м від поверхні Землі.

На міграцію водяної пари переважний вплив чинить температура. З цим фактом пов'язується таке явище, яке одержало назву екранування води під фундаментами споруд. Справа в тому, що влітку гірські породи (грунти) на незабудованих майданчиках прогріваються вільніше, ніж під фундаментами, і водяна пара за законами аеродинаміки прямує під фундаментами, де частково конденсується, збільшуючи вологість ґрунту і як наслідок – збільшується осідання споруди.

Рідка вода, або вода у вигляді рідини, підрозділяється на два типи: вільну, або гравітаційну, та капілярну.

Капілярна вода міститься в гірських породах з капілярними порами та тріщинами, ширина (розкриття) яких менше 0,25 мм, а діаметр пор менше 1 мм. Утримується капілярна вода за рахунок капілярних (меніскових) сил.

Формується вона за рахунок атмосферних опадів та розтавання снігу, а також за рахунок підняття за законами капілярного руху від нижніх водонасичених гірських порід.

У практиці будівництва велике значення має висота капілярного підняття та час капілярного водонасичення. Висотою капілярного підняття називається відстань по вертикалі, на яку підіймається вода по капілярах від підземного водонасного горизонту. Висота цього підняття H_k залежить від літологічного та гранулометричного складу гірських порід і може бути визначена експериментально або за формулою французького вченого Жюрена:

$$H_k = C_k/d, \quad (5.1)$$

де $C_k = 0,3$ – стала капілярного змочування при температурі 0°C ;
 d – діаметр пор або розкриття тріщин, мм.

Час капілярного підняття – це час, протягом якого відбувається повне заповнення капілярів водою. Він неоднаковий для різних гірських порід: у пісках біля 80, у глинистих ґрунтах – 350 – 475 діб.

Гравітаційна вода. Ця вода не пов'язана з поверхнею частинок і не утримується менісковими силами. Вона здатна переміщуватись під впливом сили тяжіння, тобто під впливом різниці напорів. Така вода використовується для водопостачання, і якраз вона створює труднощі при проходці котлованів та будівництві підземних споруд. Гравітаційна вода є основним предметом нашого розгляду.

Фізичнозв'язна вода утворюється за рахунок адсорбції поверхнею породних частинок у процесі конденсації водяної пари і утримується за рахунок електромолекулярних сил. Цей перший на поверхні частинок шар

води називається гігроскопічною або міцнозв'язною водою. Вона випаровується при температурі 105 – 110 °С, не передає гігростатичного тиску та замерзає при температурі – 70 – 80 °С.

Молекули води за своєю природою є диполями, тобто мають орієнтацію полюсів. Тому перший від поверхні частинок шар води – гігроскопічна вода утримує другий та наступні шари орієнтованих молекул, але зі значно меншою силою (рис. 5.2). Другий та подальші шари називаються плівковою або крихкотілою водою. Вони зникають при температурі до 105 °С, а замерзає плівкова вода при температурі – 17 – 18 °С. Плівкова вода рухається від частинок з товстішою плівкою до частинок з меншою товщиною плівки.

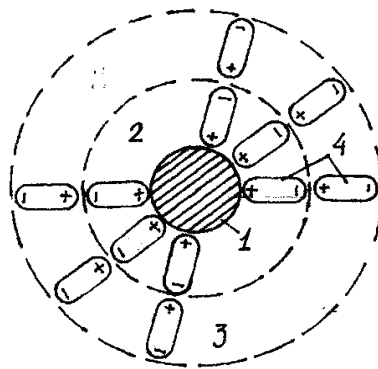


Рисунок 5.2 – Водяні оболонки навколо мінеральної частинки:
1 – мінеральна частинка; 2 – гігроскопічна вода; 3 – плівкова вода;
4 – диполі води

Кількість фізичнозв'язної води більша там, де більша питома поверхня частинок. Наприклад, у монтморілітової глини в 1 см³ міститься понад 25 млрд. частинок і при зволоженні вона має фізичнозв'язної води більше 100% об'єму самих частинок. У піщаних породах всього 1 – 2% фізичнозв'язної води.

Хімічнозв'язна вода входить до складу кристалічної ґратки і вилучається при її руйнуванні. Наприклад, у гіпсі $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ перша молекула води вилучається при температурі 118 °С, друга – при 140 °С. Таким чином утворюється ангідрит (алебастр). З цим явищем пов'язаний ефект приготування в'язучих (дегідратація-гідратація).

Вода у твердому стані має місце у гірських породах при від'ємних температурах до певної глибини від земної поверхні. У твердий стан переходить гравітаційна та частково плівкова вода. Це явище носить сезонний характер, а глибина промерзання залежить від кліматичних умов місцевості. Так, в Україні вона складає 70 – 110 см, а на півночі таких країн, як Канада, Росія на деякій глибині зберігається постійно. Це зона вічної мерзлоти.

При замерзанні води утворюється кристалічний лід, і при цьому об'єм збільшується на 8 – 9%, а в умовах обмеження деформації розвивається великий тиск (до 1 ГПа), руйнуючи будь-які матеріали та гірські породи. Тому підшви фундаментів завжди закладають нижче глибини промерзання.

5.2 Класифікація та характеристика підземних вод

Усі гірські породи за спроможністю пропускати воду розподіляються на три категорії: водонепроникні (водоупори), слабководопроникні та водопроникні.

Водонепроникні: глини, монолітні граніти, кварцити та інші метаморфічні, магматичні та зцементовані осадові гірські породи.

Слабководопроникні: суглинки, супіски, глинисті піски, слаботріщинуваті магматичні, метаморфічні та зцементовані осадові гірські породи.

Водопроникні: тріщинуваті магматичні, метаморфічні та незцементовані осадові гірські породи, крупно- та середньоуламкові породи (галька, щебінь, жорства, піски).

Якщо діаметр пор більше 1 мм, а ширина тріщин більше 0,25 мм, то такі гірські породи здатні пропускати воду в глибину землі. Оскільки пори та тріщини сполучаються між собою, то на деякій глибині формується насичений водою шар гірської породи, який називається підземним водоносним горизонтом. Обов'язковою умовою його формування є наявність водоупору, зверху якого залягають водопроникні гірські породи.

Усі підземні води класифікуються за такими ознаками: за походженням, умовами залягання, гідравлічним режимом, хімічним складом та фізичними властивостями.

За походженням підземні води підрозділяються на: інфільтраційні, конденсаційні, седиментаційні, ювенільні та змішані.

Інфільтраційні (інфільтрація – просочення усередину) підземні води утворюються за рахунок проникнення атмосферних опадів, талої води у водопроникні гірські породи в місцях їх виходу на земну поверхню.

Конденсаційні води утворюються внаслідок конденсації пароподібної води у порях та тріщинах гірських порід, як правило, у зонах аерації.

Седиментаційні (седиментація – осадження) води утворюються внаслідок захоронення разом з осадами вод прадавніх озер та морів.

Ювенільні (первинні) води утворюються за рахунок конденсації пари магми.

За умовами залягання підземні води підрозділяються на: поверхнево-грунтові, верховодку, ґрунтові та міжпластові.

Поверхневогрунтові води залягають безпосередньо біля земної поверхні і не мають свого водоупору. Характерними властивостями цих вод є

їх сезонний характер, різкі коливання температури, наявність мікроорганізмів та органічних речовин. Взагалі це капілярні води. Коли рівень підземних вод підіймається, то відбувається їх змикання з водоносним горизонтом і місцевість заболочується.

Верховодка утворюється в зоні аерації за рахунок інфільтрації та конденсації. Обов'язковою умовою її утворення є наявність місцевих або локальних водоупорів. Локальними водоупорами можуть бути льодовикові глини або суглинки (морени) та інші водонепроникні гірські породи (рис. 5.3). Верховодка характеризується виключно нестійким режимом, виникає головним чином у періоди дощів та розтавання снігу і зникає з настанням засушливих періодів. Як правило вона існує з березня по липень. Потужність її невелика і не перевищує 1 – 2 м.

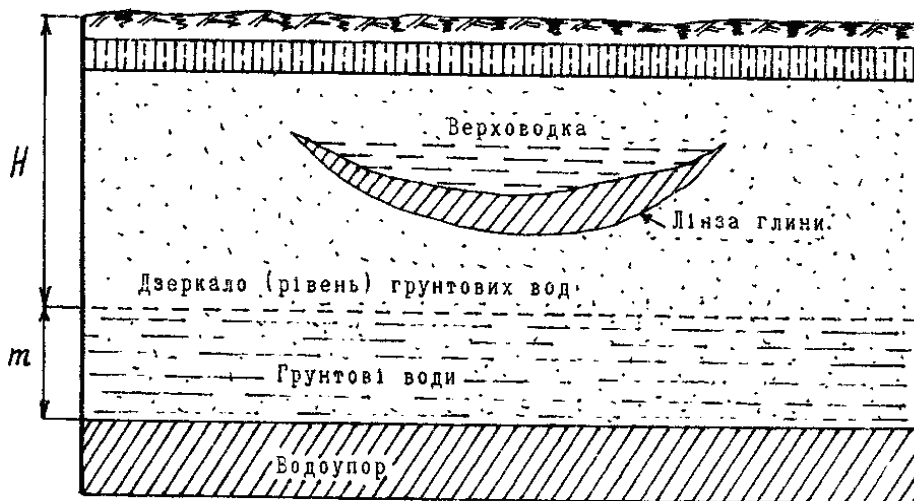


Рисунок 5.3 – Ґрунтові води

Верховодка створює труднощі при будівництві та експлуатації споруд, оскільки не завжди може бути виявлена при інженерно-геологічних вишукуваннях і стає причиною затоплення підвалів та інженерних комунікацій.

Ґрунтові води – це перший від поверхні Землі постійно діючий водоносний горизонт, який залягає на витриманому водоупорі. Такою водонепроникною породою може бути нетріщинувата скельна порода або шар глини. Живлення ґрунтових вод відбувається значною мірою за рахунок інфільтрації опадів та просочення води із поверхневих водоймищ.

Верхня поверхня водоносного горизонту називається дзеркалом або рівнем ґрунтових вод і позначається як WL (англ. "water level" – рівень води). Відстань від рівня ґрунтових вод до земної поверхні називається глибиною залягання, а найкоротша відстань від дзеркала до водоупору є потужність водоносного горизонту. Глибина залягання та потужність ґрунтових вод можуть істотно змінюватись залежно від кількості опадів та наяв-

ності поверхневих водоймищ. Так, в одних місцях глибина залягання досягає 100 м і більше, в інших ґрунтові води виходять на поверхню Землі, утворюючи болота.

Міжпластові води залягають між двома водоупорами у другому та подальших від земної поверхні водоносних шарах (рис. 5.4). Область їх живлення лежить тільки в місцях виходу водоносного пласта на земну поверхню. Міжпластові води дуже поширені в Україні, особливо у Дніпрово-Донецькому басейні. Служать основним джерелом поновлення річних вод та вод ярів під час засухи.

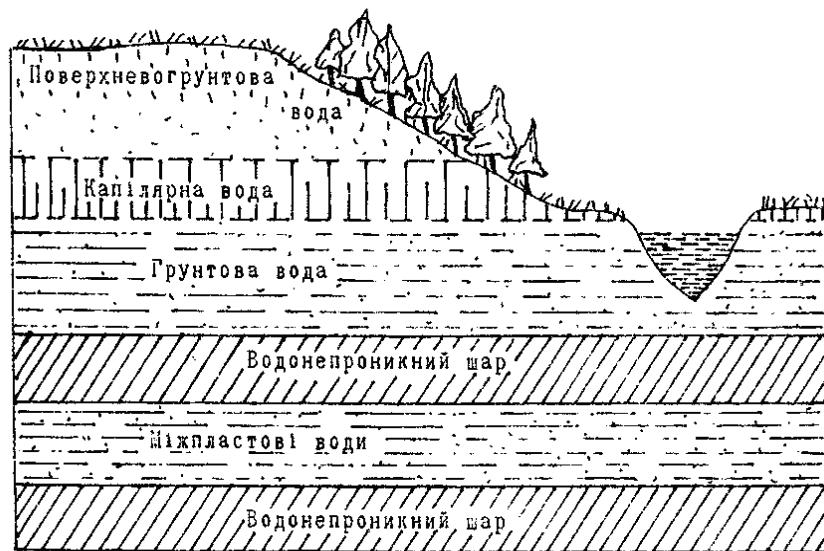


Рисунок 5.4 – Підземні води

За гідравлічним режимом розрізняють безнапірні та напірні підземні води. Безнапірні води течуть без будь-якого тиску, тільки під впливом сил гравітації. Усі ґрунтові води є безнапірними, оскільки мають вільну поверхню. Для утворення тиску потрібна різниця у рівнях міжпластових вод у різних точках.

Яскравим прикладом напірних вод є артезіанські води. Вони дістали свою назву від назви французької провінції Артуа, де ще у 1126 р. були пробурені перші фонтануючі свердловини. Ці води формуються в особливих геологічних структурах, так званих артезіанських басейнах, які складаються з перешарування водоупорів та водоносних гірських порід при мультіподібному або синклінальному (розд. 6) заляганні пластів (рис. 5.5).

В Україні відомі декілька артезіанських басейнів, такі як Дніпрово-Донецький (площею понад 350 тис. км²), Причорноморський та інші. Вони часто служать основним джерелом водопостачання міст та населених пунктів.

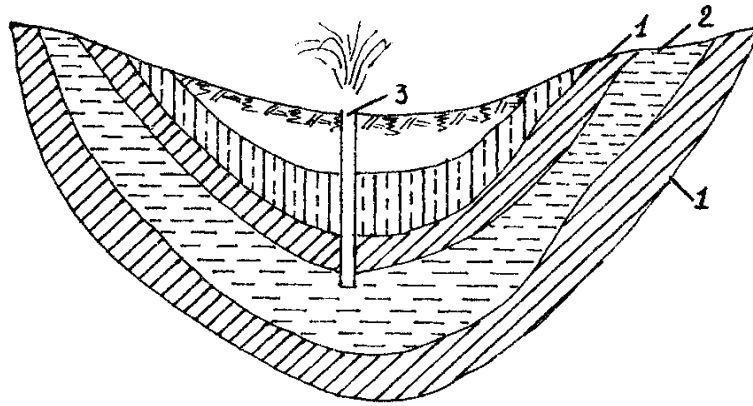


Рисунок 5.5 – Артезіанські води:
1 – водоупор; 2 – артезіанські води; 3 – свердловина

5.3 Режим підземних вод

Під режимом підземних вод розуміють зміну з часом найголовніших їхніх характеристик: глибини залягання, рівня або потужності водоносного горизонту, швидкості руху, хімічного складу та фізичних властивостей, ступеня мінералізації, жорсткості, прозорості, температури та інших. Зміна проходить під впливом таких факторів: метеоумов, гіпологічного режиму водоймищ, геологічних та антропогенних факторів.

Метеорологічні умови. У різних районах нашої країни кількість опадів неоднакова і тому рівень підземних вод, особливо ґрунтових, основне живлення яких відбувається за рахунок інфільтрації, істотно змінюється. Спостерігаються сезонні, річні та багаторічні коливання рівня ґрунтових вод.

Піднімання або зниження рівня ґрунтових вод залежить від глибини залягання водоносного горизонту відносно земної поверхні. Для середньої частини нашої країни в піщаних ґрунтах сезонні коливання рівня ґрунтових вод при різних глибинах залягання такі: до 2 м – $1 \div 2$ м; від 2 до 5 м – $1 \div 1,5$ м; від 5 до 10 м – $0,5 \div 1,0$ м; більше 10 м – $0,5 \div 0,8$ м; при цьому максимальний рівень спостерігається у квітні та жовтні, мінімальний у серпні та лютому.

Річні та багаторічні коливання рівня підземних вод пов'язані з річними та багаторічними коливаннями кількості опадів. Для умов України циклічність багаторічних коливань кількості опадів становить від 7 до 30 років.

Гідрологічний режим. На режим підземних вод, і особливо на їх рівень, істотно впливає гідрологічний режим поверхневих водоймищ, як природних (річок, озер), так і штучних (водосховищ), з якими підземні води мають взаємозв'язок. Залежно від розташування водоупору запас підзе-

мної води може поповнюватись за рахунок живлення її з відкритих водоймищ або навпаки – підземні води можуть поповнювати поверхневі водоймища (рис. 5.6). Як правило, в Україні в межень (найнижчий рівень води) ґрунтові води вільно стікають у відкриті водоймища, а в повінь відбувається поновлення запасів ґрунтових вод.

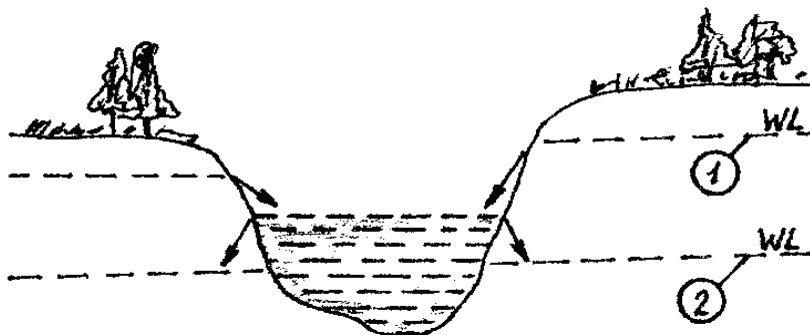


Рисунок 5.6 – Зв’язок між поверхневими та ґрунтовими водами:
1 – ґрунтові води поповнюють водоймище; 2 – водоймище поповнює ґрунтові води; WL – рівень ґрунтових вод

Геологічні фактори мають вирішальне значення при формуванні підземних вод. Установлено, що мінералізація підземних вод, як правило, збільшується з глибиною і в цьому напрямку змінюється і їх хімічний склад. Ця загальна закономірність у формуванні підземних вод зумовлена погіршенням умов їх циркуляції та водообміну.

У зоні активного водообміну підземні води інтенсивно циркулюють, вони переважно слабомінералізовані (прісні), гідрокарбонатно-кальцієві, менше сульфатні. Активно впливають на умови водообміну загальна геологічна будова та рельєф місцевості. До порід з великою водопроникністю, які залягають у верхніх шарах земної кори, як правило, приурочені прісні гідрокарбонатно-кальцієві води. Геологічні структури тут розкриті, водонесні горизонти добре промиті, водообмін проходить інтенсивно. На ділянках, складених слабководопроникними породами або з великою кількістю водоупорів, водообмін утруднений, промитість порід слабка, мінералізація води підвищується, а склад сульфатний та хлоридно-натрієвий.

Антропогенні фактори. На режим підземних вод у багатьох районах істотно впливають антропогенні фактори, тобто діяльність людини. Будівництво штучних водоймищ та водосховищ формує нові водоносні горизонти або підвищує рівень існуючих. Наприклад, на півдні Запорізької та Дніпропетровської областей до будівництва Каховської гідроелектростанції рівень ґрунтових вод знаходився на глибині 35 – 38 м, а нині на глибині 2 – 3 м. У районі Дніпродзержинська рівень ґрунтових вод піднявся на 3 – 5 м.

При зрошенні лишки води, які не затримуються у рослинному шарі, просочуються в товщу гірських порід, поповнюючи підземні води. При цьому відбувається змикання води зрошення з ґрунтовими водами, підняття їх уверх, що часто призводить до засолення родючого ґрунту.

Одним із факторів підвищення рівня ґрунтових вод є витік води з водогонів та каналізації. Наприклад, в Одесі за 50 років експлуатації водопровідної мережі та каналізації рівень ґрунтових вод піднявся на 15 м. У містах та населених пунктах з новим водопроводом втрати води становлять 15 – 18%. Якщо термін експлуатації наближається до 50 років, то втрата води становить 18 – 30%, більше 50 років – понад 50%.

Забудова території та асфальтування місцевості змінюють тепловий режим гірських порід. Відбувається міграція пароподібної води під будівлі та споруди і її конденсація. Наприклад, на забудованій території міста Кривого Рогу за 8 років спостережень рівень ґрунтових вод піднявся на 4 м. Перепад температури становить 4 – 8 °С.

При вирубці лісу має місце зниження рівня ґрунтових вод, а при насадженні – його підвищення.

Основною причиною зниження рівня підземних вод є експлуатація водоносних горизонтів, які для багатьох населених пунктів є основним джерелом водопостачання.

Так, за 50 років експлуатації Московського артезіанського басейну його рівень знизився на 50 м. На Кавказі рівень підземних вод за 30 років експлуатації знизився на 60 м.

5.4 Фізико-хімічні характеристики підземних вод

Підземні води – це складний мінеральний розчин, склад якого змінюється час від часу. Переміщуючись у товщі гірських порід, вони насичуються окисами, солями, газами та продуктами органічного розпаду. Ґрунтові води, як відомо, живляться в основному за рахунок атмосферних опадів, які не є чистою дистильованою водою. Досить сказати, що у районі Києва – Вінниці на 1 м² поверхні випадає за рік 10 г солі (на 1 км² – 10 т).

За мінералізацією, тобто залежно від вмісту розчинених солей, підземні води підрозділяються: на прісні з концентрацією солей до 1 г/л, слабосолоні – 1 – 3, солонуваті – 3 – 10, солоні – 10 – 30, розсолні – 30 – 50 та розсоли – більше 50 г/л. Мінералізацію води визначають за сухим залишком при її випаровуванні за температури 105 – 110 °С.

Жорсткість води характеризується наявністю в ній розчинених сірчаноокислих солей Са та Mg. У нашій країні за одиницю жорсткості прийнято 1 мг-екв/л Са, тобто 20,04 мг на 1 л води. 1 мг-екв чисельно дорівнює атомній вазі, розділеній на валентність (атомна вага Са 40,07, валентність – 2). Замість Са використовують Mg – 12,16 мг-екв на 1 л води.

За жорсткістю води класифікуються як дуже м'які при вмісті у воді

до 1,5 мг-екв/л, м'які – 1,5 – 3,0, помірно жорсткі – 3,0 – 6,0, жорсткі – 6 – 9 та дуже жорсткі – більше 9 мг-екв/л. Жорстка вода дає великий накіп у парових котлах, погано милиться та викликає інші небажані явища.

Агресивність підземних вод проявляється в шкідливій дії їх на бетонні та металеві конструкції.

Загальнокислотна агресія обумовлена наявністю у воді в дисоційованому стані водневих H^+ та гідроксильних іонів OH^- . Один грам чистої води при температурі 22 °C містить 10^{-7} грам-іонів H^+ і стільки ж OH^- . Вираз $lg[H^+]$ позначають як pH , який і є мірою агресивності води (кислотний показник). За цим показником підземні води розділяються на дуже кислі ($pH < 5$), нейтральні ($pH = 7$) лужні ($7 < pH \leq 9$), та дуже лужні ($pH > 9$).

При кислих підземних водах відбувається розчинення та вимивання вапна з бетону, крім цього значного роз'їдання зазнають металеві конструкції під впливом дуже кислих та дуже лужних вод.

Вуглекислотна агресія має місце за наявності у воді агресивної вуглекислоти CO_2 . При взаємодії з водою та вапном цементу утворюється бігидрокарбонат кальцію $Ca(HCO_3)_2$, який швидко розчиняється у воді та вивозиться з бетону.

Сульфатна агресія полягає в утворенні нових кристалічних сполук через надмірний вміст іонів сульфату SO_4^{2-} . Це утворення, яке дістало назву цементної "бацили" ($3CaO \times Al_2O_3 \times 3CaSO_4 \times 31H_2O$) супроводжується збільшенням об'єму цементу в 2 – 3 рази і руйнуванням бетонних конструкцій.

Газу у підземних водах знаходяться у вільному та розчиненому стані. Вони потрапляють у підземні води різними шляхами: при інфільтрації, розкладенні органічних речовин, охолодженні магми і т. ін. Найбільш розповсюджені з них кисень, сірководень, вуглекислота, азот, метан та благородні газу (гелій, аргон, радон та інші). Газу, особливо кисень, як у вільному, так і у розчиненому стані, спричинюють корозію металоконструкцій.

Гігієнічність підземних вод, тобто придатність їх для пиття, оцінюється такими характеристиками: кольором, прозорістю, смаком, запахом, наявністю хвороботворних бактерій та важких металів. Вода для пиття повинна бути смачною, прозорою, безколірною, не мати ніяких запахів. Забарвлення підземних вод залежить від наявності різних домішок. Так, вміст різних окисів заліза додає воді коричневого відтінку, а гумінових кислот – жовтого. Крім цього, наявність у воді гумінових кислот додає їй болотного запаху. Сульфати надають гірко-солоного смаку, а хлориди – солоного.

З точки зору медицини придатність для пиття визначається наявністю у воді кишкової палички $Coli$. Кількість цих бактерій визначається колітестом або колі-титром. Колі-тест – це кількість одиниць кишкової палички в 1 л води, а колі-титр – кількість cm^3 води, яка містить 1 бактерію. Вода

придатна для пиття, коли колі-тест не перевищує 3, а колі-титр 300 – 700 см³.

Державними стандартами регламентується вміст у воді шкідливих важких металів: свинцю не більше 0,1 мг/л, миш'яку – 0,05, фтору – 1,5, міді – 3 та цинку на більше 3 мг/л.

5.5 Рух підземних вод

Підземна вода знаходиться в порах, тріщинах та порожнинах гірських порід і рухається за загальними законами руху рідини, який може протікати у двох формах: ламінарної та турбулентної течій.

Ламінарна течія – пересування частинок рідини в потоці досконало правильними паралельними цівками.

Турбулентна течія – це пересування частинок рідини в потоці по траєкторіях у різних напрямках, так званий вихровий рух. Рух підземних вод дуже уповільнений і тому протікає ламінарно.

Для визначення закономірності руху підземних вод виділимо у підземному водоносному горизонті елементарний потік *abcd* і підрахуємо, яка кількість води протікає за одиницю часу (рис. 5.7).

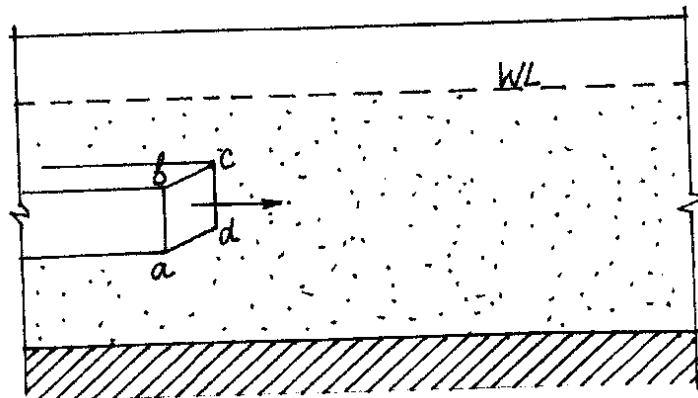


Рисунок 5.7 – Схема визначення дебіту водоносного горизонту

Кількість води Q , що протікає за одиницю часу, прямо пропорційна площі поперечного перерізу елементарного потоку A , гідравлічному градієнту (напору) I та деякому коефіцієнту пропорційності k_f . Таким чином,

$$Q = AIk_f. \quad (5.2)$$

Розглянемо одиниці виміру формули (5.2): A – м², Q – м³/с, I – у долях одиниці, отже, розмірність k_f – м/с. Розділимо праву та ліву частини на площу потоку A

$$q = k_f I, \quad (5.3)$$

де q – витрата води за одиницю часу через одиницю площі, яка дістала назву швидкості руху підземних вод і позначається як V

$$V = k_f I. \quad (5.4)$$

Вираз (5.4) дістав назву закону руху підземних вод, встановленого у 1856 р. французьким гідрогеологом Дарсі: швидкість руху підземних вод прямо пропорційна гідравлічному градієнту.

Коефіцієнт пропорційності k_f називається коефіцієнтом фільтрації, визначається експериментально, залежить від типу порід і чисельно дорівнює швидкості руху води при $I = 1$.

Гідравлічний, або напірний, градієнт визначається як відношення різниці рівнів підземних вод між двома точками по лінії течії до відстані між цими точками (рис. 5.8).

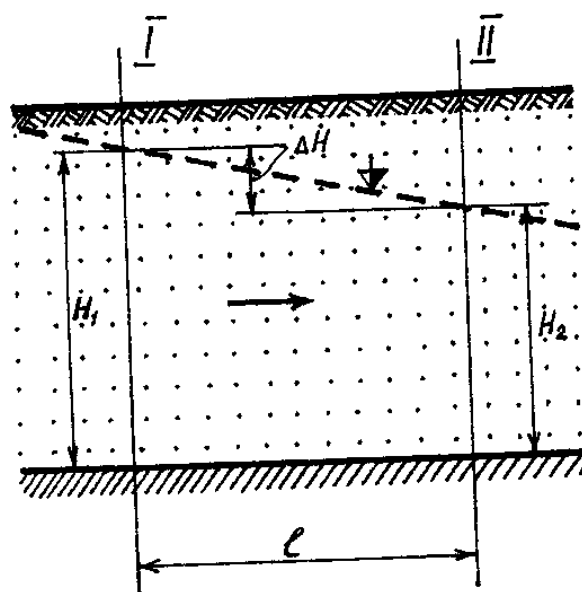


Рисунок 5.8 – Схема руху ґрунтової води

$$I = (H_1 - H_2) / l. \quad (5.5)$$

Швидкість руху, визначена за формулою (5.4), не є дійсною швидкістю, а значно меншою при одному і тому ж гідравлічному градієнті. Це пояснюється тим, що вода фільтрується не по всій площі A , а по тій частині, де є пори. Дійсна швидкість руху води

$$V = k_f I / n, \quad (5.6)$$

де n – пористість породи, тобто частина площі в долях одиниці, яка припадає на пори.

Проте на практиці швидкість руху підземних вод все-таки визначають за формулою (5.4), тому що коефіцієнт фільтрації, який визначається експериментально, якраз і ураховує величину пористості.

Коефіцієнт фільтрації, а отже і швидкість руху, суттєво залежить від температури води. У довідковій літературі наводяться коефіцієнти фільтрації при температурі 10 °С. Для визначення k_f при будь-якій температурі користуються формулою

$$k_f^t = k_f^0 (0,7 + 0,03t), \quad (5.7)$$

де k_f^t та k_f^0 – коефіцієнти фільтрації відповідно при будь-якій температурі та температурі 10 °С;

t – температура в градусах.

Для визначення коефіцієнта фільтрації використовують лабораторні та польові методи.

У лабораторних умовах коефіцієнт фільтрації визначається на різних приладах, які мало чим відрізняються від приладу Дарсі (рис. 5.9). Це прилади Тіма, Тіма – Каменського, трубки Спецгео, КФ та інші.

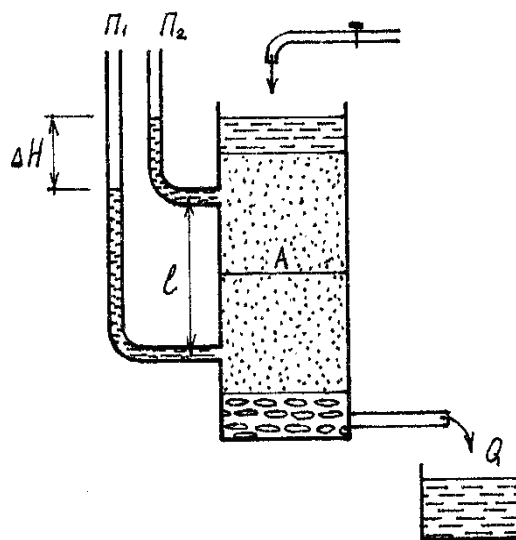


Рисунок 5.9 – Схема приладу для визначення коефіцієнта фільтрації пісків

Принцип роботи цих приладів такий. У циліндричну посудину з двома боковими п'єзометрами Π_1 та Π_2 кладуть дослідний зразок ґрунту. Через нього фільтрують воду під деяким тиском. Знаючи площу поперечного перерізу посудини A та вимірявши кількість профільтрованої води за певний час, коефіцієнт фільтрації в м/добу при певній температурі обчислюють за формулою

$$k_f = 864 \cdot (Ql / At \Delta H), \quad (5.8)$$

де Q – кількість профільшованої води, см³;
 ℓ – відстань між п'езометрами, см;
 t – час фільтрації, с;
 ΔH – перевищення рівнів води п'езометрів;
 864 – перевідний коефіцієнт з см/с в м/добу.

Для визначення коефіцієнта фільтрації у польових умовах перш за все необхідно визначити напрям руху підземних вод, так звану лінію течії. За наявності гідрогеологічної карти лінію течії визначають за допомогою гідроізогіпс. За відсутності такої карти потрібно пробурити не менше трьох свердловин, розташованих за трикутником. На основі виміру сталого рівня підземних вод визначають лінію з однаковими абсолютними відмітками води. Нормаль цієї лінії в сторону зменшення абсолютних відміток і є напрямом руху підземних вод або лінією течії (рис. 5.10).

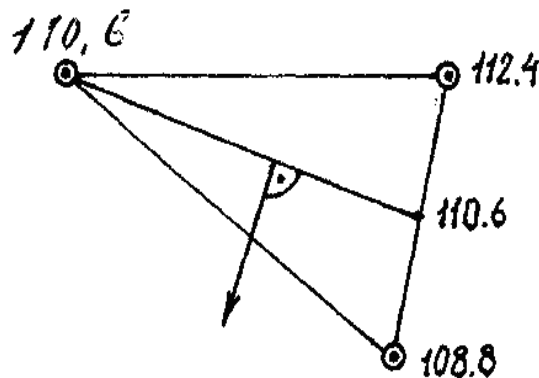


Рисунок 5.10 – Схема визначення напрямку руху ґрунтових вод

Для визначення коефіцієнта фільтрації: за лінією течії пробурюють дві свердловини, причому одну з них, дослідну, розташовують вище за течією, а другу, спостережну, розташовують нижче за течією.

Для вимірювання швидкості руху підземних вод, а отже і коефіцієнта фільтрації, використовують хімічний, колориметричний, електролітичний методи та метод дослідних відкачувань.

Хімічний метод. З дослідної свердловини відкачують певну кількість води, розчиняють у ній легкорозчинні солі – NaCl, CaCl₂, хлористий амоній та інші і закачують цей розчин знову у дослідну свердловину, засікаючи при цьому час. З спостережної свердловини періодично відкачують воду і визначають за допомогою різних реагентів час появи розчину і максимальну його концентрацію. Реагентом на Cl є азотнокисле срібло, яке змінює свій колір. Знаючи відстань між свердловинами l , гідравлічний градієнт I , час руху t , визначають швидкість руху та коефіцієнт фільтрації за формулою

$$k_f = l/It. \quad (5.9)$$

Цей метод неприпустимий за наявності у воді хлоридів.

Колориметричний метод. У дослідну свердловину запускають деяку кількість легкокорозчинної фарби: флюорисцин, метиленову синьку та ін. Частіше використовують флюорисцин, оскільки він помітний при дуже маленьких концентраціях (1:10 млн). Розчин фарби занурюють у свердловину у скляній пляшці, яку потім розбивають буровим наконечником, засікаючи час. З спостережної свердловини періодично відкачують воду і засікають час появи забарвлення. Коефіцієнт фільтрації визначають за формулою (5.9).

Електролітичний метод. Перші два методи визначення коефіцієнта фільтрації є не зовсім точними тому, що відбір проб із спостережної свердловини носить дискретний характер, тобто час появи мінералізованого розчину або забарвленої води можна пропустити. Більш точним є електролітичний метод, який застосовується для визначення коефіцієнта фільтрації немінералізованої води. Суть цього методу полягає ось у чому. У дослідну та спостережну свердловини занурюють голкофільтри, до яких приєднують електропристрій, що складається з блока живлення, амперметра та комутатора з самописцем (рис. 5.11).

У дослідну свердловину заливають певну кількість розчину з легкокорозчинної солі. Пропускають струм і фіксують час та зміну електроопору води (рис. 5.11). Знаючи відстань між свердловинами та час проходження розчину, швидкість руху води визначають за формулами

$$V = l/t_1; \quad V = l/t_2, \quad (5.10)$$

де t_1 – час появи мінералізованого розчину;
 t_2 – час проходження максимуму його концентрації.

Першу формулу використовують для визначення припливу води до будівельних котлованів, другу – для водопостачання.

Дослідне відкачування є найбільш точним методом визначення швидкості руху підземних вод, та коефіцієнта фільтрації, крім того, цей метод дозволяє визначити дебіт водоносного горизонту та радіус депресії (див. підрозділ 5.6).

Для цього пробурюють декілька свердловин паралельно та перпендикулярно до лінії течії. З центральної свердловини роблять відкачування води до тих пір, поки не знизиться рівень у сусідніх свердловинах на деяку сталу величину. При відомих відстані між свердловинами, гідравлічному градієнті, дебіті центральної свердловини (дебіт – об'єм води, який дає свердловина протягом тривалого часу), площі поперечного перерізу свердловини коефіцієнт фільтрації та швидкість руху підземних вод визначають, виходячи з формул (5.2) та (5.4).

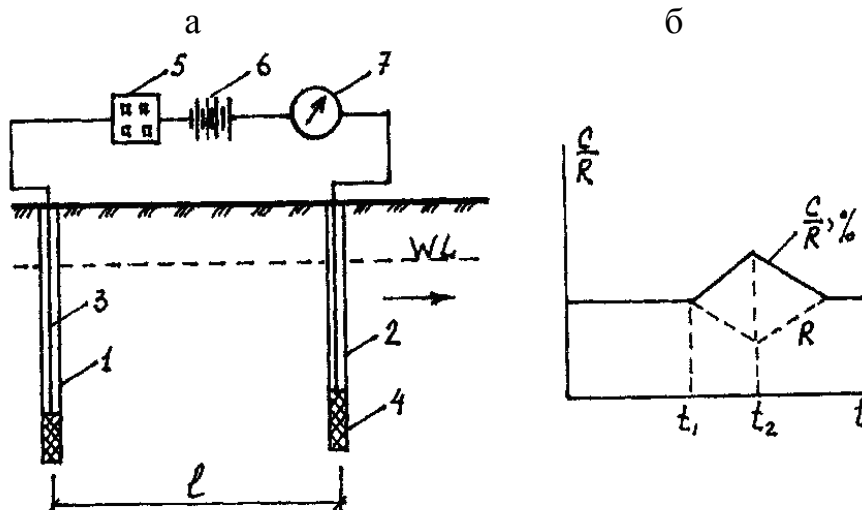


Рисунок 5.11 – Схема для визначення швидкості фільтрації:
 а – обладнання свердловин; б – графік зміни концентрації солей та опору ґрунтової води; 1 – дослідна свердловина; 2 – спостережна свердловина; 3 – голкофільтри; 4 – фільтри; 5 – комутатор; 6 – генератор струму; 7 – амперметр

Орієнтовні значення коефіцієнтів фільтрації такі: крупноуламкові породи (галька, щебінь, жорства) та сильно тріщинуваті скельні породи – 100 – 1000 м/добу; пісок крупний – 20 – 50; пісок середньої крупності – 5 – 20; пісок дрібний – 5 – 10 ; пісок пилюватий – 1 – 5; супісок – 1 – 2; суглинок 0,1 – 1; глина – 0,1 – 0,001 м/добу і менше.

Умови залягання та розповсюдження підземних вод відображаються на гідрогеологічних картах, які складаються на топооснові і на певну пору року. Поверхня (дзеркало) підземних вод зображається на картах у вигляді ізоліній – гідроізогіпс (грецьк. "гідро" – вода, "іzos" – рівний, "гіпсос" – висота) – ліній, що з'єднують однакові абсолютні (або відносні) відмітки дзеркала підземних вод.

Для побудови гідрогеологічної карти пробурюють ряд розвідувальних свердловин за певною сіткою. За допомогою мірної хлопавки вимірюють сталий рівень ґрунтових вод, а топографічним методом визначають абсолютні відмітки гирла свердловин та дзеркала підземних вод. Арифметичним методом або за допомогою палетки знаходять точки з однаковими відмітками поверхні підземних вод через певний крок (як правило, 0,5 – 1 м), які з'єднують плавними кривими (рис. 5.12).

Гідроізогіпси мають всі властивості горизонталей. За допомогою такої карти можна визначити глибину до води у будь-якій точці як різницю між відмітками поверхні та дзеркала підземних вод, напрям руху, гідравлічний градієнт, а за необхідності і запроектувати дренажну систему.

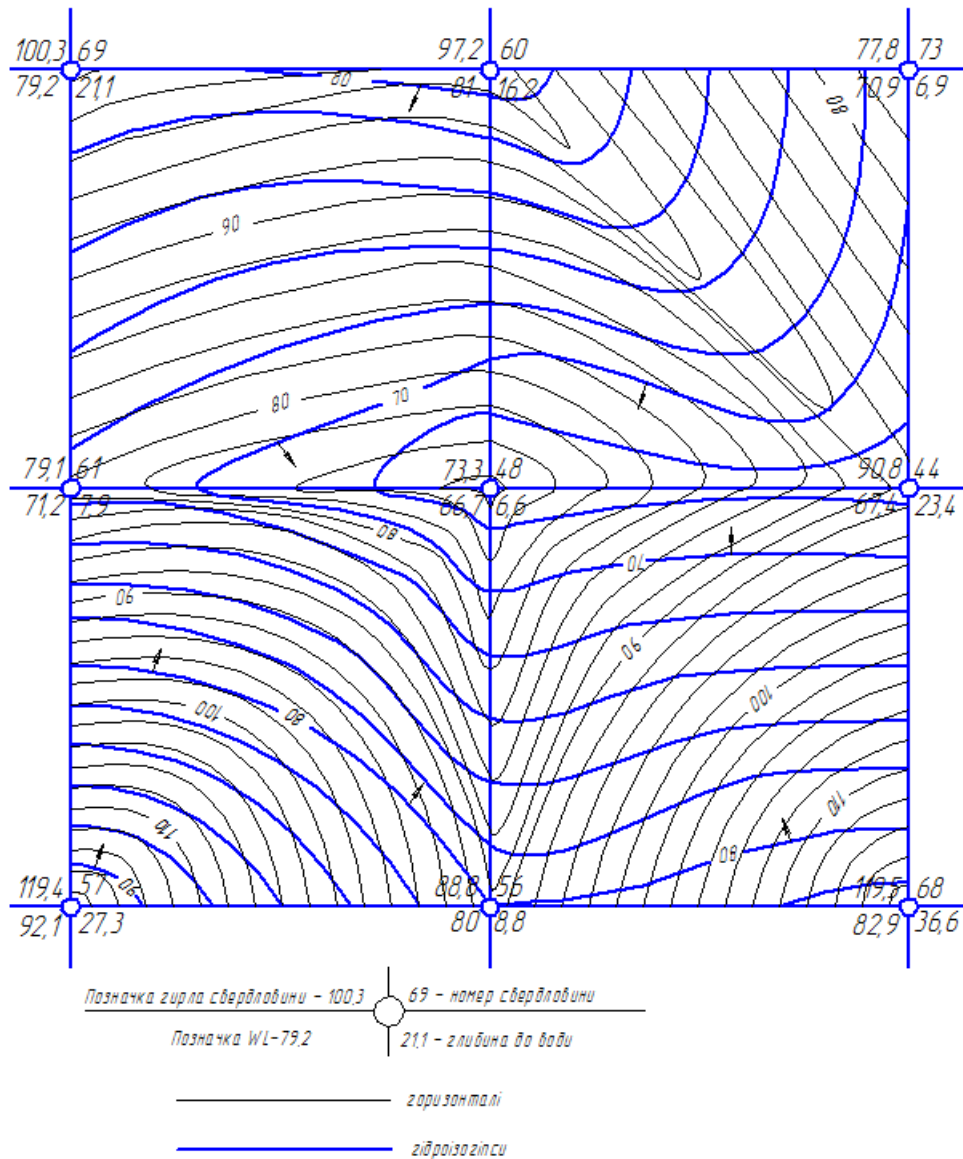


Рисунок 5.12 – Карта гідроізогіпс

5.6 Приплив води до водозабірних свердловин

Для розробки системи водозниження, осушення будівельних котлованів та водопостачання використовують найбільш розповсюджений тип водозабірних споруд – свердловини. Якщо глибина свердловини (колодязя) сягає водоупору, тобто пронизує весь водоносний шар, то таку свердловину називають досконалою. У випадку, коли дно свердловини залишається у водоносному шарі, її називають недосконалою (висячою). Свердловини, які розкривають безнапірні (грунтові) води, називають ґрунтовими.

При відкачуванні води з водоносного горизонту в самій свердловині і навколо неї на деякій відстані рівень води знижується, причому найбільше зниження має місце у свердловині, а чим далі від неї, тим зниження

рівня менше і на деякій відстані зовсім зникає. Це пояснюється опором руху води з боку частинок гірських порід.

Через деякий час після початку відкачування зниження рівня води у свердловині та навколо неї припиняється, а це означає, що кількість води, яка надходить до свердловини, дорівнює кількості води, яку з неї викачують, тобто встановлюється так званий динамічний рівень. Таким чином, навколо свердловини, з якої відкачують воду, утворюється депресійна поверхня. Крива, яка обмежує депресійну поверхню, називається депресійною кривою (рис. 5.13). Рух підземних вод до свердловини відбувається у вигляді радіального потоку.

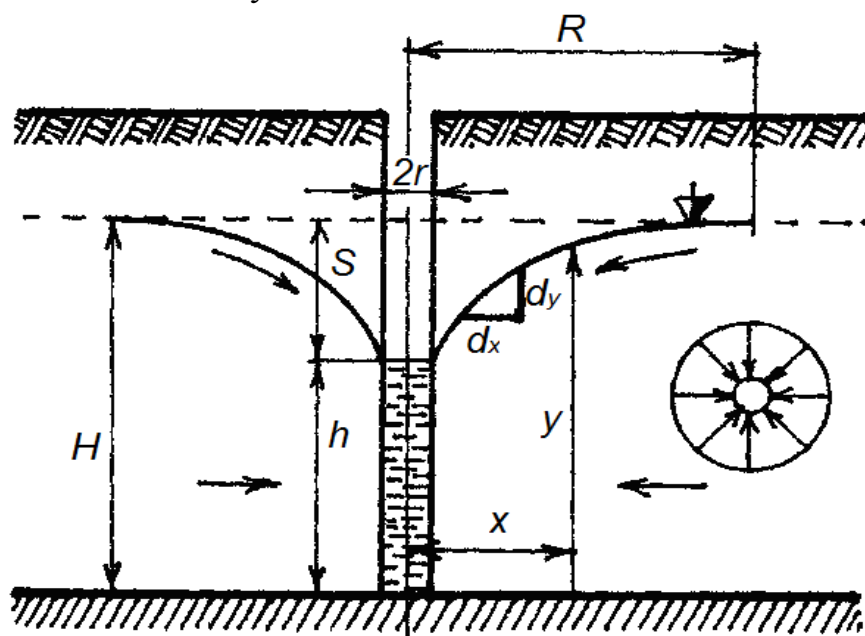


Рисунок 5.13 – Приплив води до досконалої свердловини:

H – потужність водоносного шару; R – радіус кривої депресії; r – радіус свердловини; S – зниження рівня води після відкачування; h – висота зниженого стовпа води в свердловині

Для визначення дебіту (кількість води, яка може викачуватись протягом тривалого часу) досконалої свердловини використовують закон Дарсі. Відповідно до рис. 5.13 прийнято такі позначення величин:

- H – потужність водоносного шару, м;
- h – динамічний рівень води у свердловині після зниження, м;
- S – величина зниження рівня води, м;
- R – радіус поверхні депресії, м;
- r – радіус свердловини, м;
- x та y – поточні координати, м.

Для того, щоб визначити дебіт, треба знати площу поверхні, через яку надходить вода до свердловини. Вода просочується через поверхню, концентричну з поверхнею самої свердловини, і являє собою поверхню циліндра зі змінними радіусом x та висотою y .

Таким чином,

$$A = 2\pi x y. \quad (5.11)$$

Гідравлічний градієнт на елементарній ділянці кривої депресії.

$$I = dy/dx. \quad (5.12)$$

Підставляючи вирази (5.11) та (5.12) у формулу (5.2), одержимо

$$Q = 2\pi k_f x y \frac{dy}{dx}. \quad (5.13)$$

Розділимо змінні x та y

$$2y dy = (Q/\pi k_f) \cdot (dx/x). \quad (5.14)$$

Інтегруємо ліву та праву частини рівняння (5.14):

$$y^2 = \frac{Q}{\pi k_f} \ln x + c, \quad (5.15)$$

де c – стала інтегрування.

Для визначення сталої інтегрування використаємо граничні умови. Згідно з розрахунковою схемою, змінна y змінюється від h до H , а x – від r до R в межах потужності водоносного горизонту, причому якщо $y = H$, то $x = R$, а при $y = h$ $x = r$. Таким чином, маємо

$$\begin{aligned} H^2 &= \frac{Q}{\pi k_f} \ln R + C; \\ h^2 &= \frac{Q}{\pi k_f} \ln r + C. \end{aligned} \quad (5.16)$$

Віднявши від першого рівняння друге та розв'язавши відносно Q , одержимо:

$$Q = \pi k_f \frac{H^2 - h^2}{\ln R - \ln r}. \quad (5.17)$$

Ураховуючи, що $H - h = S$, формула (5.17) набуває такого вигляду:

$$Q = \pi k_f \frac{S(2H - S)}{\ln(R/r)}. \quad (5.18)$$

Цю формулу для визначення дебіту досконалої свердловини вперше одержав французький гідрогеолог Дюпюї. Щоб її використати, необхідно знати радіус депресії, величина якого залежить від типу гірської породи та її щільності. Він визначається за допомогою дослідних відкачувань, а для орієнтовних розрахунків можна брати такі величини: крупкоуламкові та сильно тріщинуваті скельні породи – 400 – 600 м; пісок крупний – 200 –

400, пісок середньої крупності – 100 – 200; пісок дрібний – 50 – 100; пісок пилюватий – 30 – 50; супісок – 20 – 40 м.

Крім того, радіус депресії можна визначити за емпіричною формулою І. П. Кусакіна

$$R = 575(H - h)\sqrt{Hk_f}, \quad (5.19)$$

де k_f вимірюється у м/с.

Ураховуючи, що одна доба складає 86400 секунд і $H - h = S$, одержимо

$$R = 1,96S\sqrt{Hk_f}. \quad (5.20)$$

У випадку недосконалої свердловини її дебіт визначається за формулою (5.18). У ній замінюють H на H_a .

$$Q = \pi k_f \frac{S(2H_a - S)}{\ln R - \ln r}, \quad (5.21)$$

де H_a – потужність активної зони від дзеркала ґрунтових вод, на яку розповсюджується відкачування води.

За Є. О. Замарінім потужність активної зони залежить від величини зниження рівня S та висоти стояння води у свердловині L і визначається такими співвідношеннями.

Величина зниження, м	Потужність активної зони, м
$S = 0,2 L$	$H_a = 1,3 L$
$S = 0,3 L$	$H_a = 1,5 L$
$S = 0,5 L$	$H_a = 1,7 L$
$S = 0,8 L$	$H_a = 1,85 L$
$S = L$	$H_a = 2,0 L$

Для визначення припливу води до будівельного котлована, дно якого досягає водоупору, скористаємося законом Дарсі (формула (5.2)). У цьому випадку площа, через яку надходить вода до котлована, дорівнює

$$A = By, \quad (5.22)$$

де B – ширина або довжина котловану, зі стінок якого просочується вода;

y – змінні значення потужності водоносного горизонту в межах радіуса депресії (рис. 5.14).

Витрата води на будь-якій ділянці кривої депресії становить

$$Q = Byk_f \frac{dy}{dx}. \quad (5.23)$$

Розділивши змінні та проінтегрувавши це рівняння, одержимо

$$y^2 = \frac{2Q}{k_f B} x + c, \quad (5.24)$$

де c – стала інтегрування.

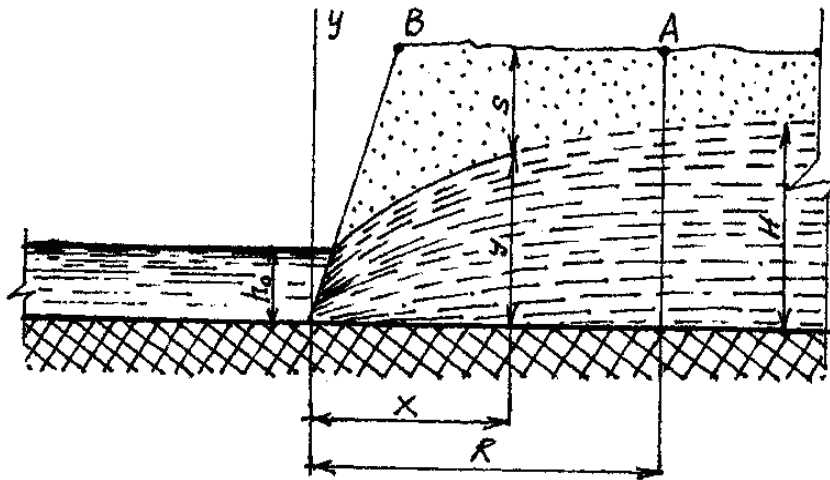


Рисунок 5.14 – Схема для визначення припливу води до будівельного котлована

Для визначення кількості води, що надходить в котлован, скористуємося граничними умовами: при $x = R, y = H$, а при $x = 0, y = h_0$, таким чином:

$$H^2 = \frac{2Q}{k_f B} R + c, \quad (5.25)$$

$$h^2 = c. \quad (5.26)$$

Віднявши друге рівняння від першого та розв'язавши відносно Q , одержимо:

$$Q = Bk_f(H^2 - h_0^2) / 2R. \quad (5.27)$$

Якщо для водозниження влаштовують каналу, яка буде збирати воду з двох сторін при однакових умовах фільтрації, то величина припливу води до каналу буде у два рази більшою

$$Q = (H^2 - h_0^2) Bk_f / R. \quad (5.28)$$

5.7 Боротьба з підземними водами при зведенні та експлуатації споруд

При високому рівні ґрунтових вод у період будівництва та експлуатації споруд застосовують штучне водозниження. Вибір раціонального способу водозниження залежить від характеру споруджуваного або побудованого об'єкта, геологічної будови та гідрогеологічних умов будівельного майданчика.

Тимчасове зниження рівня ґрунтових вод застосовують на період будівництва і називають будівельним водозниженням, а довгочасне – на період експлуатації споруд, і його називають дренажем.

Залежно від призначення та геологічних умов застосовують горизон-

тальні, вертикальні та комбіновані дренажні системи.

Горизонтальний дренаж забезпечує водозниження за допомогою канав, траншей та підземних галерей, які мають певний нахил у сторону їх підведення до відкритих водоймищ або у мережу зливової каналізації.

Горизонтальний дренаж може бути відкритим (тимчасове водозниження) та закритим (рис. 5.15). Найбільш простим та дешевим способом зниження рівня ґрунтових вод є відкритий дренаж. Але при ньому ґрунтові води можуть викликати обвалювання стінок канав, обпливання укосів котлованів та інші небажані явища.

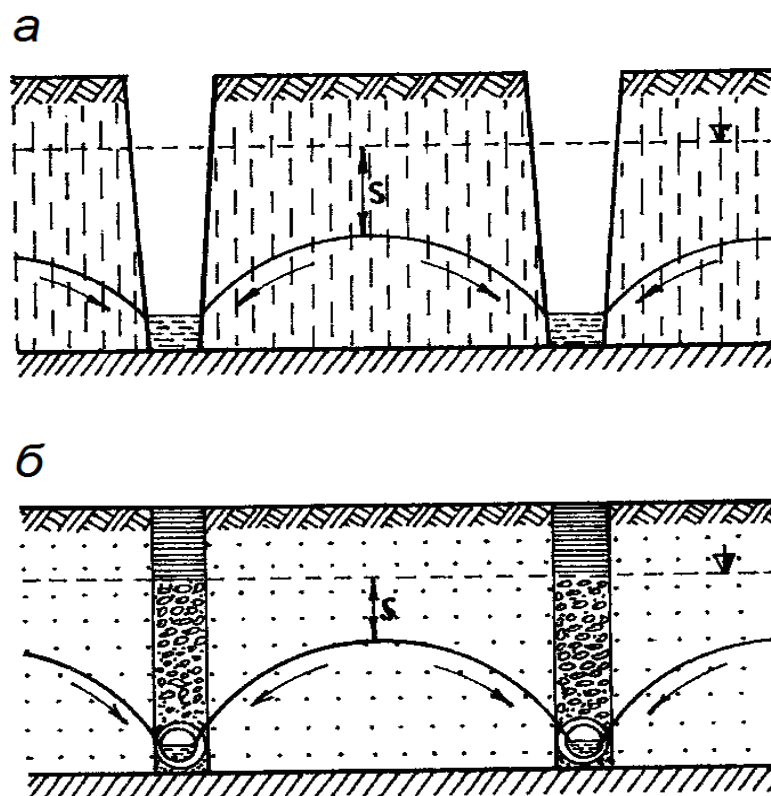


Рисунок 5.15 – Дренажні траншеї:
а – відкриті; б – закриті

При закритому дренажі на дно траншеї кладуть перфоровані труби різного діаметра залежно від дебіту водоносного горизонту. При цьому живий переріз труби, тобто рівень води, що заповнює трубу, не повинен перебільшувати $2/3$ її діаметра. Для запобігання замулення її обсіпають декількома шарами піску та гравію. Глибина горизонтальних дрен не більше 5 – 6 м.

Вертикальний дренаж забезпечує зниження рівня ґрунтових вод за допомогою водознижувальних свердловин, відкачуванням насосами або водоскидом у нижчі водопроникні ненасичені водою гірські породи.

Найбільш розповсюдженим способом водозниження є система голкофільтрів з тонких металевих труб, які заглиблюють навколо котлована

або по лінії, перпендикулярній течії ґрунтових вод. Нижні кінці труб обладнані фільтрами, а верхні приєднують до всмоктувального колектора. Легкий голкофільтровий пристрій знижує рівень ґрунтових вод на 4,5 – 5 м у піщаних породах з коефіцієнтом фільтрації від 1 – 2 до 40 ÷ 50 м/добу. Для зниження рівня води у піщаних породах та супісках з $k_f = 0,01 \div 1,0$ м/добу застосовують ежекторні голкофільтри, за допомогою яких у водонасичених ґрунтах утворюється вакуум, покращується водовіддача та посилюється ефект водозниження.

Якщо відстань між свердловинами менша двох радіусів депресії, то при одночасному відкачуванні води такі свердловини взаємодіють. Це призводить до змикання кривих депресії, утворення загальної зони зниження рівня підземних вод (рис. 5.16).

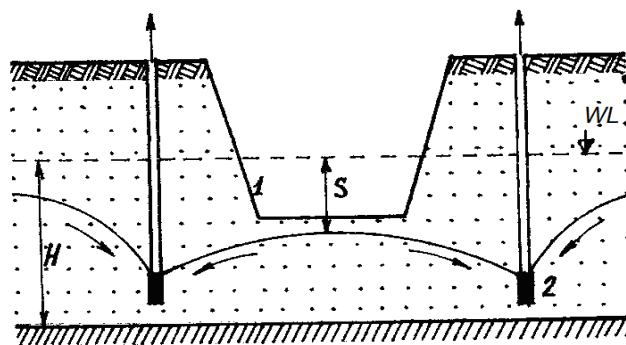


Рисунок 5.16 – Осушення будівельного котловану голкофільтрами:
1 – будівельний котлован; 2 – голкофільтри

Сумарний дебіт взаємодіючих свердловин при одному і тому ж рівні зниження завжди менший, ніж сума дебітів окремих свердловин. Зменшення дебіту взаємодіючих свердловин викликано тим, що у кожній з них при одночасному відкачуванні води відбувається зниження загального рівня підземних вод.

Інтенсивність взаємодії водозабірних свердловин залежить від відстані між ними, параметрів водоносного шару, дебіту окремої свердловини тощо. Чим ближче розташовані свердловини, тим більший ефект взаємодії, тобто тим більше знижується рівень підземних вод.

Необхідну величину зниження при взаємодіючих свердловинах можна визначити за формулою Форхгеймера

$$S = H \sqrt{H^2 - \frac{Q_B}{\pi k_f} \left[\ln R - \ln(x_1, x_2 \dots x_n)^{\frac{1}{n}} \right]}, \quad (5.29)$$

де Q_B – сумарний дебіт взаємодіючих свердловин, м³/добу;

R – радіус депресії групи взаємодіючих свердловин, м;

x_1, x_2, x_n – відстані від точки, для якої визначається зниження, до відповідних свердловин, м.

Сумарний дебіт взаємодіючих свердловин теж визначають за формулою Форхгеймера

$$Q = \frac{\pi k_f S (2Ha - S)}{\ln R - \ln(x_1, x_2 \dots x_n)^{\frac{1}{n}}}. \quad (5.30)$$

Радіус депресії групи взаємодіючих свердловин можна визначити за формулою І. П. Кусакіна.

Залежно від конфігурації в плані споруд застосовують лінійні, кільцеві (контурні) та площинні водознижувальні системи.

Лінійні системи водознижувальних установок використовують для захисту витягнутих в плані виробок типу траншей.

Кільцеві (або контурні) установки використовують при значних розмірах осушуваної зони, коли лінійні системи не можуть осушити водоносний пласт. Залежно від потрібної глибини зниження і складності гідрогеологічних умов використовують один або декілька контурів водознижувальних установок.

Площинні системи водознижувальних установок застосовують для зниження рівня підземних вод в межах усєї осушуваної зони.

При тривалому водозниженні (дренаж) застосовують головний береговий (лінійні системи), кільцевий (контурні системи) та систематичний (площинні системи) дренажі.

Головний дренаж використовують для зниження рівня ґрунтових вод, живлення яких відбувається зі сторони. Ґрунтові води перехоплюються горизонтальними або вертикальними дренами, які закладають вище осушуваної ділянки (рис. 5.17).

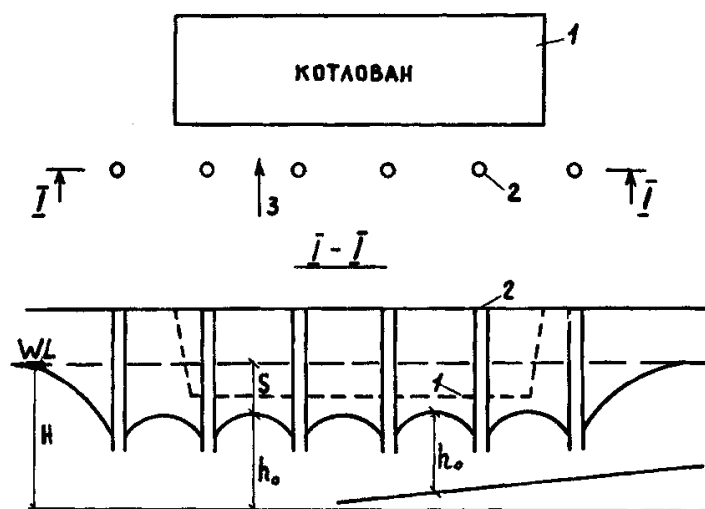


Рисунок 5.17 – Головний дренаж (план і розріз):

1 – котлован; 2 – вертикальні дрени; H – потужність водоносного горизонту; S – величина зниження рівня ґрунтової води; h – висота зниженого рівня води; WL – рівень ґрунтових вод

Береговий дренаж застосовують для перехоплення підземних вод, розташованих поблизу відкритих водоймищ. За його допомогою відводять фільтраційний потік, який рухається у берегову зону ріки у період повені при підвищенні рівня води у водоймищі.

Кільцевий дренаж проектують для боротьби з підтопленням окремих споруд з глибокими фундаментами, наприклад, підземних ємностей і резервуарів (рис. 5.18).

Він може забезпечити повне перехоплення води по контуру осушуваної ділянки, знизити напори та рівні підземних вод і тим самим запобігти спливанню підземних ємностей при їх спорожненні.

Систематичний дренаж доцільний для осушення рівнинної ділянки з неглибоким заляганням підземних вод. Дренаж складається з окремих дрен, які забирають воду з ґрунту, та колектора, який відводить воду за межі дренажної зони.

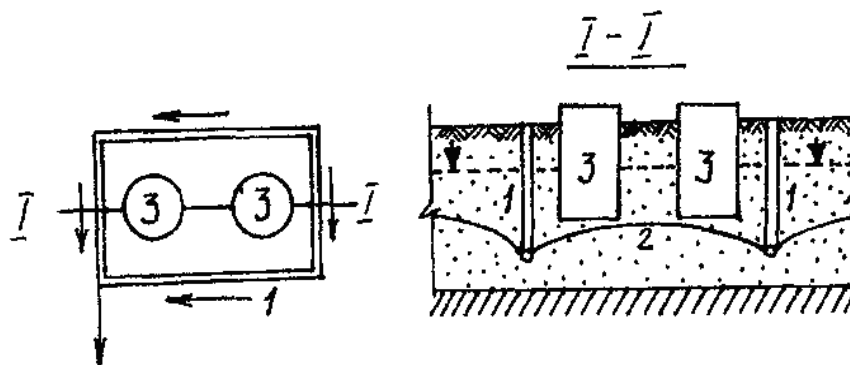


Рисунок 5.18 – Кільцевий дренаж горизонтального типу:

1 – кільцева дрена; 2 – знижений рівень ґрунтових вод; 3 – резервуари

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що вивчає гідрогеологія?
2. Які види води знаходяться в гірських породах?
3. За якими ознаками і як класифікуються підземні води?
4. Назвіть основні фактори, які впливають на режим ґрунтових вод.
5. Як розділяються підземні води за мінералізацією?
6. Що таке жорсткість води і як вона розділяється за цією ознакою?
7. Як утворюється верховодка і чим вона небезпечна для будівництва?
8. Назвіть види агресії підземних вод та характер їх впливу на будівельні конструкції.
9. Сформулюйте і запишіть закон Дарсі.
10. Що таке коефіцієнт фільтрації і як він визначається у польових умовах?
11. Що таке гідрогеологічна карта і яку інформацію вона несе?
12. Як визначити напрям руху підземних вод по карті і у польових умовах?
13. Як здійснюється боротьба з ґрунтовими водами під час будівництва та експлуатації споруд?

6 ТЕКТОНІКА ЗЕМНОЇ КОРИ (ЕНДОГЕННІ ПРОЦЕСИ)

6.1 Поняття про природні геологічні процеси

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

Природні геологічні процеси поділяються на дві великі групи: ендегенні (грецьк. "ентос" – внутрішньо), що породжуються внутрішніми силами, та екзогенні (грецьк. "ексо" – зовні), обумовлені зовнішніми силами. До ендегенних процесів відносяться: магнетизм, вулканізм та тектонічний рух. До екзогенних: вивітрювання, геологічна діяльність водних потоків, вітру, льодовиків та ін.

6.2 Тектонічний рух

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

Колівальний рух – найбільш розповсюджена форма тектонічного руху. Цей рух проявляється у дуже повільному, непомітному для очей, підніманні та опусканні окремих ділянок земної кори під впливом внутрішніх сил Землі та космосу.

Класичною областю вікових підняття є Скандинавія. Найбільша швидкість підняття спостерігається на північних берегах Ботнічної затоки і досягає майже 1 см/рік. За останні 25 тис. років висота підняття склала понад 250 м (рис. 6.1). Про це свідчать п'ять морських терас, з яких найвища знаходиться на висоті 176 м, найнижча 5,5 м над рівнем моря. З історії відомо, що в 1620 р. на березі цієї затоки були збудовані гавань Торкео та причали для прийому великих кораблів, а у 1724 р. у зв'язку з швидким підйомом берега причали опинилися далеко від води. Підраховано, що за рахунок підняття площа Фінляндії збільшується за кожні 100 років приблизно на 7000 км².

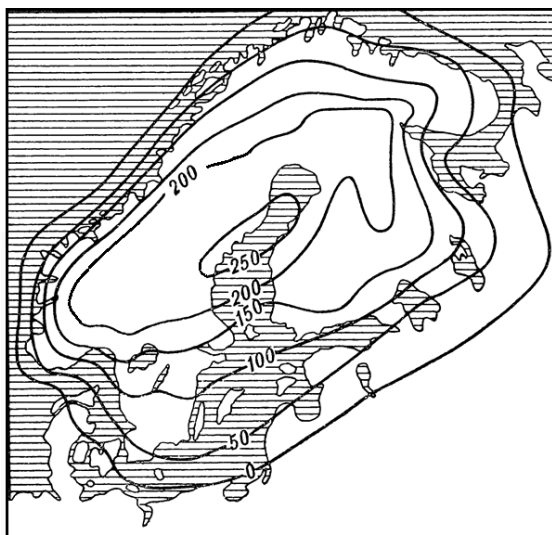


Рисунок 6.1 – Підняття Скандинавії. Ізолінії показують підйом у метрах за останні 25000 років

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

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

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



Рисунок 6.2 – Опускання суші Західної Європи
1 – затоплена прадавня суша; 2 – сучасна суша

Ознаки новітніх підняттяв: морські тераси, берегові вали і ніші, підняті над сучасним рівнем моря; розширення площі, зайнятої прибережними мілинами, шхерами, півостровами, розширення намивного берега; морські відкладення, виявлені на суші далеко від берегів; річкові тераси, дельти (не завжди); кайнозойські відкладення і денудаційні поверхні, підняті над рівнем місцевості, іноді зігнуті і розірвані; підняття над рівнем моря коралових рифів.

Ознаки новітніх опускань: залитий водами моря ерозійний рельєф – тераси, річкові долини, фіорди, каньйони; затоплені долини річок, лимани; занурені значно нижче рівня моря коралові рифи.

Цей перелік далеко не повний. Сучасні ж рухи найнаочніше виявляються за історичними та археологічними ознаками, а також за даними точних повторних нівеліровок і триангуляції.

Відомі окремі ділянки зі змінними підняттями та опусканнями. Наочним прикладом служить Неаполітанська затока. У 1749 р. на березі цієї затоки поблизу Неаполя були знайдені руїни стародавнього храму Юпітера – Серапіса, збудованого у 105 р. до н.е. На поверхні трьох 12-метрових колон на висоті від 3,5 до 5,3 м над п'єдесталом збереглися сліди діяльності морських моллюсків. Це свідчить про те, що храм занурювався в море до цих відміток. Установлено, що у XVI ст. колони храму вийшли з води, а на початку XIX ст. вони почали занурюватись знову. У 1978 р. п'єдестал колон знаходився на 0,65 м нижче рівня моря, а зараз вони затоплені більше, ніж на 2 м, тобто швидкість опускання протягом цього часу становить понад 14 см/рік.

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

З коливальним рухом пов'язане постійне переміщення морських берегів, наступ моря на сушу називається трансгресією (лат. "транс гресіо" – перехід), а відступ – регресією (лат. "регресіо" – рух назад).

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

Найкрупніша за всю історію Землі регресія моря спостерігалась у палеозойську еру (320 млн. р. тому). Це привело до з'єднання Північно-Американського та Європейського материків в один великий Північно-Атлантичний материк (див. п. 6.3).

Земна кора відчуває деформації практично всюди. В даний час можна спостерігати не тільки коливальні, а й складкоутворювальні рухи. Вони виражаються в диференційованих переміщеннях земної кори, в зростанні складок і рухах блоків по розривах, в нахилах і вигинах поверхні Землі і, насамкінець, формуванні рельєфу.

С к л а д ч а с т и й р у х. Вертикальні та горизонтальні переміщення окремих ділянок земної кори призводять до порушень первісного заля-

гання товщ гірських порід. Розрізняють два типи порушень: нерозривні, або пликативні (лат. "плико" – складати), та розривні, або диз'юктивні (лат. "диз'юнго" – роз'єднувати).

Пликативні порушення виражаються у хвилеподібному вигині шарів гірських порід без розриву їх суцільності з утворенням складок. Складка, спрямована опуклістю вгору, називається антиклинальною (грецьк. "анти" – проти, "клино" – нахилити), а увігнута униз – синклинальною (грецьк. "син" разом). Структурні елементи складок (див. рис. 6.4) такі:

1) склепіння або замок – центральна частина антиклинальної складки, яка прилягає до лінії перегину пластів;

2) мульда (нім. "мульде" – корито) – центральна частина синклинальної складки, яка прилягає до лінії перегину;

3) крила – бокові ділянки складки, які розходяться від перегину униз (антиклиналь) або вгору (синклиналь);

4) осьова площина – уявна площина, яка ділить кут між крилами складки пополам;

5) вісь складки – лінія перетину осьової площини з поверхнею Землі;

6) шарнір – лінія перетину осьової площини з поверхнею будь-яких пластів, що утворюють складку;

7) ядро – внутрішня частина складки, яка прилягає до осьової площини.

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

Блоки гірських порід, які прилягають до зміщувача, називаються крилами розриву. Якщо в розриві зміщувач нахилений до горизонту, то розрізняють висяче та лежаче крила (рис. 6.5).

Скидом називається розрив, у якого зміщувач нахилений в сторону висячого крила (рис. 6.5, а). Якщо висяче крило опущене, то розрив називається оберненим скидом.

Якщо висяче крило насунуте на лежаче по похилому зміщувачу, то це насув (рис. 6.5, б).

Грабен (нім. "грабен" – рів) – витягнута западина, яка опустилася по лініях скидів нижче від навколишніх ділянок (рис. 6.5, в). Головна причина утворення грабену – виникнення розтягуючих сил на склепіннях підняття при їх формуванні. Часто утворюють системи сполучених між собою грабенів. Досягають в довжину декількох сотень км при ширині в десятки км.

Горст (нім. "горст" – узвишся) – піднятий блок земної кори, розташований між двома блоками, які опущені по скидах (рис. 6.5, г).

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

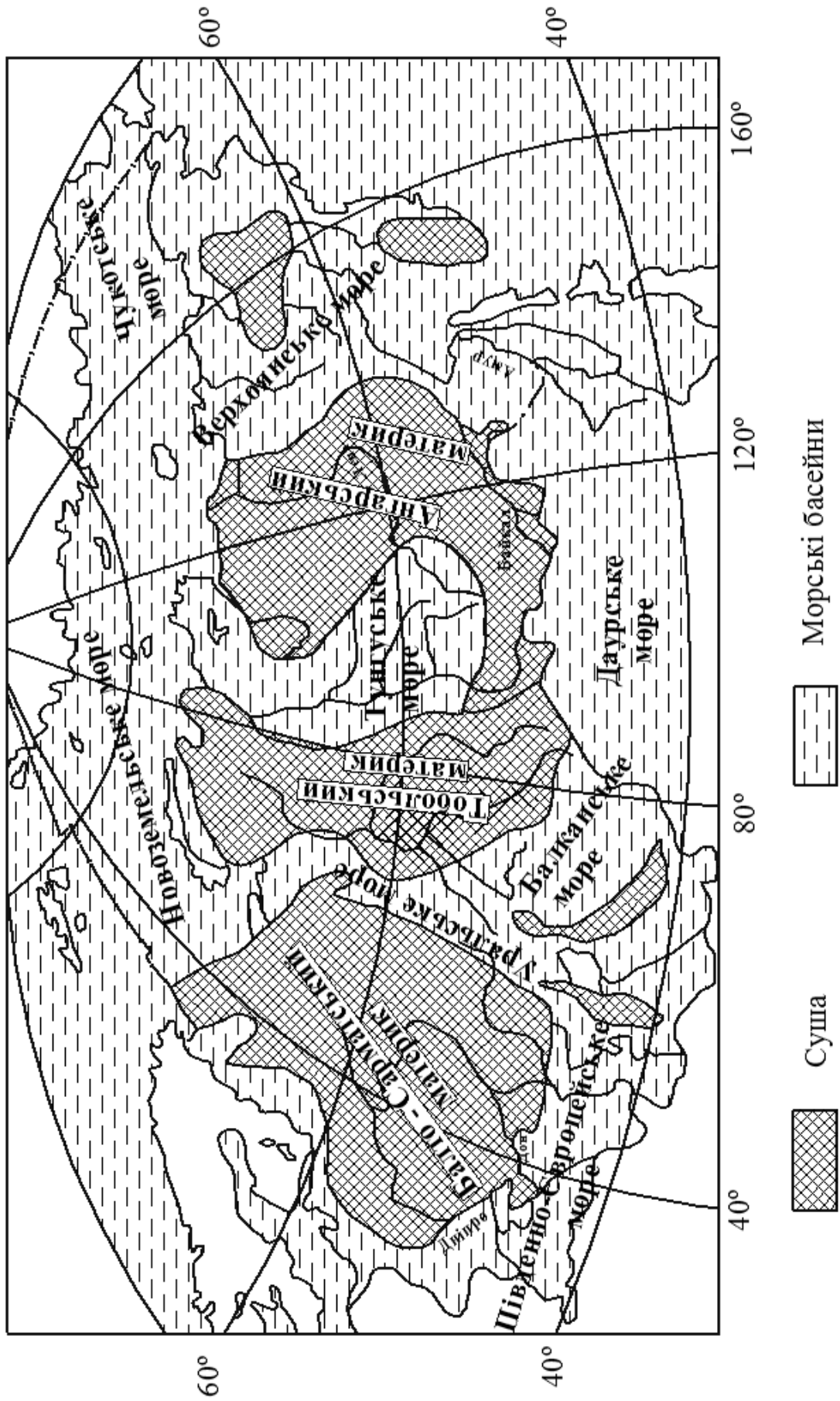


Рисунок 6.3 – Трансгресія моря у пізньому ордовіку (420 млн. р. тому)

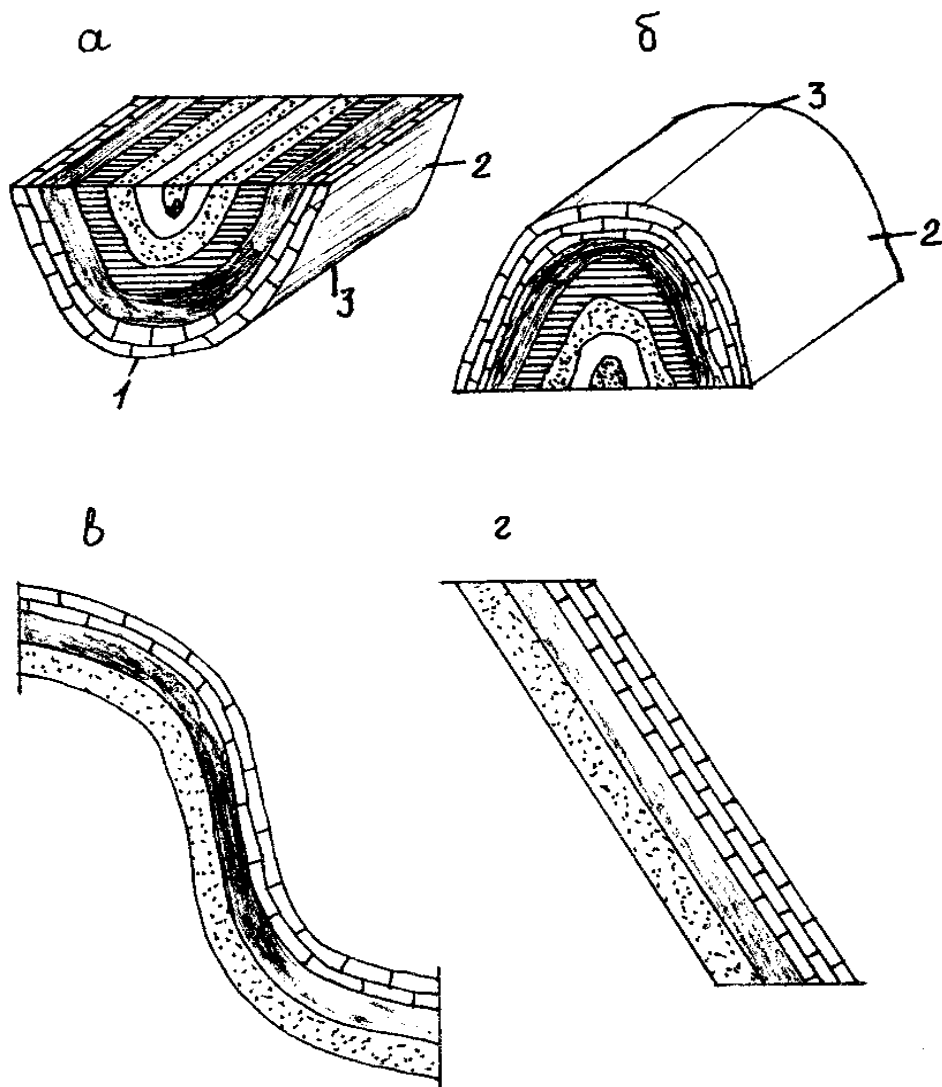


Рисунок 6.4 – Види складок: а – синклінальна; б – антиклінальна; в – флексура; г – монокліналь; 1 – замок; 2 – крило складки; 3 – вісь складки

6.3 Геологічні структури

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

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

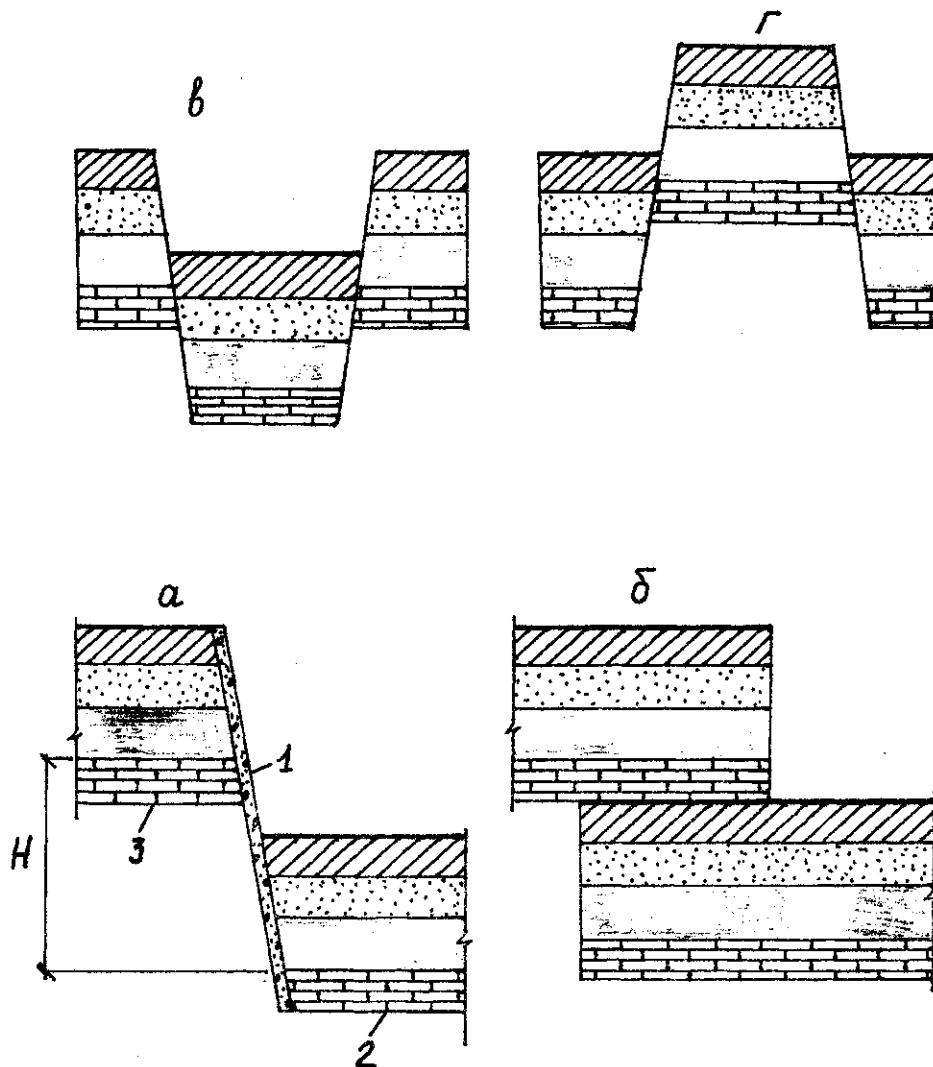


Рисунок 6.5 – Диз'юнктивні порушення: а – скид; б – насув; в – грабен; г – горст; 1 – зміщувач; 2 – лежаче крило; 3 – висяче крило; Н – амплітуда скиду

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

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

Нерідко породи фундаменту виходять на земну поверхню. Такі ділянки платформ з одноярусною будовою називаються щитами.

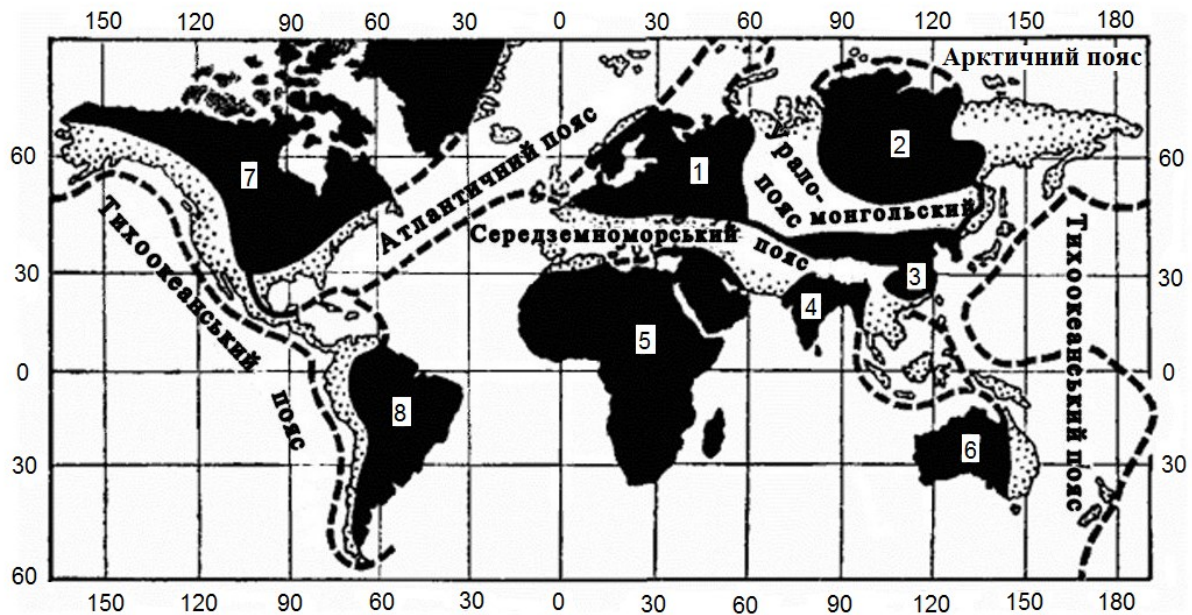


Рисунок 6.6 – Прадавні платформи та складчасті пояси (за М.В. Муратовим): 1 – Східно-Європейська; 2 – Сибірська; 3 – Китайська; 4 – Індостанська; 5 – Африканська; 6 – Австралійська; 7 – Північно-Американська; 8 – Південно-Американська

Це такі щити, як Український та Балтійський Східно-Європейської платформи, Алданський Сибірської платформи та ін.

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

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

2. Передорогенна (грецьк. "орос" – гора) стадія – утворення морського басейну і накопичення осадового матеріалу, потужність якого сягає інколи 10 – 15 км.

3. Раннеорогенна стадія – початок загального підняття, з'єднання внутрішніх підняття в єдине крупне складчасте підняття, яке складається із пучків антиклинальних та синклінальних складок.

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

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

Геосинклинального типу вигини утворюються і на платформах. Найчастіше вони невеликих розмірів (довжина – декілька сотень кілометрів, ширина – 150 – 200 км) і належать до крайових частин платформ. Прикладом такого вигину є Дніпрово-Донецька западина, яка утворилася на крайовій частині Східно-Європейської платформи у другій половині палеозойської ери.

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

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

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

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

Альпійський цикл розпочався з середини мезозою (150 млн. р. тому) і продовжується до цього часу. Гори цього циклу обрамовують Тихий океан, а також тягнуться в широтному напрямку від Атлантичного океану до Тихого уздовж південних окраїн Європи та Азії: Альпи, Карпати, Крим, Кавказ, Памір, Кордільєри та ін. Молоді гори альпійського циклу підіймаються на висоту до 8,5 км і більше, на відміну від каледонідів (1,5 км) та герцинідів (2,5 км).

6.4 Тектоніка літосферних плит

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

Найбільш повно гіпотезу дрейфу континентів розвинув у 1912 р. ві-

домий німецький геофізик А. Бегенер. Він звернув увагу на те, що поверхня континентів та океанічного дна являють собою різні сходини в рельєфі Землі. Це привело його до висновку про відсутність гранітного шару в складі океанічної кори, що і підтвердилось на початку 60-х років XX ст.

Згідно з уявленням А. Вегенера уся поверхня Землі на початку була покрита суцільним гранітним шаром. У палеозойську еру увесь гранітний матеріал зібрався в один блок, утворивши єдиний суперматерик Пангею (грецьк. вся Земля, рис. 6.7). Причиною цього могла бути дія припливних та відцентрових сил. Припливні сили пов'язані з притяганням Сонця та Місяця: вони діють на земній поверхні зі сходу на захід.

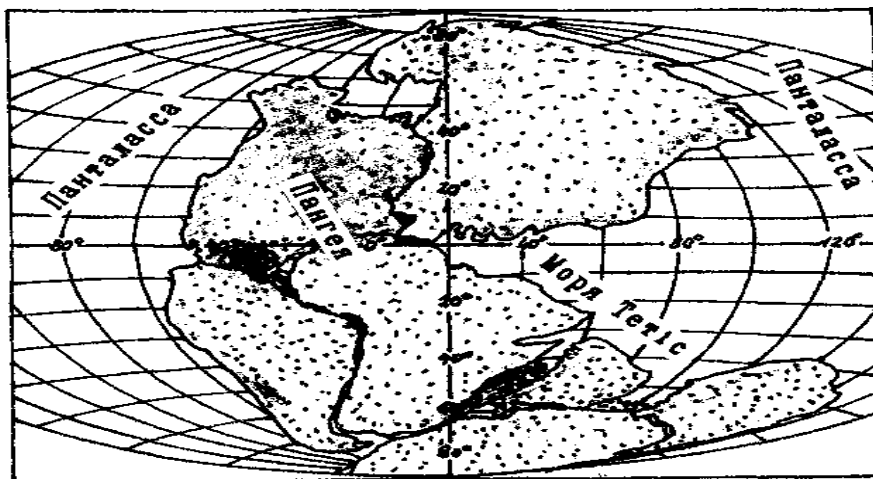


Рисунок 6.7 – Реконструкція Землі на початку мезозою (тріас, 200 млн. років)

Відцентрові сили викликані обертанням Землі і направлені від полюсів до екватора. Цей материк підіймався над безбережним океаном Панталасса (грецьк. "пан" – все, "таласса" – океан) з внутрішнім морем Тетіс (грецьк. "Тетіс" – богиня моря).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

клад, Східно-Африканські грабени).

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

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

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

На початку 60-х років ХХ ст. уже було відомо, що магнітне поле Землі не залишалось постійним. Протягом останніх чотирьох мільйонів років воно тричі на довгий час змінювало свій напрямок на протилежний. Тричі Північний та Південний полюси мінялись місцями, тобто тричі проходила інверсія. На окремих ділянках океанічного дна зустрічаються гірські породи (базальти) з протилежною (дзеркальною) орієнтацією магнітного поля відносно осі хребта. Це пов'язано з тим, що через рифтову щілину із мантиї проходив розплав, який при охолодженні намагнічувався відповідно до напрямку магнітного поля, що існувало на той час. Надходження нових порцій магми приводило до розштовхування в сторони охолонутого раніше розплаву, який увійшов до земної кори океанів. При зміні напрямку магнітного поля (інверсія полюсів) порції свіжої магми намагнічувались у зворотному напрямку і потім також були розірвані та розсунуті в сторони від осі серединно-океанічного хребта. Знаючи ширину та тривалість таких утворень за останні 4 млн. років, підраховували швидкість утворення нового океанічного дна. Максимальною (11 – 14 см/рік) вона виявилась для Східно-Тихоокеанського підняття, а мінімальною (2 – 3 см/рік) – для Серединно-Індійського хребта. Таким чином, на сьогодні факти не залишають сумніву у тому, що дно цих океанів геологічно молоде. Але в такому випадку

належить неминуче визнати, що з часу утворення океанів поверхня Землі повинна була б збільшитися більш ніж у два рази, проте цього не трапилось.

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

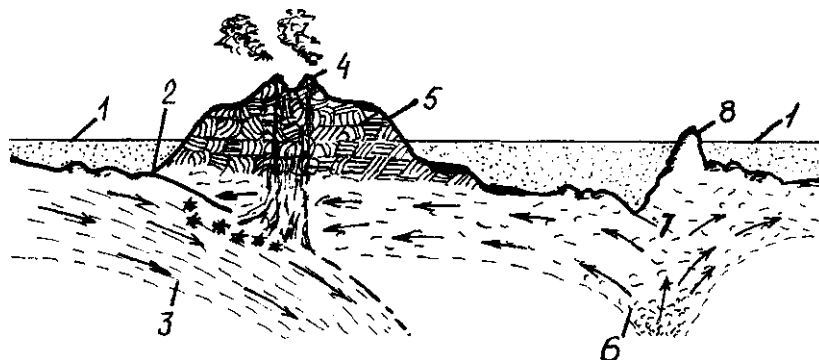


Рисунок 6.8 – Рух літосферних плит:

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

На сьогодні на земній кулі виділено сім найбільших плит. До них належать плити Євразії, Північної та Південної Америки, Тихого океану Індо-Австралії, Африки та Антарктиди. Більш дрібні – Аравійська, Китайська, Амурська, Наска, Кокос та ряд інших (рис. 6.9). Розміри плит варіюють у широких межах – від 1000 до 10 000 км. До складу плит входять як континенти, так і припаяні до них океанські улоговини аж до самих середино-океанічних хребтів. Лише в деяких випадках (наприклад, у Андах) межа плит збігається з поділом континент – океан.

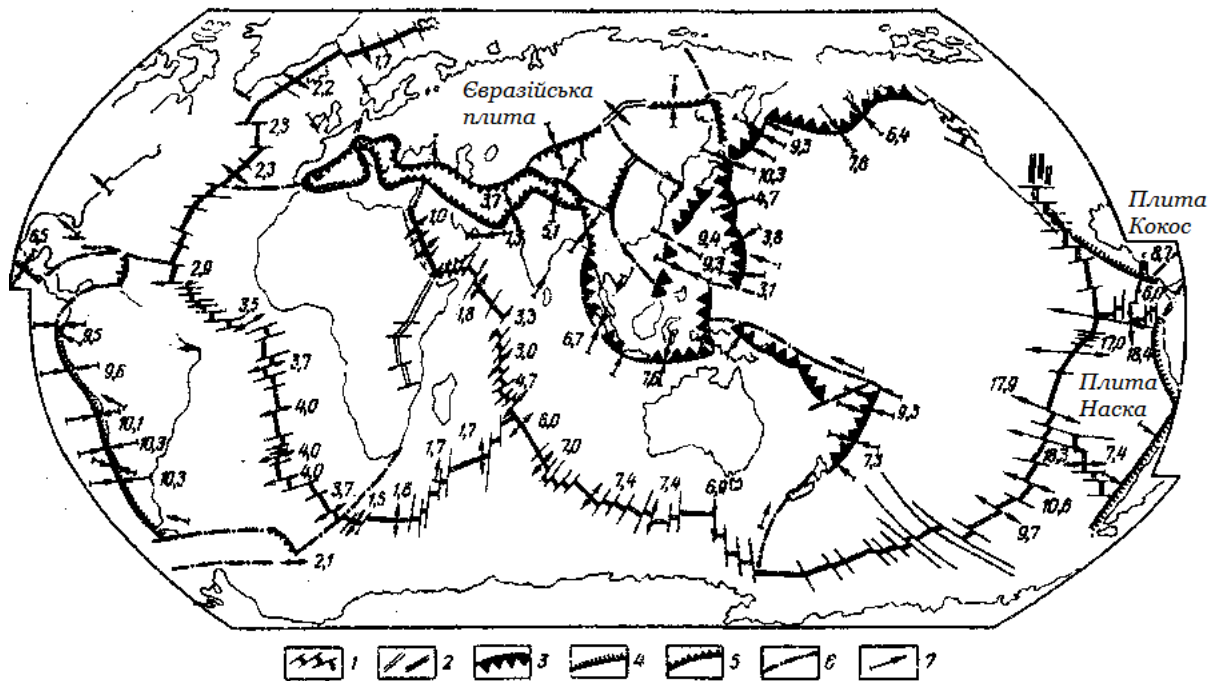


Рисунок 6.9 – Миттева кінематика Землі (за В. М. Литвином):
 1 – осі серединно-океанічних хребтів; 2 – континентальні рифи; 3-5 – гра-
 ниці зближення плит: 3 – уздовж глибоководних жолобів, сполучених з ос-
 трівними дугами; 4 – уздовж глибоководних жолобів, що оточують конти-
 ненти; 5 – у межах континентів; 6 – крупні розломи; 7 – вектори, що пока-
 зують напрям зміщення плит (цифри – см/рік)

Середня товщина плит в океанах складає 70 – 80 км, а на континен-
 тах – 120 – 140 км, тобто вони містять у своєму складі не тільки земну кору
 континентального та океанічного типів, але і верхню частину астеносфери
 (грецьк. "астенос" – слабкий) – частину мантії, яка залягає безпосередньо
 під земною корою. Припускають, що якраз по пластичному астеносферно-
 му шару і відбувається переміщення плит, причому континенти рухаються
 не самостійно, а пасивно, разом з усією літосферною плитою. Оскільки по-
 верхня Землі є сферою, а плити займають усю її площу, то будь-яка із плит
 може переміщуватись тільки взаємозв'язно з іншими плитами. Зростання
 площі плит у рифтових зонах компенсується зануренням їх країв. Підрахо-
 вано, що уздовж серединно-океанічних хребтів щорічно утворюється бли-
 зько 2,6 км нової поверхні, а в океанічних жолобах і молодих гірських по-
 ясах зникає поверхня такої ж площі.

Механізм переміщення літосферних плит пов'язують з тепловими
 конвективними потоками, течіями, які відбуваються в мантії через неодна-
 ковість густини та в'язкості речовин. Нагрітий легкий матеріал спливає під
 серединно-океанічними хребтами і розтікається під ними в сторони, несучи
 на собі плити. Якраз цим і пояснюються високий тепловий потік, вул-

канічна активність, сейсмічність, а також наявність розтягувальних напружень у рифтовій зоні. У зонах глибоких похилих розколів, які ідуть від глибоководних жолобів униз, краї плит захоплюються низхідними вітками конвективних потоків і проштовхуються униз для подальшого переплавлення. І тут знаходить своє пояснення високий тепловий потік, вулканізм та сейсмічність островних дуг і глибоководних жолобів, стискальні напруження в осередках землетрусів.

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

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

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

Як уже зазначалось, на початку палеозою усі протоконтиненти зібрались в один суперматерик Пангею (див. рис. 6.8). Початок розпаду Пангеї відносять на кінець тріасу (180 млн. р. тому), причому у північній півкулі в результаті прояву каледонської та герцинської складчатості утворився великий континентальний масив – Лавразія (від назви р. Св. Лаврентія у Канаді та Азії). Цей материк простягався від Скелястих гір на заході до Верхоянського хребта на сході (рис. 6.11, а). Наприкінці мезозойської ери (кінець крейди – 70 млн. р. тому) Гондвана і Лавразія розпались на ряд окремих материків (рис. 6.11, б), а сучасних контурів материки набули уже в кайнозої (понад 60 млн. р. тому).

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



Рисунок 6.10 – Реконструкція Землі на початку палеозою (500 млн. років тому). Мікроконтиненти: б – Балтійський; с – Сибірський; к – Китайський; па – Північно-Американський. Пунктирна лінія – екватор

6.5 Землетруси

Землетрус – це високочастотне в геологічному відношенні коливання земної кори, внаслідок якого виникають сейсми (грецьк. "сеймос" – струс).

Щорічно на земній кулі відбувається більше мільйона землетрусів різної сили, в тому числі 100 тис. відчутних, 100 руйнівних та один катастрофічний. На сьогодні більше половини людства мешкає в зонах, де відбуваються землетруси, і якщо до 1976 р. при землетрусах на земній кулі з початку нашого століття щорічно гинуло 10 тис. чол., то за наступні 10 років землетруси внесли у цю моторошну середню статистику суттєві корективи, більш ніж подвоївши кількість жертв. За оцінкою сейсмологів за останні 4 тис. років від землетрусів загинуло понад 13 млн. чол., у тому числі – з часу ашхабадського землетрусу 1948 р. до наших днів у різних країнах світу від підземної стихії загинуло більше мільйона чоловік. Найбільш жахливі землетруси за кількістю жертв наведені в таблиці 6.1 (А. Аллісон, Д. Палмер).

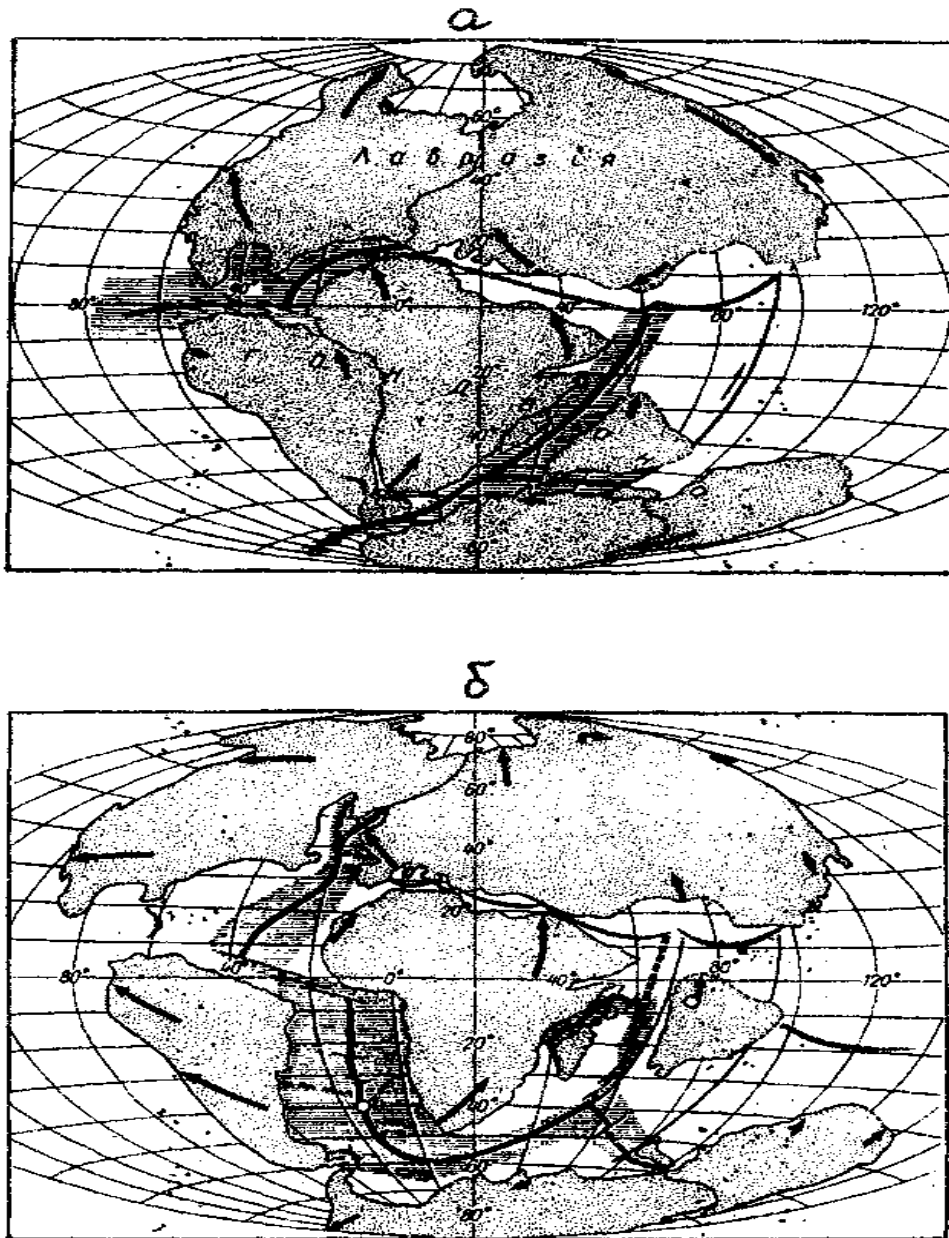


Рисунок 6.11 – Рух континентів:
 а – початок розпаду Пангеї (кінець тріасу, 180 млн. років тому); б – реконструкція лиця Землі під кінець крейдового періоду (65 млн. років тому)

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

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

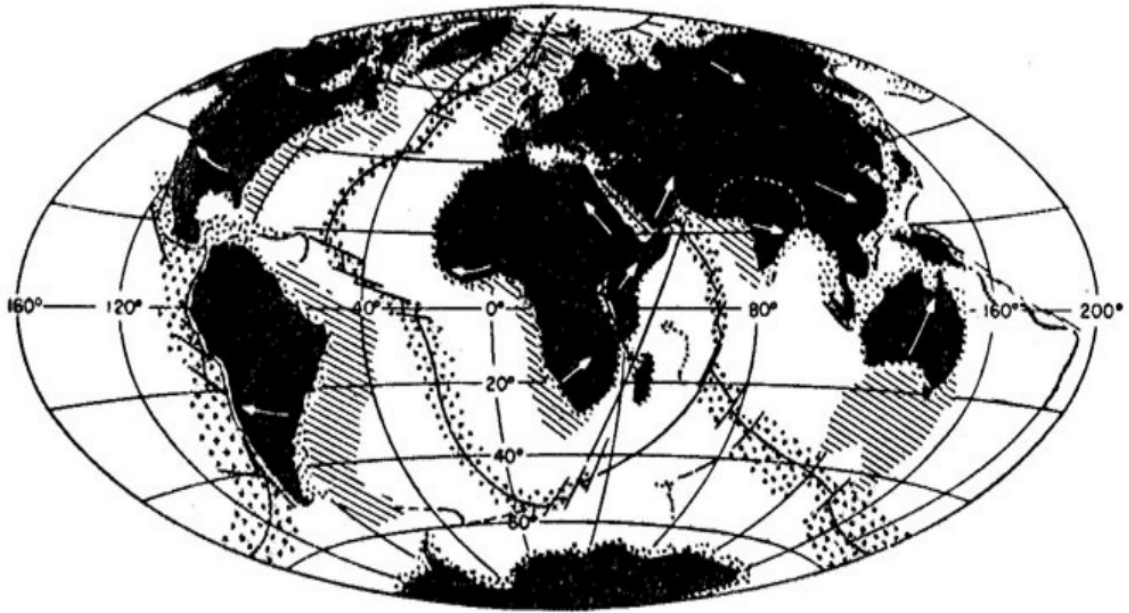


Рисунок 6.12 – Лице Землі через 50 млн. років. Стрілками показано напрям руху континентів

Таблиця 6.1 – Наслідки землетрусів минулого

Рік	Місце	Магнітуда	Примітки
1556	Провінція Шенсі (Китай)	-	830 тис. вбитих (оцінка)
1755	Лісабон (Португалія)	-	Знищена третина Лісабона, коливання відчувались на сході Північної Америки, загинуло 60 тис. чол.
1897	Ассам (Індія)	8,7	Область руйнувань – 390 тис. км.
1923	Токіо (Японія)	8,1	254 тис. будинків зруйновано або пошкоджено; 140 тис. загблих.
1970	Чімботе (Перу)	7,8	Грязе-кам'яна лавина поховала 2 міста: загинуло 17 тис. чол.
1976	Тянь-Шань (Китай)	8,2	Загинуло 650 тис. чол. (оцінка), поранено 700 тис. чол.

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

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

Лінія, яка з'єднує гіпоцентри землетрусів, круто падає униз під кутом 45° від глибоководного жолоба в сторону материка. Це пов'язується з існуванням тут похилого глибинного розлому, який іде під материк. Припускається, що саме тут уздовж його поверхні пластина океанічної кори занурюється в мантию до глибини 700 км. При насуванні однієї плити на іншу, яка занурюється в астеносферу, уздовж контактної площини накопичується пружна сейсмічна енергія. Вона звільняється під час землетрусів, які супроводжують насування.

Сила землетрусу оцінюється в балах. У нашій країні прийнята 12-бальна шкала, в основу якої покладено прискорення коливань під час землетрусу

$$\alpha = \frac{\pi A}{T}, \quad (6.1)$$

де α – прискорення коливань, м/с^2 ;

A – амплітуда коливань, м ;

T – період коливань, с .

Так, при значенні α до $2,5 \text{ м/с}^2$ – 1 бал; $2,51 \div 5 \text{ мм/с}^2$ – 2 бали; $5,1 \div 10 \text{ мм/с}^2$ – 3 бали; $50 \div 100 \text{ мм/с}^2$ – 6 балів; $0,25 \div 0,5 \text{ м/с}^2$ – 8 балів; $1,01 \div 2,5 \text{ м/с}^2$ – 10 балів; більше 5 м/с^2 – 12 балів.

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

Знаючи один із основних параметрів землетрусу – інтенсивність (бальність) або магнітуду, можна визначити інший, оскільки існує наближена формула, яка пов'язує інтенсивність (I) з магнітудою землетрусу

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

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

Встановлено також характеристики ступенів пошкодження та руйнування споруд: 1) легкі пошкодження – тонкі тріщини в штукатурці, на кладці печей і т. ін.; 2) значні пошкодження – відколювання кусків штукатурки, тонкі тріщини в стінах, пошкодження димових труб і т. ін.; 3) руйну-

вання – великі тріщини в стінах, розшаровування кам'яної кладки, падіння окремих ділянок стін, димових труб, карнизів, парапетів і т. ін.; 4) обвали – повне або часткове падіння стін, перекриттів і т. ін.

Таблиця 6.2 – Характеристика будівель при землетрусах

Інтенсивність, бали	Прискорення, см/с ²	Сприймання та характеристики пошкоджень будівель
1 – 2	до 0,5	Коливання Землі відмічаються приладами
3	0,51 – 1,0	Коливання відчують окремі люди
4	1,1 – 2,5	Землетруси відчують майже всі люди
5	2,6 – 5,0	Гойдання висячих предметів, багато сплячих просипаються; пошкодження першого ступеня в будівлях групи А
6	5,1 – 10,0	Пошкодження першого ступеня у багатьох будинках, а в деяких будівлях груп А, Б та В – значні
7	10,1 – 25,0	У більшості будівель групи А пошкодження другого ступеня; груп Б, В, Г – першого, а в окремих – другого. Змінюється дебіт джерел та рівень ґрунтових вод
8	25,1 – 50,0	У багатьох будинках групи А пошкодження третього та четвертого ступенів. У більшості будівель груп Б і В – другого, а в окремих – третього ступеня. Руйнування стиків трубопроводів, вода в водоймищах стає каламутною
9	50,1 – 100,0	Пошкодження четвертого ступеня у величезній більшості будівель групи А. У більшості будинків груп Б, В та Г – третього, а в окремих – четвертого ступеня. Тріщини в ґрунтах до 10 см
10	100,1 – 250,0	У більшості будівель усіх груп пошкодження четвертого ступеня. Тріщини в ґрунтах до 1 м шириною
11	250,1 – 500,0	Руйнуються усі споруди. Змінюється рельєф місцевості
12	Більше 500	Зміна рельєфу місцевості у великих розмірах

Руйнівні дії землетрусу на будівлі та споруди викликають необхідність враховувати їх при проектуванні та будівництві. Інженер повинен вміти передбачити місце, силу та час землетрусу. Перші два фактори на сьогоднішній день достатньо вивчені. Проведено сейсмічне районування

території країни, яке дозволило виділити зони, в яких відбуваються землетруси тієї чи іншої інтенсивності, та складено сейсмічні карти України. На цих картах виділено зони з інтенсивністю 6 і більше балів. Це Південний берег Криму (8), Південна Буковина та Закарпаття (7 балів). Сусідні з ними райони мають інтенсивність 6 і менше балів.

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

Сейсмічну інтенсивність майданчика будівництва визначають з урахуванням сейсмічного мікрорайонування, що виконується для районів з сейсмічністю більше 6 балів з урахуванням тих чи інших гірських порід. У тих районах, де немає таких карт, допускається визначення сейсмічності майданчика за нормативними документами (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Сейсмічність майданчика будівництва залежно від категорії ґрунтів [4]

Категорія ґрунту за сейсмічними властивостями	Ґрунти	Сейсмічність майданчика будівництва при сейсмічності району, бали			
		6	7	8	9
I	Скельні ґрунти усіх видів невивітрілі та слабовивітрілі, крупноуламкові ґрунти щільні та маловологі з магматичних порід, які містять до 30% піщано-глинистого заповнювача	5	6	7	8
II	Скельні ґрунти вивітрілі та сильновивітрілі; крупноуламкові ґрунти крім віднесених до I категорії; піски гравелістні, крупні та середньої крупності, щільні та середньої щільності, маловологі і вологі; піски дрібні та пилюваті, щільні та середньої щільності, маловологі; пилювато-глинисті ґрунти від твердих до тугопластичних ($I_L \leq 0,5$) при коефіцієнті пористості $e < 0,9$ для глин і суглинків та $e < 0,7$ для супісків	6	7	8	9

Продовження таблиці 6.3

III	Піски крихкотілі незалежно від крупності та вологості; піски гравелисті, крупні та середньої крупності, щільні та середньої щільності водонасичені; дрібні і пилюваті піски, щільні та середньої щільності, вологі та водонасичені; пилювато-глинисті ґрунти з показником текучості $I_L > 0,5$; пилювато-глинисті ґрунти з показником текучості $I_L \leq 0,5$ при коефіцієнті пористості $e \geq 0,9$ для глин і суглинків та $e \geq 0,7$ для супісків	7	8	9	10
IV	Піски крихкотілі водонасичені, схильні до розрідження; насипні ґрунти; пливуні, біогенні ґрунти і мули	За результатами спеціальних досліджень			

Будівництво в сейсмічних районах ведеться за нормативними документами, затвердженими урядовими установами. Ці норми гарантують стійкість споруд у районах із сейсмічністю 6, 7, 8 та 10 балів. На підставі цих документів приймаються симетричні конструктивні схеми, забезпечується рівномірне розподілення жорсткостей, конструкцій, мас та ін.

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

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

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

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

Вчені вважають, що реакція тварин на зміни в навколишньому сере-

довищі носить захисний характер і набута в тривалій еволюції, коли на Землі виживали в незліченних катаклізмах лише ті, хто здатний був вчасно реагувати та рятуватись. Наприклад, звуки, які породжуються землетрусом, що наближається, людина почути не здатна, але їх чують тварини.

Що стосується науково обґрунтованих методів прогнозу часу землетрусів, то вони поки не розроблені, а дослідження знаходяться на стадії пошуків. Так, геохіміками виявлено, що в періоди перед землетрусом і під час його змінюється хімічний та компонентний склад підземних вод у районах, які територіально пов'язані з епіцентральною зоною. Помічено, наприклад, що перед Ташкентським землетрусом 1966 року концентрація радону в термомінеральній воді зросла більш ніж у три рази, причому максимальне значення вмісту радону одержано за 5 діб до першого поштовху. Різкі коливання в складі підземних вод спостерігались безпосередньо під час поштовхів силою більше 3 балів. Концентрація гелію під час сильних поштовхів збільшується в 10 – 12 разів, фтору та аргону в 2 – 3 рази. Виявлені також аномальні відхилення від норми перед землетрусом сили земного тяжіння та електропровідності гірських порід. Відомі й інші діагностичні методи, які базуються на вимірах горизонтальних та вертикальних напружень у гірських породах. Зміна геодинамічної обстановки перед землетрусом є безперечним фактом.

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

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

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

7 ЗОВНІШНІ ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

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

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

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

7.1 Вивітрювання

Вивітрювання – процес руйнування та зміни складу гірських порід, який відбувається під впливом атмосферних агентів (дія сонячних променів, коливання температури повітря, замерзання в порожнинах гірських порід води, хімічна дія вуглекислоти, а також організмів, які населяють поверхню Землі).

Виділяють три види вивітрювання.

Фізичне (механічне) вивітрювання викликає руйнування та розпад скельних гірських порід без зміни їхнього мінералогічного складу. Основну роль у цьому руйнуванні відіграють швидкі коливання температури (добові коливання температури в районах з різкоконтинентальним кліматом можуть досягати 40 °C). Мінерали та гірські породи при нагріванні розширюються, а при охолодженні стискаються. Під впливом стискань та розширень, що періодично змінюються, зчеплення між мінеральними зернами слабшають, і тим більше, чим крупніші зерна. На стійкість мінералів та гірських порід впливає і колір мінералів: темні нагріваються швидше, ніж світлі. У породі, яка складається із зерен різного складу (наприклад, граніт), зчеплення зерен слабшає швидше, ніж у породі, яка складається із зерен одного складу та кольору, тому що зерна різного кольору та складу мають різні коефіцієнти об'ємного та лінійного розширення.

Руйнуванню порід, викликаному зміною тепла та холоду, допомагає

вода, яка, замерзаючи, збільшується в об'ємі і "розклинює" зерна породи.

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

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

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

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

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

Продукти вивітрювання (у вигляді уламкового матеріалу), які утворюються при цьому і залишаються на місці свого утворення, називаються елювієм (лат. "елювіо" – залишаю на місці). Походження породи позначається у геологічному індексі та указується на геологічних картах і розрізах зліва від буквеного символу віку породи. Геологічний індекс елювію – "e". Наприклад, eQ – елювій четвертинного віку.

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

Прикладом елювію, який з'явився при вивітрюванні граніту та інших кислих і середніх магматичних гірських порід, є каоліновий елювій. Для нього характерна вертикальна зональність (знизу уверх): незмінна материнська порода; материнська тріщинувата порода; уламки материнської породи, слабо каолінізовані, які переходять уверх у глинисту масу, що скла-

дається з каолініту та гідрослюд з зернами кварцу і нерозкладених зерен польових шпатів та листочків слюд.

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

7.2 Геологічна діяльність вітру

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

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

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

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

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

У степових областях дефляція проявляється у вигляді чорних бур, видуваючих родючі ґрунти. Велике значення в боротьбі з пиловими бурями мають пилзахисні лісові смуги, розташовані перпендикулярно до напрямку домінуючих вітрів.

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

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

Еолові піски на берегах морів та річок утворюють дюни (овальної форми пагорби). Їх висота від 8 – 12 м на берегах річок до 20 – 30 м на берегах морів (Прибалтика). Дюни Середземного моря сягають у висоту 100 – 200 м.

У пустелях еолові піски утворюють бархани – пагорби серпоподібної форми в плані. Схили дюн та барханів асиметричні; навітряний – пологий (10 – 12°); підвітряний – більш крутий (до 33°).

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

Еолові піски, як основи будинків та споруд, найчастіше можуть бути використані тільки після їх ущільнення. Пов'язано це з такими їх особливостями:

- 1) пористість – 0,5 – 0,57, навіть на глибині 1 – 2 м вона складає 0,4;
- 2) однорідність складу (відсортованість) з переважанням дрібних та пиловатих частинок.

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

7.3 Геологічна діяльність текучих вод

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

Виділяють: 1) делювіальні води (лат. "делуо" – змиваю) – тимчасові безруслові потоки (талі та дощові води); 2) алювіальні води (лат. "алювіо" – намив) – води, які течуть по постійному руслу (річки, струмки).

7.3.1 Геологічна робота поверхневих (делювіальних) вод

Незважаючи на періодичний характер делювіальних процесів (тільки під час дощу та розтавання снігу), вони протягом тривалого часу здійснюють велику роботу. Вода спричиняє змив і розмив ґрунтів та гірських порід – водяну ерозію (лат. "ерозіо" – розмиваю).

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

Інтенсивно зростають яри в крихкотілих породах. Як результат окремі ділянки, а інколи і досить великі простори міжріччя, перетворюються у важкодоступну і непридатну для землекористування місцевість.

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

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

У гірських районах делювіальні води утворюють бурхливі потоки, які несуть величезну кількість уламкового матеріалу. При виході на рівнину уламковий матеріал відкладається в передгірській зоні у вигляді конуса виносу. Такі накопичення тимчасово діючих потоків одержали назву пролювію (лат. "пролюо" – промиваю). Пролувіальні відкладення несортвані, інколи, як делювіальні, можуть бути просідними.

Іноді тимчасові потоки набувають сільового характеру. Після зяжених дощів тонкодисперсний уламковий матеріал набухає, утворюючи грязьову масу, яка сходить в долину з великою швидкістю, збагачуючись на шляху більш крупними уламками, руйнуючи усі перепони. Селі широко розповсюджені в молодих гірських системах багатьох країн.

В Україні селі найбільш широкого поширення набули у гірських

районах Карпат і Криму та в деяких місцях на правому березі Дніпра. До катастрофічних належать селі з об'ємом виносу 10 – 100 тис. м³ та періодичністю 1 – 5 років. У Криму вони поширюються на 9% території, у Закарпатській області – на 40%; в Івано-Франківській – на 33%; в Чернівецькій – на 15%. Близько 30 міст, селищ та сільських населених пунктів в Криму, Закарпатській, Івано-Франківській, Чернівецькій та Львівській областях підпадають під вплив селевих потоків.

Катастрофічні селі мали місце весною 1969, 1970 та 2008 рр. у північних та західних районах України. Вони були спричинені тривалими зливами, внаслідок чого рівень води в р. Дністер, Тиса, Прут, Серет та ін. піднявся на 3 – 5 м. Потужний сельовий потік спостерігався в Карпатах 30. 12.1978 р. Сель рухався по річці Шапурці зі швидкістю 19 м/с.

7.3.2 Геологічна робота рік

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

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

Ерозійна діяльність рік. Виділяють ерозію донну, що спричиняє поглиблення ріки, та бокову, яка приводить до розширення річкової долини. Глибинна ерозія проявляється там, де схили річкового дна значні, течія досить швидка, щоб перекочувати по дну крупно- і середньоуламковий матеріал та у зваженому стані – дрібноуламковий.

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

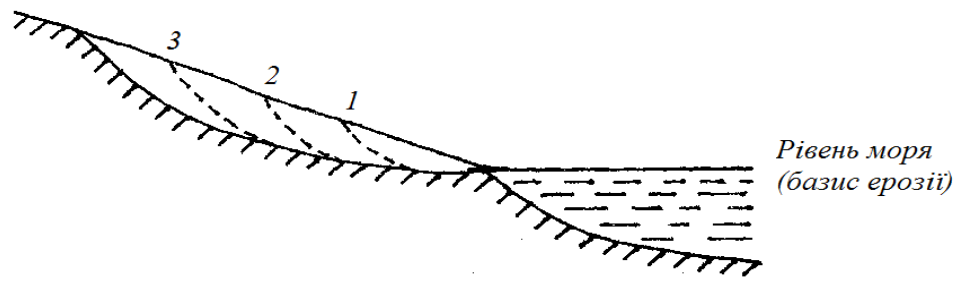


Рисунок 7.1 - Схема формування поздовжнього профілю річкової долини: 1, 2, 3 – початкове положення долини

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

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

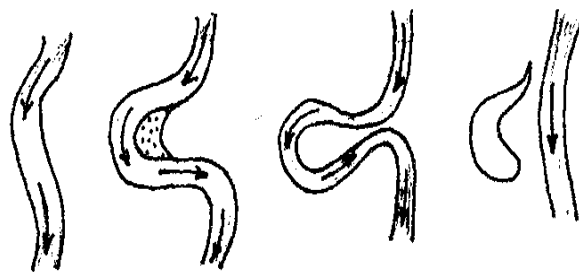


Рисунок 7.2 – Схема розвитку річкових меандр

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

Під впливом еродувальної діяльності головної ріки та її притоків відбувається закономірна зміна рельєфу земної поверхні. Спочатку долини річок мають V – подібну та каньйоноподібну форму, межиріччя широкі, більша частина поверхні межиріччя лежить на більш високому рівні, ніж річкові долини. Потім, за рахунок бокової ерозії, долина ріки розширюється і набуває U – подібної форми. Схили долини виположуються, висота водорозділів знижується. Наприкінці стадії зрілості межиріччя зрізуються, від них залишаються тільки окремі ділянки – останці. Уся поверхня ніби переміщується на більш низький рівень, на рівень плоскодонних ящикоподібних річкових долин з добре розвинутими плавнями (частина ріки, яка заливається водою ріки тільки в повінь та паводок), рис. 7.3.

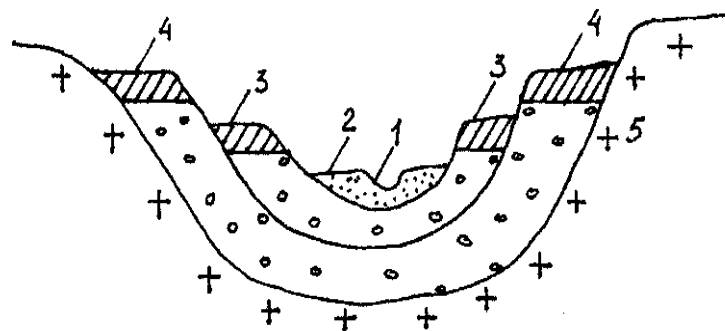


Рисунок 7.3 – Будова річкової долини: 1 – русло; 2 – плавні; 3 – перша надплавнева тераса; 4 – друга надплавнева тераса; 5 – корінні породи

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

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

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

При багаторазовому зниженні гирла або піднятті верхів'я на схилах ріки формується система надзаплавних терас. Найвища надзаплавна тераса і буде найстарішою. Нумеруються тераси за їхнім положенням над плавнями знизу вгору. Найнижчу терасу називають першою надзапавною, ту, що розташована над нею, – другою і т. д. (рис. 7.3), а утворення їх відбувалось у зворотному напрямку: найвища виникла першою, найнижча – останньою.

Переносна та акумулятивна діяльність рік полягає в перенесенні продуктів розмиву в розчиненому, зваженому та перекочаному стані.

У відкладеннях річкових долин розрізняють чотири види алювію: русловий, плавняний, старичний та дельтовий. Алювій річок, які мають різну швидкість течії і розмивають різні гірські породи, відрізняється за складом і розмірами уламків. Русловий алювій гірських річок – це крупноуламковий матеріал (валуни, галька, гравій), рівнинних – середньо- та дрібноуламковий (пісок, супісок). Крім того, русловий алювій подрібнюється із просуванням від верхів'я до гирла.

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

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

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

Найчастіше алювіальні відклади не залягають окремо, а утворюють цілий комплекс, що є результатом життєдіяльності ріки. У будівельному відношенні алювіальні відкладення можуть бути надійними (крупноуламкові відкладення, піски) і дуже ненадійними (мул, торф) основами фундаментів. Внаслідок неоднорідності залягання можуть давати нерівномірні осідання.

7.4 Геологічна діяльність морів, озер та боліт

7.4.1 Геологічна діяльність океанів та морів

У Світовому океані зосереджено близько 1,4 млрд. км³ (97%) водних запасів планети. Частина цієї води в льодовикові епохи перетворювалась у лід – рівень води знижувався, в міжльодовикові епохи рівень води підвищувався до сучасного, а інколи і перевищував його на 30 м і більше.

Величезна рухома маса води Світового океану виконує велику роботу руйнування (морська абразія, від лат. "абразіо" – збриваю), транспортування та творення. Із них переважає остання, тому що Світовий океан є зоною акумуляції не тільки матеріалу, що утворюється в ньому, а і тієї великої кількості речовин, які приносять ріки, льодовики та вітер.

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

Руйнівна діяльність моря. Море намагається зрізати береги до свого рівня. Морські хвилі завдають на берег великий тиск. Так, тиск вітрових хвиль біля берегів внутрішніх морів сягає 150 кПа (15 т/м²), а біля берегів зовнішніх морів – 380 кПа (38 т/м²). Уламковий матеріал, яким насичені хвилі, посилює їх руйнівну діяльність.

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

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

Засоби захисту морських берегів від руйнування є такі:

1) спорудження пасивного захисту (потужні хвилебійні стінки із залізобетону товщиною в декілька метрів), які швидко руйнуються морем і потребують частого ремонту і відновлення;

2) спорудження активного захисту (хвилеломи, буни), біля яких утворюються пляжі, що є природним захистом берега.

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

Вітрові хвилі переміщують уламковий матеріал у прибережній зоні. При підході хвиль до берега під кутом можливе перенесення уламкового матеріалу уздовж берега. При підході хвиль перпендикулярно до берега

наноси переміщуються по нормалі до нього, виробляючи профіль рівноваги. Переміщення вітровими хвилями піщано-галькового матеріалу спостерігається до глибини 8 – 10 м.

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

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

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

1. Прибережна (літоральна) – між рівнями найвищого припливу і найнижчого відпливу. Ширина її невелика, лише інколи досягає 10 – 15 км. У деяких берегів вона зовсім відсутня.

2. Шельф (мілководні або перітові осади). Зона пологого схилу морського дна до глибини 200 – 250 м.

3. Глибоководна (батіальна). Зона більш крутого схилу морського дна до глибини 2 – 2,5 км.

4. Абісальна (надглибока) зона, яка приурочена до ложа океану.

Основна маса осадів накопичується у перших двох зонах.

Осади літоральної зони виділяються надзвичайною різноманітністю як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямку. Переважно мають механічне походження, рідко хімічне і дуже рідко – органогенне. Зона знаходиться в смузі припливу та відпливу і тому слабо заселена як тваринами, так і рослинами. У літоралі накопичуються галькові (біля скелистих берегів), піщані та гравійні відклади (біля плоских берегів). Інколи зустрічаються черепашники.

Осади шельфової зони. Ширина мілководної смуги змінюється від 200 – 300 км до 1 – 2 км (біля підніжжя молодих гір, наприклад, Кордільєр).

Потужність осадів у шельфовій зоні найбільша. Вона тим більша, чим більше осадів приносять ріки, що впадають, і чим інтенсивніше розвивається берег.

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

Осади батіальної зони. Вони представлені тонкодисперсним матеріалом (пилуваті і глинисті частинки), який свідчить про слабе переміщення водяних мас. Це переважно мули, збагачені органічними речовинами.

Осади абісальної зони. Представлені органічними кремністими му-

лами та глибоководними глинами, які утворюються внаслідок підводного вивітрювання, вулканічного попелу, із метеорного та атмосферного пилу, колоїдних розчинів, що приносяться річками та доставляються в глибокі зони течіями.

Геологічний індекс морських відкладів "m".

Відкладення прадавніх морів займають значну територію сучасної суші, в зв'язку з чим часто використовуються як основи будинків та споруд, тому важливо знати їх будівельні властивості.

Крупноуламкові породи та піски морського походження є надійними основами.

Крейда, вапняк, мергель, доломіт, гіпс за механічною міцністю цілком задовольняють будівельників, але через їхню розчинність у воді схильні до карстоутворення (див. п. 8.4.3).

Глини та суглинки, що утворились під великим тиском, дуже переущільнені, внаслідок чого вони дають невеликі осідання під навантаженнями, але при потраплянні в них води набухають. Особливо значне набухання відбувається при наявності в породі монтморилоніту. При заляганні на схилах морські глини схильні до сповзання. Часто містять шкідливі домішки (наприклад FeS_2 – пірит).

Сучасні морські мули мають велику пористість і невелику міцність.

7.4.2 Геологічна діяльність озер та боліт

Розміри дзеркала озер змінюються від десятих долей до десятків і сотень тисяч квадратних кілометрів (Байкал – 31,5 тис. км², Каспійське – 39,5 тис. км²). Загальна площа озер складає 1,8% суші. Западнини озер найрізноманітнішого походження (льодовикові, карстові, тектонічні та ін.).

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

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

Мілководні ділянки навіть проточних озер заростають вологолюбною рослинністю – очеретом, осокою, водоростями. Відмираючі рослини падають на дно і стають поживою для бактерій (сапрофітів), внаслідок чого на дні озер утворюється своєрідна суміш мінерального та органічного гнилистого мулу – сапропіль. У солоних озерах переважають хімічні осади. Геологічний індекс озерних відкладень "Λ" (грецьк. "лімнос" – озеро).

Болотами називаються надмірно зволожені ділянки земної поверхні, зайнятої специфічною водною рослинністю, при відмиранні якої утворю-

ється торф (або сапропель). Перетворення рослинних залишків у торф відбувається без доступу повітря за участю бактерій та нижчих грибів. При цьому збільшується вміст вуглецю (в торфі його до 59%). Торф з часом під дією тиску, високих температур та інших факторів перетворюється в різне за складом вугілля (від бурого до антрациту). Торфи та заторфовані ґрунти як природні основи фундаментів не використовуються через їхню велику стисливість та пожежну небезпеку.

7.5 Геологічна діяльність льодовиків

Сучасні льодовики займають більше 16 млн. км² (близько 11%) усієї земної суші. 99,5% площі, зайнятої льодовиками, припадає на полярні, 0,5% – на високогірні області.

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

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

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

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

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

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

На території європейської частини Росії К. К. Марков виділив чотири зледеніння. Перше із них (і найдавніше) – окське, друге – дніпровське (200 тис. років тому), третє – московське (150 тис. років тому), четверте –

валдайське (10,5 – 20 тис. років тому). Найбільшу площу займало дніпровське зледеніння. Льодовик спускався двома язиками по вже тоді існуючих долинах Дніпра та Дону до 48-ої паралелі. Цей льодовик займав значну територію України. Потужність його сягала 2,5 км у зоні, живлення і 1 км поблизу південної границі.

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

7.5.1 Льодовикові відклади

Руйнівна робота льодовиків. Навіть невеликі за потужністю льодовики (100 м) тиснуть на земну поверхню з інтенсивністю 980 кПа (98 т/м²). Потужні льодовики кришать і здрібнюють гірські породи свого ложа.

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

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

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

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

Морени називають ще льодовиковими або гляціальними (лат. "гляціус" – лід) відкладеннями (геологічний індекс "g"). Це несортвана суміш уламків різнорідного за крупністю матеріалу: глини або суглинки з щебенем та валунами. Найбільш часто зустрічаються моренна глина та валунні суглинки. Колір їх залежить від кольору порід, захоплених льодовиком. Ці породи нешаруваті, залягають нерідко у вигляді валів, горбів та інших неправильних форм. Потужність морен материкового четвертинного зледеніння від 2 до 35 м.

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

7.5.2 Водно-льодовикові та озерно-льодовикові відклади

Внаслідок розтавання величезних мас льоду, що складала льодовик, з'являлись потужні потоки води, які розмивали морени. При перенесенні уламкового матеріалу водою відбувалось звичайне для водних потоків сортування частинок за їх крупністю. Там, де швидкість течії потоків зменшувалась, уламковий матеріал випадав у вигляді осаду. Таким шляхом відбувалось утворення флювіогляціальних відкладень (лат. "флювіус" – потік, "гляціаліс" – льодяний). Геологічний індекс "fg".

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

Широко розповсюджені флювіогляціальні відклади – покривні суглинки. Вони покривають усі утворені раніше льодовикові відклади. За складом, будовою та забарвленням вони нагадують лес, але відрізняються від нього великим вмістом глинистих частинок, меншою пористістю, наяв-

вністю в деяких випадках шаруватості, а також присутністю, інколи, в їх товщі прошарків піску та гравію.

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

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

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

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

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

8 ІНЖЕНЕРНО - ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

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

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

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

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

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

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

До першої групи відносяться:

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

До другої групи відносяться:

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

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

8.1 Ущільнення порід внаслідок збільшення тиску

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

Підошва верхнього водоупору, що огорожує напірний водоносний горизонт, зазнає тиску води, направленою вгору. Це приводить до того, що водоносні породи зазнають неповного впливу ваги верхніх порід. При спаді напору води внаслідок відкачування тиск, що зазнають водоносні породи, збільшується на 100 кПа (10 тс/м^2) на кожні 10 м зниження рівня.

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

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

8.2 Просідні явища в лесових ґрунтах

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

Просідні породи та основні їх представники – лесові ґрунти, широко розповсюджені в Україні (займають більше 80% її території).

У північній частині Волинського плато товщина шару лесових ґрунтів змінюється від 3 до 10 м. Відносне просідання цих ґрунтів $\epsilon_{sl} = 0,03 - 0,064$ при напруженні $\sigma = 300$ кПа.

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

Лесові ґрунти мають безперервне розповсюдження, починаючи з межі Дніпровської низовини в межиріччі р. Дніпра і Дністра, їх товщина 5 – 35 м, $\epsilon_{sl} = 0,01 - 0,15$ ($\sigma = 300$ кПа). У межах Причорноморської западини лесові ґрунти також залягають у вигляді безперервного шару потужністю до 22 м при відносному просіданні більше 0,2 ($\sigma = 300$ кПа).

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

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

У сухому стані леси відзначаються великою міцністю і можуть слугувати надійними основами, але при замочуванні можуть викликати просідання, часто нерівномірні, на схилах – зсуви.

Умови, що необхідні для прояву просідання:

- 1) наявність навантаження, здатного при зволоженні перевищити сили зчеплення ґрунту;
- 2) достатнє зволоження, при якому значною мірою знижується міцність ґрунту.

Що ж до мінералогічного складу, то леси містять до 50% SiO_2 (роздрібненого, з розмірами частинок 0,1 – 0,01 мм), до 25% глинистих мінералів, 25 – 30% CaCO_3 . У них можуть бути домішки окислів і гідроокисів заліза і алюмінію.

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

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

Основні причини просадковості такі:

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

Основним проявом просадковості є ущільнення ґрунту за рахунок переміщення і більш компактного укладання окремих частинок та їхніх агрегатів, завдяки чому знижується пористість до стану, що відповідає наявному тиску.

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

Для оцінення ступеня просадковості ґрунтів застосовуються спеціальні кількісні показники: відносне просідання (ϵ_{sl}), початковий просідний тиск (p_{sl}) та початкова просідна вологість (w_{sl}).

Відносне просідання показує частку, яку складає величина просідання від початкової потужності шару ґрунту.

Визначається ϵ_{sl} у компресійних приладах двома методами:

- методом однієї кривої;
- методом двох кривих.

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

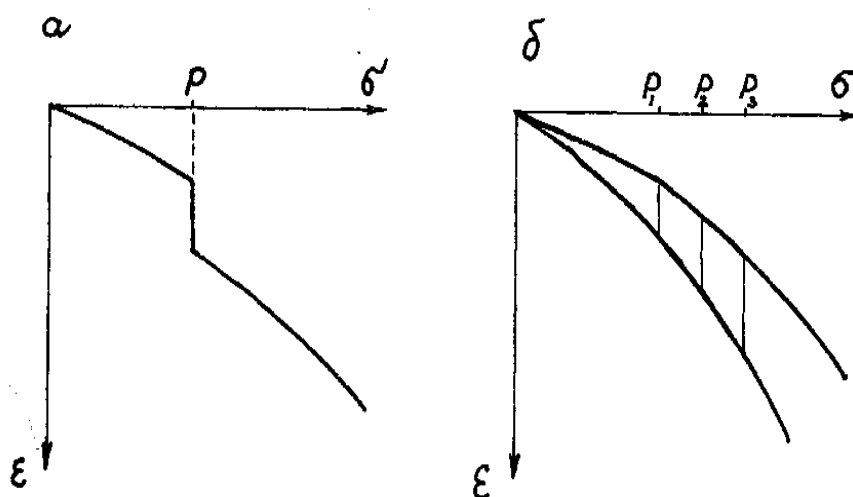


Рисунок 8.1 - Залежність відносної деформації від тиску при випробуваннях: а – методом однієї кривої; б – методом двох кривих

Відносне просідання визначають за формулою

$$\varepsilon_{sl} = \frac{h_{n,p} - h_{sat,p}}{h_{n,g}}, \quad (8.1)$$

де $h_{n,p}$ і $h_{sat,p}$ – висота зразка відповідно при природній вологості та в стані повного водонасичення при заданому тиску p ;

$h_{n,g}$ – висота зразка природної вологості при тиску від власної ваги ґрунту.

Метод однієї кривої дозволяє визначити ε_{sl} тільки при заданому тиску p .

При випробуванні методом двох кривих проводяться досліди на двох зразках ґрунту: одного при природній вологості, другого у водонасиченому стані. Кожен зразок стискають в однаковому діапазоні тиску. За даними цього методу випробувань можна ε_{sl} визначити при будь-якому заданому тиску (рис. 8.1, б). Це суттєва перевага методу двох кривих, оскільки відносне просідання значно збільшується при збільшенні тиску.

За величиною відносного просідання ґрунти поділяють на просідні та непросідні. При $\varepsilon_{sl} > 0,01$ ґрунти відносять до просідних.

Під початковим просідним тиском (p_{sl}) розуміють мінімальний тиск, при якому проявляються просадкові властивості ґрунту в умовах його повної водонасиченості.

За початковий просідний тиск береться:

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

Початковий просідний тиск може змінюватись у широких межах ($p_{sl} = 20 - 300$ кПа).

Під початковою просідною вологістю (w_{sl}) розуміють вологість, при якій просідні ґрунти, що знаходяться під навантаженням, починають проявляти просадкові властивості. w_{sl} як і ε_{sl} , є функцією діючого тиску, але початкова просідна вологість при збільшенні тиску зменшується.

Просадкові явища в лесових та інших просідних ґрунтах протікають по-різному залежно від конкретних гідрогеологічних умов.

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

Різні розміри, форма, положення та інтенсивність джерела замочу-

вання викликають і різний характер замочування просідних ґрунтів. Залежно від перелічених факторів виділяють такі види замочування:

- місцеве замочування зверху, яке призводить до просідання ґрунту на обмеженій площі в верхній частині товщі, або рідше – на усю глибину просідаючої товщі;

- інтенсивне замочування зверху протягом тривалого часу, внаслідок чого відбувається замочування ґрунту на всю просідну товщу і повний прояв просідань як від власної ваги ґрунту, так і від навантажень фундаментів;

- підняття різня ґрунтових вод, які викликають просідання нижніх шарів ґрунту переважно від їх власної ваги;

- повільне підвищення вологості, яке викликається порушенням природних умов випаровування ґрунтової вологи внаслідок забудови та асфальтування території.

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

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

Підвищення вологості просідного ґрунту при забудові території приводить до повільного зниження міцності ґрунту за рахунок розм'якшення природного цементу, що зв'язує частинки лесового ґрунту, і до підвищення його стисливості (уповільнене просідання).

Просідання ґрунту при піднятті рівня ґрунтових вод мають такі особливості:

- швидкість просідання при інфільтрації знизу менша швидкості при інфільтрації зверху і складає кілька сантиметрів за рік (при промочуванні зверху – 25 – 30 см/місяць);

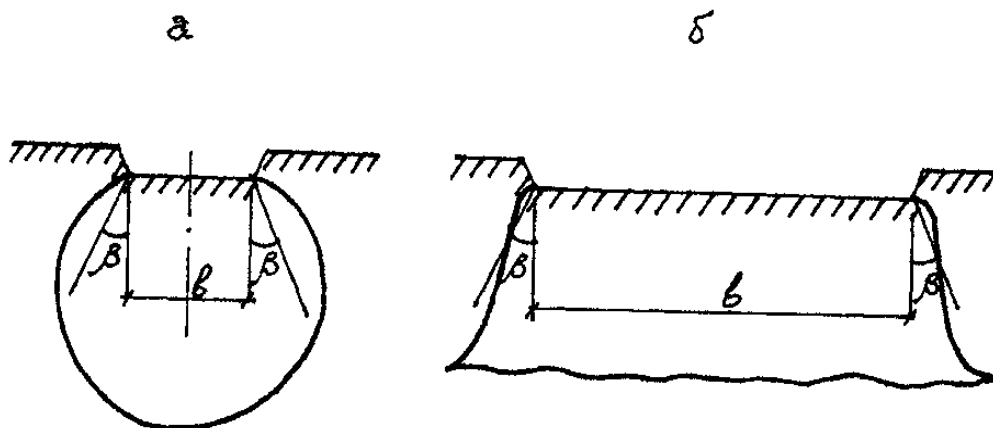


Рисунок 8.2 – Форми зволоженої зони при: а – точковому джерелі замочування; б – замочуванні значної площі

- просідання відбуваються більш-менш рівномірно за площею за винятком куполоподібного піднімання рівня ґрунтових вод;
- при швидкому підніманні рівня ґрунтових вод до підшови фундаменту просідання практично припиняється і складає максимум 1 – 4 см/рік; в цьому випадку небезпечне виникнення руху води (наприклад, відкачування із поблизу розташованого котлована); уповільнення просідання при швидкому підніманні рівня ґрунтових вод пояснюється утрудненням фільтрації з напруженої зони.

8.3 Набухання та усадка глин

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

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

Здатність набухати майже завжди мають глини, оскільки набухання при замочуванні відбувається внаслідок збільшення товщини плівок зв'язаної води, її розклинювальної дії. Ступінь збільшення об'єму ґрунтів при набуханні залежить від їхнього складу (особливо сильно набухають монтморилонітові глини), доступності поверхні частинок для молекул води та ступеня ущільнення ґрунту (наприклад, переущільнені морські глини схильні набухати). Крім глин здатність набухати мають деякі види шлаків, а також звичайні пілуватоглинисті ґрунти при замочуванні їх хімічними відходами виробництва.

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

Набухання відбувається внаслідок усмоктування води ззовні та за рахунок перерозподілу молекул води усередині ґрунту. У першому випадку набухання досить велике. Набухання без вбирання води ззовні проявля-

ється, зокрема, при улаштуванні котлованів у результаті зняття природного тиску. Внаслідок набухання глин дно котлованів піднімається від кількох міліметрів до декількох десятків сантиметрів.

Якщо дно котловану з набухаючими ґрунтами залишити відкритим (у літній сухий час року навіть протягом доби), то відбудеться усадка глини з поверхні. Це пов'язано з їхнім ущільненням і викликає появу тріщин. Використання такого ґрунту як основи фундаментів у подальшому при попаданні води призведе до їх набухання (переущільнення та покращення доступності для молекул води). Через це безпосередньо перед будівництвом глини верхнього шару, що набухають або зазнають усадки, повинні бути вилучені.

У результаті усадки ґрунт стає щільнішим і після висихання - навіть твердим. Ущільнення глинистого ґрунту при усадці збільшує його опір деформаціям, але наявність тріщин, які зазвичай супроводжують усадку, підвищує водопроникність і зменшує стійкість поверхневого шару ґрунту в укосах. При усадці відбувається не тільки механічне ущільнення і розтріскування породи, але і перерозподіл розчинних хімічних компонентів ґрунту. В умовах сухого і жаркого клімату усадочні клиновидні тріщини розбивають масив глинистого ґрунту на глибину до декількох метрів.

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

Величина тиску набухання для більшості глини, як правило, не перевищує 150 – 200 кПа, а в деяких випадках може сягти 1,2 – 1,5 МПа.

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

Кількісно набухаючі ґрунти характеризуються такими показниками: тиском набухання (p_{sw}), вологістю набухання (w_{sw}), відносним набуханням (ε_{sw}) при зволоженні та відносним зсіданням при висиханні (ε_{sh}).

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

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

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

Відносне набухання визначається за результатами компресійних випробувань і підраховується за формулою

$$\varepsilon_{sw} = \frac{h_{sat} - h_n}{h_n}, \quad (8.2)$$

де h_n – висота зразка природної вологості і щільності, обтиснутого тиском p без можливості бокового розширення;

h_{sat} – висота того ж зразка після замочування до повного водонасичення при такому ж тиску.

Якщо ε_{sw} визначається тільки при одному значенні тиску, то цей тиск рекомендується брати рівним

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

де $\sigma_{z,p}$ – вертикальний тиск на заданій глибині від навантаження фундаменту;

$\sigma_{z,g}$ – тиск на тій же глибині від власної ваги ґрунту (природний тиск);

$\sigma_{z,ad}$ – додатковий вертикальний тиск від ваги незволоженої частини масиву ґрунту за межами площі замочування.

Відносна усадка при висиханні визначається за формулою

$$\varepsilon_{sh} = \frac{h_n - h_d}{h_n}, \quad (8.4)$$

де h_n – висота зразка ґрунту можливої найбільшої вологості при обтисненні його сумарним вертикальним напруженням без можливості бокового розширення;

h_d – висота зразка ґрунту в тих же умовах при зменшенні вологості внаслідок висихання.

Ступінь прояву набухання та усадки, як і в просідних ґрунтах, залежить від конкретних гідрогеологічних умов. Набухання та усадка можливі за рахунок таких факторів:

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

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

8.4 Суфозія та карст

Суфозія (лат. "суфозіо" – виношу) – процеси винесення частинок ґрунту рухомою водою (механічна суфозія), розчинення порід та винесення розчинів (хімічна суфозія або карст).

8.4.1 Механічна суфозія

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

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

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

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

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

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

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

При визначенні заходів боротьби з суфозією необхідно перш за все припинити рух води через масив гірської породи. Для цього застосовується тампонаж порід тверднучими розчинами, улаштовуються дренажі, протифільтраційні завіси і т. ін.

8.4.2 Пливуни

Гідродинамічні процеси, що відбуваються в пухких гірських породах, призводять інколи до виникнення пливунності (утворення пливунів).

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

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

Головні специфічні властивості пливунів такі:

- приходять у пливунний стан при дуже низьких значеннях гідродинамічного тиску;
- погано віддають воду (вода каламутна, з мулистими частинками);
- при висиханні маса справжніх пливунів твердне (за рахунок колоїдних зв'язків);
- перетворюються в рідину при невеликій вологості (приблизно 0,30);
- мають властивості тиксотропії (перетворюються на рідину при динамічних впливах).

Якщо при будівництві пливуни не оголюються, то вони можуть бути надійними основами споруд (витримують значні навантаження при незначних деформаціях). Якщо ж пливун розкритий котлованом, то він може повністю витекти в котлован, що призводить до суттєвого збільшення земляних робіт, а також до пошкоджень існуючих споруд внаслідок осідання поверхні.

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

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

8.4.3 Карст

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

Карст займає більше 50 млн. км² поверхні Землі. Уперше карстові процеси детально були вивчені на узбережжі Адріатичного моря на плато Карст поблизу м. Трієста, звідки й одержали свою назву.

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

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

Розчинення гірських порід може відбуватись як на поверхні, так і на глибині. Виникають характерні форми поверхні карстового рельєфу – борозни, гребені, вирви і т. ін. Виникнення порожнин призводить до провалів порід, що залягають вище.

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

Вилужування водою карбонатних порід проходить з часом відносно слабо і повільно. Тому при оцінюванні таких порід доводиться урахувати уже існуючий в них карст. У гіпсі та кам'яній солі розчинення проходить швидко і карст може різко прогресувати (протягом терміну служби споруди).

Заходи щодо запобігання розвитку карста.

1. Для недопущення потрапляння в карстувальні гірські породи талих та дощових вод:

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

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

8.5 Морозне здимання

При промерзанні глинистих ґрунтів, доступних для проникнення в них вологи, в умовах неможливості збільшення їхнього об'єму, розвивається тиск, аналогічний тиску набухання. Його величина може досягати 100 – 200 кПа. За відсутності огорожень відбувається збільшення об'єму промерзаючих ґрунтів, яке називається здиманням.

У тих випадках, коли тиск здимання перевищує величину тиску від власної ваги ґрунту і ваги споруд, відбувається піднімання земної поверхні

разом з спорудами, побудованими на ній. Це піднімання відбувається дуже нерівномірно і призводить до утворення горбкуватого рельєфу і появи тріщин у стінах будинків.

Найбільшою мірою морозному здиманню піддаються пилюваті суглинки та супіски. У таких ґрунтах, як галька, гравій, крупний пісок здимання не виникає. Величина здимання за інших рівних умов збільшується при зменшенні глибини залягання ґрунтових вод.

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

Впливу зимового здимання на стійкість споруд запобігають закладанням фундаментів на глибину, яка перевищує зимове промерзання ґрунтів.

Для запобігання зимового здимання на шляхах удаються до зниження рівня ґрунтових вод за допомогою дренажів. Нерідко потрібно повністю замінювати такі ґрунти на дренавальні, які не змінюють об'єму при замерзанні.

8.6 Зсуви

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

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

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

При оцінюванні стійкості (М. М. Маслов) усі схили підрозділяють на три основні групи: схили зносу, схили обрушення, схили накопичення.

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

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

Причини порушення стійкості схилів можна поділити на дві великі групи:

- збільшення активних зсувних сил;

- зменшення сил опору схилів.

Інколи обидва ці фактори діють одночасно.

Збільшення активних зсувних сил може бути викликане зведенням на схилах інженерних споруд, відсипкою кавальєрів, збільшенням маси самої товщі (наприклад, при обводненні), зростанням крутизни укосу.

Зниження сил опору може бути викликане зменшенням міцності ґрунту або зменшенням об'єму утримувальних мас.

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

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

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

- обвали та вивали (рис. 8.3, а) виникають у жорстких породах при крутих уступах і розвинутій тріщинуватості;

- обрушення із зрізом і обертанням виникають на схилах, які складаються із глинистих ґрунтів з достатньо однорідною будовою. Лінії зрізу укосу мають криволінійний обрис (рис. 8.3, б);

- відкол при просіданні (рис. 8.3, в), обумовлений видавлюванням із товщі укосу або з його основи слабких розм'якшених порід просідних або розморожених ґрунтів, витіканням із схилу гідродинамічно нестійких пісків – пливунів, хімічною суфозією;

- зсув ковзання (рис. 8.3, г) має яскраво виражену поверхню сковзання із значним кутом падіння у бік схилу. Ковзання відбувається по малопотужних глинистих прошарках, контакту двох шарів, лініях тектонічних розломів. Вирішальну роль тут завжди відіграє вивітрювання та змочування водою поверхні ковзання;

- покривні зсуви сповзання (рис. 8.3, д), при яких роль поверхні ковзання виконує поверхня корінних порід;

- обпливання (рис. 8.3, е) виникають при переміщенні по схилу сильно зволжених земляних мас, які за характером близькі до селю. Часто відбуваються у місцях виходів ґрунтових вод – джерел.

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

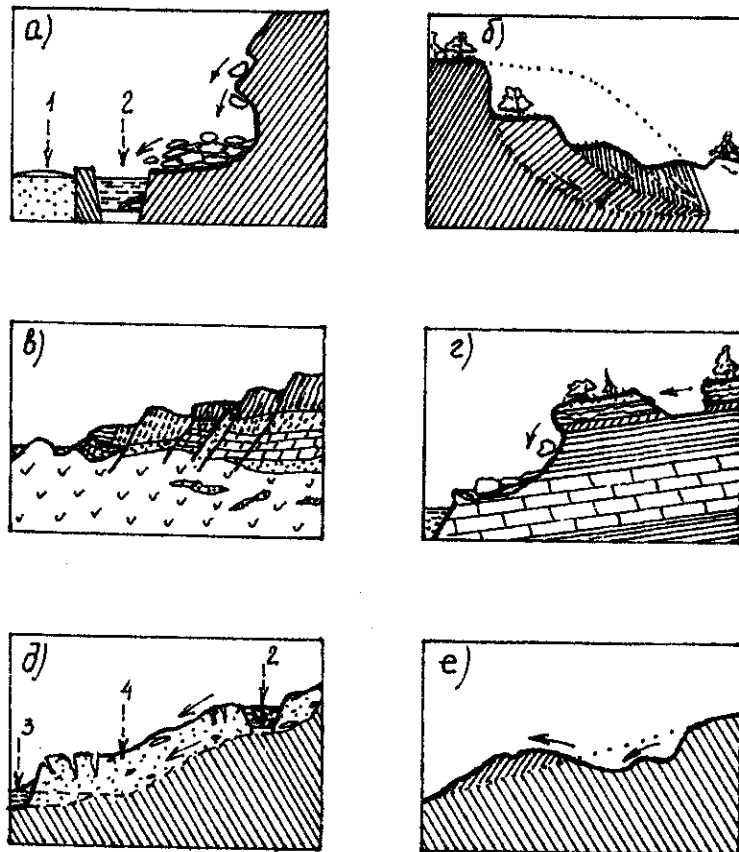


Рисунок 8.3 – Основні форми порушення стійкості і деформації схилів: а – обвали, вивали; б – обрушення із зрізом та обертанням; в – відкол при просіданні; г – ковзання; д – покривні зсуви (сповзання); е – обпливання; 1 – шлях; 2 – канал; 3 – річка; 4 – зсувний делювій

Збереженню механічних властивостей ґрунтів сприяє регулювання поверхневого стоку (улаштування зливової каналізації, нагірних канал, протифільтраційне покриття укосів), запобігання витoku із водопровідних та каналізаційних мереж.

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

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

8.7 Зрушення гірських порід

Виймання корисних копалин із надр Землі викликає появу порожнин у товщах гірських порід. Поява вироблених просторів спричинює опускання гірських порід, які залягають вище. Його називають зрушенням.

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

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

Величина осідання земної поверхні в межах мульди зрушення неоднакова. Її максимальна величина (в центральній частині мульди) сягає на Донбасі при пологому заляганні пластів 50 – 60% потужності виробленого пласта, а при крутому (кут падіння більше 45°) – 30 – 50% тієї ж потужності.

Характер зрушення гірських порід визначається:

- потужністю шару корисних копалин;
- параметрами простору підземної виробітки;
- кутом зсуву гірських порід;
- ступенем заповнення виробітки порожньою породою після завершення добування;
- геологічною структурою порід, що перекривають виробку;
- швидкістю виймання і засобами виконання робіт.

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

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

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке інженерно-геологічні процеси? Їхні основні особливості.
2. Які фактори викликають ущільнення ґрунтів внаслідок збільшення тиску? Як проходить ущільнення?
3. Що розуміють під просідними ґрунтами? Які ґрунти до них відносяться?
4. Де в Україні розповсюджені просідні ґрунти?
5. Назвіть основні характеристики просадковості ґрунтів. Їхня фізична суть, способи визначення.
6. Причини просадковості лесових ґрунтів. Фактори, які спричиняють виникнення просідання.
7. Види замочування просідних ґрунтів і можливі форми зволоженої зони.
8. Що таке явище набухання? У яких ґрунтах воно виникає?
9. Характеристики набухання та зсідання глинистих ґрунтів.
10. Що таке суфозія? Її види.
11. Яку роботу виконує механічна суфозія? Заходи боротьби з нею.
12. Будівництво на закарстованих територіях. Як воно залежить від ступеня розчинності гірських порід?
13. Що таке пливуні? У чому полягає небезпека зустрічі з пливунами при будівництві?
14. В яких ґрунтах виникає морозне здимання? Як залежить глибина закладання фундаментів від цього явища?
15. Які основні умови, причини та фактори виникнення і розвитку зсувів різних типів?
16. Опишіть основні заходи та засоби, які застосовуються для стабілізації схилів при дії різних факторів сповзання.
17. Основні типи зсувів і форми рельєфу зсувних схилів.
18. Що таке зрушення гірських порід?

9 ОСНОВИ ГРУНТОЗНАВСТВА

9.1 Природа ґрунтів та їх склад

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

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

Скельні – ґрунти з жорсткими (кристалізаційними або цементаційними) зв'язками між зернами (міцність зв'язків одного порядку з міцністю самих зерен).

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

Нескельні – ґрунти пухкі, без жорстких структурних зв'язків.

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

ґрунти – багатокомпонентна система, до складу якої входять: тверді мінеральні частинки, вода в різних станах, газоподібні включення (повітря). Проміжки між мінеральними частинками, частково або повністю заповнені водою або газами, називаються порами.

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

Найбільш важливі відмінності піщаних ґрунтів від глинистих.

Піщані ґрунти

1. Кількість вологи в порах не більше 0,4 за вагою.
2. Непластичні.
3. Не схильні до набухання.

Глинисті ґрунти

1. Вологість до декількох одиниць.
2. Мають пластичні властивості.
3. При зволоженні набухають, а при висиханні дають зсідання.

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 4. Мають фільтраційну здатність. | 4. Маловодопроникні або водоупори. |
| 5. Стискаються швидко і незначно. | 5. Сильно стискаються, деформації протікають повільно. |

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

1. Капілярні (сили натягу менісків). Притаманні піщаним, пилуватим і частково глинистим ґрунтам;

2. Структурні:

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

– кристалізаційні, які викликані цементацією ґрунту солями; вони міцні, ламкі і незворотні, можуть бути у всіх видів ґрунтів.

9.2 Фізичні характеристики ґрунтів

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

Фізичні характеристики властивостей ґрунтів поділяють на дві групи:

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

Дослідним шляхом визначаються: питома вага часточок ґрунту, питома вага ґрунту, вологість, границі пластичності, коефіцієнт фільтрації. Усі інші характеристики визначаються розрахунком.

Основні відомості про фізичні характеристики ґрунтів наведені в табл. 9.1, де для основних характеристик прийняті такі умовні позначення: G – вага ґрунту, G_s – вага твердих часточок, G_w – вага води, V – об'єм ґрунту, V_s – об'єм твердих часточок, I – напірний градієнт, Q – витрата води, A – площа поперечного перерізу ґрунту.

Таблиця 9.1 – Основні відомості про фізичні характеристики ґрунтів

Назва	Визначення	Умовні позначення	Формула підрахунку	Одиниця виміру	Межі змінювання
1	2	3	4	5	6
Питома вага	Вага одиниці об'єму ґрунту в природному стані (з урахуванням пор і заповнення їх водою)	γ	$\gamma = \frac{G}{V}$	кН/м ³	15 – 21
Питома вага частинок ґрунту	Вага одиниці об'єму ґрунту в абсолютно щільному стані (або питома вага мінеральних часточок)	γ_s	$\gamma_s = \frac{G_s}{V_s}$	кН/м ³	25 – 28
Вологість	Вміст води в ґрунті в долях одиниці від ваги мінеральної частини	w	$w = \frac{G_w}{V_s}$	Частки одиниці	0 – 5,0
Вологість на границі пластичності	Вологість, при якій ґрунт переходить із твердого стану в пластичний	w_p		Частки одиниці	0,09 – 0,90
Вологість на границі текучості	Вологість, при якій ґрунт переходить із пластичного стану в текучий	w_L		Частки одиниці	0,15 – 5,0
Коефіцієнт фільтрації	Швидкість фільтрації води в ґрунті при напірному градієнті, який дорівнює одиниці	k_f	$k_f = \frac{Q}{IA}$	м/добу	0 – 1000
Число пластичності	Діапазон вологості, в якому ґрунт знаходиться в пластичному стані	I_p	$I_p = w_L - w_p$	Частки одиниці	0 – 4,0
Показник текучості	Характеристика природного стану ґрунту за пластичністю	I_L	$I_L = \frac{w - w_p}{I_p}$	Частки одиниці	< 0 – > 1
Питома вага сухоґрунту	Вага одиниці об'єму ґрунту у висушеному стані	γ_d	$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w}$	кН/м ³	12 – 18
Пористість	Частка, яку складає об'єм пор від загального об'єму	n	$n = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$	Частки одиниці	0 – 0,80
Коефіцієнт пористості	Частка, яку складає об'єм пор від об'єму мінеральної частини ґрунту	e	$e = \frac{\gamma_s}{\gamma}(1 + w) - 1$	Частки одиниці	0 – 1,5

Продовження таблиці 9.1

1	2	3	4	5	6
Ступінь вологості	Відношення природної вологості до вологості повної вологості (ступінь заповнення пор водою)	S_r	$S_r = \frac{w\gamma_s}{e\gamma_w}$	Частки одиниці	0 – 1
Показник неоднорідності гранулометричного складу	Співвідношення діаметра часточок, менше яких у ґрунті міститься відповідно 60 та 10 % (за масою) часточок	C_u	$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	Частки одиниці	1 – 15
Ступінь щільності пісків	Характеристика природного ступеня щільності відносно гранично-щільного і гранично-пухкого станів	I_D	$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$	Частки одиниці	0 – 1
Питома вага ґрунту, виваженого водою	Вага одиниці об'єму ґрунту у виваженому стані	γ_{sb}	$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}$	кН/м ³	7 – 12

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

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

У випадках неможливості відбору зразка непорушеної структури (ґрунти у текучому стані, пухкі маловологі піски тощо) для визначення питоми ваги використовують польові методи: статичне або динамічне зондування, радіоізотопні методи.

Питому вагу часточок ґрунту визначають за допомогою пікнометра.

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

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

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

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

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

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

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

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

Характеристики пластичності дозволяють говорити про ступінь глинистості (процентний вміст глинистих частинок) та природний стан ґрунту за пластичністю.

У таблиці 9.2 наведена класифікація глинистих ґрунтів, а на рис. 9.1

– залежність границь пластичності від процентного вмісту глинистих частинок.

Таблиця 9.2 – Класифікація глинистих ґрунтів

Назва ґрунту	Вміст глинистих частинок (дрібніші 0,005 мм), % за вагою
Глина важка (жирна)	більше 60
Глина	60 – 30
Суглинок важкий	30 – 20
Суглинок середній	20 – 15
Суглинок легкий	15 – 10
Супісок важкий	10 – 6
Супісок легкий	6 – 3
Пісок	менше 3

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

Супіски	$0,01 \leq I_p \leq 0,07$
Суглинки	$0,07 < I_p \leq 0,17$
Глини	$I_p > 0,17$

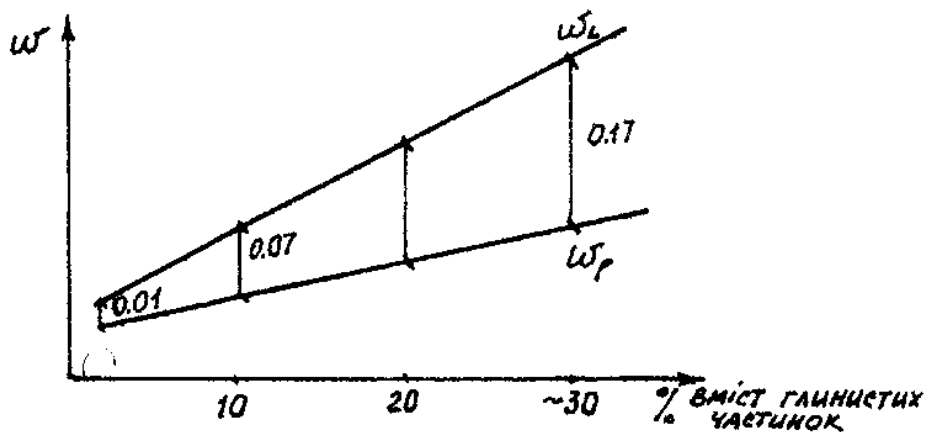


Рисунок 9.1 – Залежність границь пластичності від процентного вмісту глинистих частинок

Згідно з визначенням границь пластичності ґрунт знаходиться в твердому стані, якщо $w < w_P$, у текучому стані, якщо $w > w_L$ і в пластичному стані, якщо $w < w_P < w_L$. Для кількісної оцінки природного стану ґрунту за пластичністю застосовується така характеристика, як показник текучості I_L (див. табл. 9.1). Згідно з формулою підрахунку для твердих ґрунтів $I_L < 0$, для текучих $I_L > 1$ і для ґрунтів у пластичному стані $0 \leq I_L \leq 1$.

9.3 Будівельна класифікація ґрунтів

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

Гірські породи за їхніми основними інженерно-геологічними ознаками можна групувати у певні категорії. Тим самим при розв'язанні інженерно-геологічних задач значно скорочується кількість розрахункових схем механіки ґрунтів шляхом їх систематизації.

Відповідно до нормативів, класифікація ґрунтів включає такі таксономічні одиниці, що виділяються за групами ознак:

- клас – за загальним характером структурних зв'язків;
- група – за характером структурних зв'язків (з урахуванням їх міцності);
- підгрупа – за походженням та умовами утворення;
- тип – за речовинним складом;
- вид – за найменуванням ґрунтів (з урахуванням розмірів часток та показників властивостей);
- різновиди – за кількісними показниками речовинного складу, властивостей та структури ґрунтів.

Виділяють такі класи ґрунтів: природних скельних, природних дисперсних (нескельних) (див. підрозділ 9.1), природних мерзлих, техногенних (штучного походження).

Подальший поділ природних скельних ґрунтів (на групи, підгрупи, типи і види) проводиться за генезисом, постгенетичними процесами та за петрографічним складом (табл. 9.3).

Таблиця 9.3 – Клас ґрунтів з жорсткими структурними зв'язками (природні скельні ґрунти)

Група	Підгрупа	Тип	Вид
1	2	3	4
Магматичні	Інтрузивні (глибинні)	Ультраосновного складу	Перидотити, дуніти, піроксеніти
		Основного складу	Габро, норіти, анортозити, діабазиди, діабазові порфірити, долерити
		Середнього складу	Діорити, сієніти, порфірити, ортоклазові порфіри
		Кислого складу	Граніти, гранодіорити, кварцові сієніти, діорити, кварцові порфіри, кварцові порфірити

Продовження таблиці 9.3

1	2	3	4
Магматичні	Ефузивні (вивержені)	Основного складу	Базальти, долерити
		Середнього складу	Андезити, вулканогенно-уламкові ґрунти, обсидіани, трахіти
		Кислого складу	Ліпарити, дацити, риоліти
Метаморфічні		Силікатні	Гнейси, сланці, кварцити
		Карбонатні	Мармури, роговики, скарни
		Залізисті	Залізні руди
Осадіві зцементовані		Силікатні	Конгломерати, брекчії, пісковики, туфіти
		Карбонатні	Доломіти, вапняки
Напівскельні	Ефузивні	Силікатні	Вулканогенно-уламкові ґрунти
	Осадіві	Силікатні	Аргиліти, алевроліти, пісковики
		Кремністі	Опоки, трепели, діатоміти
		Карбонатні	Крейди, мергелі, вапняки
		Сульфатні	Гіпси, ангідрити
		Галоїдні	Галіти, карноліти

Таблиця 9.4 – Клас природних дисперсних ґрунтів (природні нескельні ґрунти)

Група	Підгрупа	Тип	Вид
Зв'язні	Осадіві	Мінеральні	Глинисті
		Органомінеральні	Мули, сапропелі, заторфовані ґрунти
		Органічні	Торфи
Незв'язні	Осадіві	Мінеральні	Піски, великоуламкові ґрунти

Для визначення складу ґрунтів проводять гранулометричний аналіз. Для великоуламкових та піщаних ґрунтів його проводять ситовим методом, який полягає в просіюванні піску через сита з різними розмірами отворів. Розподіл великоуламкових та піщаних ґрунтів на різновиди за гранулометричним складом показаний в табл. 9.5.

Для тонкозернистих ґрунтів такий метод неприпустимий через граничну тонкість ситової тканини (біля 0,1 мм) і труднощі поділу в сухому стані агрегатів на окремі зерна, тому повний аналіз тонкодисперсного ґрунту проводять у два етапи. На першому визначають процентний вміст зерен у породі з розмірами частинок крупніше 0,1 мм просіюванням на стан-

дартному наборі сит, на другому – процентний вміст частинок з розмірами зерен менше 0,1 мм з вимірюванням швидкості осідання часток ґрунту у воді.

Таблиця 9.5 – Розподіл великоуламкових та піщаних ґрунтів на різновиди за гранулометричним складом

Різновид	Розмір зернин, часток, мм
<p>Великоуламкові:</p> <ul style="list-style-type: none"> - валунні та глибисті; - галечникові та щербенисті; - гравійні та жорствяні 	<p>часток крупніше 200 мм більше 50% за вагою;</p> <p>часток крупніше 10 мм більше 50% за вагою;</p> <p>часток крупніше 2 мм більше 50% за вагою</p>
<p>Піски:</p> <ul style="list-style-type: none"> - гравіюваті (жорствяний); - крупні; - середньої крупності; - мілкі; - пилюваті 	<p>часток крупніше 2 мм більше 25% за вагою;</p> <p>часток крупніше 0,5 мм більше 50% за вагою;</p> <p>часток крупніше 0,25 мм більше 50% за вагою;</p> <p>часток крупніше 0,1 мм 75% і більше;</p> <p>часток крупніше 0,1 мм менше 75% за вагою</p>

Найбільш простим методом гранулометричного аналізу глинистих ґрунтів є ареометричний. Він базується на вимірюванні ареометром щільності суспензованого розчину, яка змінюється з часом через випадання з води завислих частинок ґрунту.

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

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

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

Виділяють такі різновиди великоуламкових та піщаних ґрунтів за ступенем вологості:

маловологі

$$0 < S_r \leq 0,5;$$

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

У таблиці 9.6 наведено різновиди піщаних ґрунтів за щільністю укладення (залежно від коефіцієнта пористості).

Таблиця 9.6 – Різновиди піщаних ґрунтів за щільністю укладення

Піщані ґрунти	Різновиди піщаних ґрунтів		
	щільні	середньої щільності	пухкі
Крупні та середньої крупності	$e < 0,55$	$0.55 \leq e \leq 0.7$	$e > 0,7$
Мілкі	$e < 0,6$	$0.6 \leq e \leq 0.75$	$e > 0,75$
Пилуваті	$e < 0,6$	$0.6 \leq e \leq 0.8$	$e > 0,8$

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

супіски

тверді $I_L < 0$;
пластичні $0 \leq I_L \leq 1$;
текучі $I_L > 1$;

суглинки та глини

тверді $I_L < 0$;
напівтверді $0 \leq I_L \leq 0,25$;
тугопластичні $0,25 \leq I_L \leq 0,50$;
м'якопластичні $0,50 \leq I_L \leq 0,75$;
текучопластичні $0,75 \leq I_L \leq 1$;
текучі $I_L > 1$.

9.4 Будівельні властивості основних видів дисперсних ґрунтів

Великоуламкові ґрунти. Міцність їх залежить від складових порід та щільності укладення. Найбільшу міцність мають уламки магматичних порід, найменшу – осадових. Великоуламкові ґрунти практично не піддаються ущільненню, їм властива велика водопроникність. У цілому ці ґрунти – надійні основи для будинків та споруд.

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

Найбільша міцність властива піскам з переважанням твердих, стій-

ких до води мінералів (кварц, польові шпати та ін.). У більшості випадків піщані ґрунти є надійними основами будинків та споруд.

Пилуваті та глинисті ґрунти – найбільш розповсюджені основи будинків та споруд.

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

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

Глинистим ґрунтам властива велика і тривала стисливість під навантаженням. Деякі глинисті ґрунти схильні до набухання та зсідання (див. підрозділ 8.3).

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

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

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

Глинисті ґрунти – слабоводопроникні або водоупори. У зв'язку з невеликими коефіцієнтами фільтрації час їхніх деформацій під навантаженням суттєво зростає в умовах повного водонасичення. Деформації можуть розвиватися роками і десятиріччями.

Серед глинистих ґрунтів лесові ґрунти є надто специфічними утвореннями. Вміст у них часток розміром 0,05 – 0,005 мм (пилуватих) перевищує 50%. Вони макропористі, загальна пористість, як правило, перевищує 0,4, нешаруваті, не містять піщаних прошарків та включень грубоуламкового матеріалу (крім вапнякових конкрецій). Ці породи карбонатні, недоущільнені, неводостійкі. Залягають лесові ґрунти на різних елементах рельєфу, покриваючи їх потужним плащоподібним чохлам. За своїми інженерно-геологічними особливостями вони різко відрізняються від звичайних глинистих ґрунтів (див. підрозділ 8.2).

У розглянутій класифікації виділено в самостійні види мули, сапро-

пелі, заторфовані ґрунти (див. табл. 9.4).

Мули мають специфічні особливості, котрі різко погіршують їхні інженерно-геологічні властивості та знижують їхню несучу спроможність.

До мулів відносять перезволожені, глинисті утворення на початковій стадії формування глинистих ґрунтів (початкова стадія літифікації) за участю мікробіологічних процесів. Мули – це переважно морські відклади. Вони відрізняються: високою стисливістю; повільним протіканням ущільнення під навантаженням; реологічними властивостями (повзучістю); надто низькою міцністю; анізотропією міцнісних, деформаційних, фільтраційних, реологічних характеристик; здатністю перетворюватися в рідоту при динамічних діях (удари, рух транспорту, сейсмічні впливи).

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

Сапропелі – це прісноводні мули, які утворились на дні озерних водоймищ за рахунок продуктів розпаду рослинних та тваринних організмів і вміщують більше 10% органічної речовини у вигляді гумусу та рослинних залишків. Коефіцієнт пористості сапропелів зростає із збільшенням вмісту органічної речовини і змінюється від 3 до 30 одиниць, показник текучості більше одиниці. Вміст фракцій більше 0,25 мм не перевищує 5%. Будівельникам нерідко доводиться зводити насипи на заболочених та просто болотистих ділянках (особливо в плавнях річок).

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

Серед осадових незцементованих ґрунтів виділяють тип органічних, основним представником яких є торф.

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

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

Залежно від вмісту органічної речовини виділяють:

слабозаторфовані ґрунти	$0,10 < I_{om} \leq 0,25;$
середньозаторфовані ґрунти	$0,25 < I_{om} \leq 0,40;$
сильнозаторфовані ґрунти	$0,40 < I_{om} \leq 0,50;$
торфи	$I_{om} > 0,50.$

Слід відрізнити відкриті торфи (суцільні торф'яні поклади) та захо-

ронені торфи, які перекриті шарами мінеральних ґрунтів.

Заторфовані ґрунти та торфи відрізняються великою і тривалою стисливістю (внаслідок продовження процесів мінералізації та повзучості скелета), суттєвою мінливістю та анізотропією міцнісних, деформаційних та фільтраційних характеристик.

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

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

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

Рослинні шари внаслідок розмокання, невеликої міцності не використовуються як основи за винятком похованих рослинних шарів, які залягають у товщі інших порід. Оскільки поховані рослинні шари значний час знаходяться під тиском, вони за своїми властивостями близькі до порід, що їх містять.

Клас техногенних (штучних) ґрунтів підрозділяється залежно від характеру діяльності людини: змінені в природному заляганні, насипні та намівні ґрунти.

За способом перетворення ґрунтів у природному заляганні нормативи виділяють ґрунти, змінені фізичним впливом (ущільнення піщаних ґрунтів трамбуванням, укоченням, осушенням, вібрацією, кольматацією і т. ін. та ущільнення глинистих ґрунтів і рослинних шарів за допомогою електроосмосу, поверхнево-активних речовин, розморожування) та ґрунти, змінені фізико-хімічним впливом (закріплення ґрунтів ін'єкцією хімічних речовин).

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

Можливість використання насипних ґрунтів як основ споруд повинна розглядатись у кожному випадку конкретно залежно від потужності шару, щільності, складу і т.д. Що стосується звалищ, то зводити на них споруди найчастіше неможливо.

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

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Склад природних нескельних ґрунтів, основні відмінності глинистих ґрунтів від піщаних.
2. Види зв'язності ґрунтів.
3. Вкажіть способи визначення вологості ґрунтів, границі пластичності, границі текучості та значення цих характеристик для оцінки складу і стану ґрунтів.
4. Дайте визначення понять: питома вага, питома вага сухого ґрунту, питома вага часточок ґрунту. Яке з них має найбільше значення для одного і того ж ґрунту і чому?
5. Назвіть лабораторні та польові методи визначення щільності ґрунту. Область їх застосування.
6. Що таке ступінь вологості? Для чого він застосовується при класифікації ґрунтів?
7. Назвіть ознаки пористості ґрунтів. Як класифікують піщані ґрунти за щільністю складення?
8. Назвіть фізичні ознаки ґрунтів, які визначаються тільки дослідями.
9. Як класифікуються ґрунти за гранулометричним складом? Способи оцінювання гранулометричного складу для великоуламкових, піщаних та глинистих ґрунтів.
10. Які бувають різновиди глинистих ґрунтів залежно від показника текучості? Як це впливає на будівельні властивості глинистих ґрунтів?
11. Як класифікуються піщані ґрунти за ступенем вологості?
12. Які параметри чинять вплив на будівельні властивості пісків?
13. Будівельні властивості мулів та торфів.

10 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ВИШУКУВАННЯ

10.1 Мета та задачі вишукувань

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

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

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

Планування та виконання вишукувань здійснюється на основі технічного завдання, яке складається проектною організацією – замовником. Технічне завдання на виконання інженерно-геологічних вишукувань для будівництва повинно містити:

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

- відомості про необхідність проведення вишукувань у процесі будівництва;
- додаткові вимоги, обумовлені галузевою специфікою проектного об'єкта.

До технічного завдання додаються ситуаційні плани із зазначенням розташування ділянок (майданчиків) будівництва, відомості про комунікації.

Технічне завдання є основою для складання вишукувальною організацією програми вишукувань, в якій обґрунтовуються етапи, склад, обсяги, методи, послідовність виконання робіт і на цій підставі складається проектно-кошторисна документація. Програму виконання інженерно-геологічних вишукувань складають на основі відповідного технічного завдання, оцінки категорії складності інженерно-геологічних умов, складності геотехнічного будівництва, ступеня вивченості ділянки (території) і порядку розроблення проектно-кошторисної документації.

У випадку, коли будівництво передбачають на достатньо вивченій території чи планують будівництво будівель і споруд II й III рівнів відповідальності (див. ГОСТ 27751), замість програми робіт допускається скласти технічний припис.

10.2 Види гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень

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

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

Для виявлення особливостей геологічної будови та гідрогеологічних умов будівельного майданчика проходять гірничі виробки. До них відно-

сять шурфи, дудки, траншеї, шахти, штольні, свердловини.

Шурф – вертикальна гірнична виробка квадратного або прямокутного перерізу розмірами від $1 \times 1,25$ до $1,5 \times 1,5$ м, глибиною до 5 – 8 м. Розробку шурфів проводять вручну. У нестійких породах стінки шурфів доводиться закріплювати (підручним лісоматеріалом).

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

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

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

Траншеї – це канали, які улаштовуються на схилах при вивченні дислокованих (круто спадних) товщ. Горизонтальні гірничі виробки, що улаштовуються в межах схилів, називаються штольнями. Для забезпечення стоку підземних вод та полегшення транспортування дну штольні надають деякого нахилу від вибою до гирла.

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

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

Верх свердловини називається гирлом, нижня частина – вибоєм.

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

Желонку застосовують при бурінні свердловин у сипучих породах

(пісках) і дуже нещільних розрідинених глинистих. Ударяючись об вибій свердловини, клапан желонки піднімається і ґрунт потрапляє в желонку. При підйомі клапан знову закривається.

Буріння свердловин у суглинках, глинах та вологих пісках виконується за допомогою бурового стакана – відрізка труби з фрезою. Порода, яка увійшла усередину стакана, утримується в ньому силами тертя.

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

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

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

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

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

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

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

З розвідувальних виробок, в міру їх проходки, відбирають зразки ґрунтів двох видів – порушеної структури і непорушеної при природній вологості (моноліти). Зразки порушеної структури для визначення вологості відбирають із збереженням природної вологості (у мішечки з еластичної плівки або щільної тканини). Об'єм відібраних зразків повинен бути не менше 2000 см³ у скельних і великоуламкових ґрунтах, 1000 см³ – у піщаних і 500 см³ – у глинистих ґрунтах. Готують дві етикетки, в яких зазначені місця, номер розвідувальної виробки і глибина відбору. Одну етикетку, за-

горнуту в кальку, вкладають усередину, другу – наклеюють на мішечок.

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

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

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

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

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

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

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

Методи ядерної фізики засновані на вимірюванні інтенсивності природних та штучних випромінювань (наприклад, гама-каротаж). Методи дозволяють оцінити щільність та вологість гірських порід.

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

Стисливість у польових умовах оцінюється в основному на базі випробувань ґрунтів статичним навантаженням на штамп у шурфах та свердловинах. Суть методу полягає в тому, що за допомогою спеціальних при-

строїв створюється навантаження на жорсткий штамп площею 5000 см² у шурфах або 600 см² у свердловинах. У процесі передачі навантажень вимірюють деформацію ґрунту під штампом, у результаті чого визначають головну деформаційну характеристику ґрунту – модуль загальної деформації.

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

Для визначення щільності ґрунтів у польових умовах найчастіше застосовують зондування. Суть його полягає у занурюванні конічного наконечника (зонда) діаметром 36 або 74 мм з кутом при вершині 60°. Розрізняють статичне та динамічне зондування.

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

Під час динамічного зондування визначають показник динамічного зондування або число ударів для занурення на певну глибину (як правило, 10 см). Для оцінювання характеристик ґрунту переходять до умовного питомого динамічного опору q_d (за емпіричними формулами). Результати динамічного зондування оформляють з допомогою графіків (рис. 10.1). За графіком можна виділити шари ґрунтів.

За допомогою установок статичного зондування, які застосовують пошукові організації, випробування ґрунтів можна проводити за двома основними схемами. За першою схемою зондування виконують при діаметрі наконечника, що дорівнює діаметру штанг; при цьому фіксують опір ґрунту конусу (q_c) і тертю по бічній поверхні штанг (f_c). Тертя може фіксуватися по всій поверхні штанг або на певній ділянці (муфті тертя) вище конічного наконечника. Результати також оформляють за допомогою графіків (рис. 10.2).

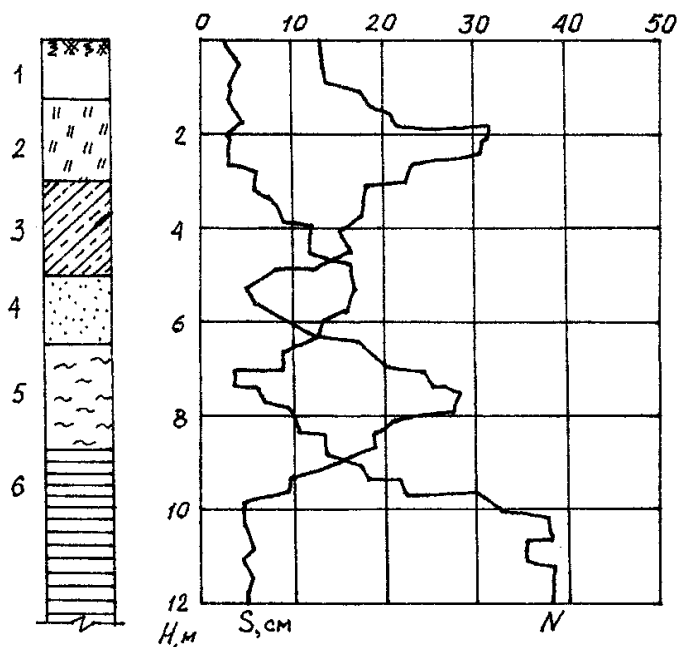


Рисунок 10.1 – Графік динамічного зондування:
 S – занурення конуса зонда; N – кількість ударів; 1 – рослинний шар; 2 – лес; 3 – суглинок; 4 – пісок; 5 – мулистий ґрунт; 6 – глина

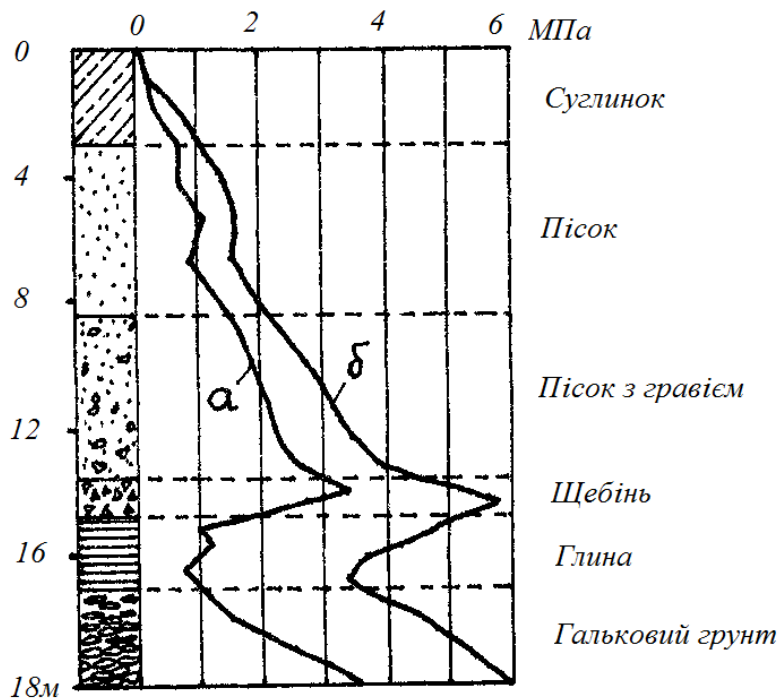


Рисунок 10.2 – Графік статичного зондування:
 а – лобовий опір ґрунтів; б – загальний опір ґрунтів

За другою схемою зондування виконують при діаметрі наконечника, який перевищує діаметр штанг в 1,6 і більше разів; при такому співвідно-

шенні, крім виключення або значного зниження тертя по бічній поверхні штанг, створюються умови для випирання ґрунту в утворювану при зондуванні порожнину між стінками свердловини і штангою.

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

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

10.3 Склад та обсяг вишукувань

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

Види та обсяги інженерно-геологічних робіт визначають залежно від:

- ступеня інженерно-геологічної вивченості території;
- цільового призначення вишукувань;
- складності геологічних умов;
- наявності ґрунтів із особливими властивостями;
- глибини залягання та режиму підземних вод;
- зони активної взаємодії з геологічним середовищем;

- рівня відповідальності будівель і споруд.

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

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

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

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

Рекогносцирувальне обстеження території включає огляд ділянки планованої забудови та прилеглої території (у т. ч. опис відслонень, водотоків і виходів підземних вод, ознак прояву інженерно-геологічних процесів, візуальне обстеження існуючої забудови), а також результати опитування населення (працівників підприємства).

Рекогносцирувальне обстеження проводять за попередньо наміченими маршрутами (обстеження може бути суміщеним із маршрутними спостереженнями), а результати наносять на топографічну основу.

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

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

Геофізичні роботи виконують у комплексі з гірничопрохідницькими, геотехнічними та гідрогеологічними роботами або передують їм.

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

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

Гірничі виробки розміщують по контурах і (або) осях проєктованих будівель та споруд. Крім того, у місцях різкої зміни навантажень на фундамент, глибини їх закладання, висоти споруд, а також на межах різних геоморфологічних елементів необхідно розміщувати додаткові виробки.

За необхідності вивчення сфери взаємодії проєктованих будівель і споруд з геологічним середовищем, існуючою забудовою, а також за наявності небезпечних процесів необхідно розміщувати додаткові виробки за межами контуру проєктованої будівлі (споруди).

Мінімальну кількість гірничих виробок у межах контурів кожної будівлі (споруди) і відстань між ними визначають із урахуванням раніше пройдених виробок та суміжних (якщо проєктується група будівель та споруд) згідно з табл. 10.1

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

Гірничі виробки проходять з метою:

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

Таблиця 10.1 – Мінімальна кількість гірничих виробок у межах контурів будівлі (споруди) і відстань між ними

Категорія складності інженерно-геологічних умов	Відстань між гірничими виробками (м) – у чисельнику; мінімальна кількість (шт.) – у знаменнику		
	Рівень відповідальності будівель та споруд		
	I	II	III
I (прості)	$\frac{75 - 50}{\text{не менше } 3}$	$\frac{100 - 75}{\text{не менше } 3}$	$\frac{100-75}{1 - 2}$
II (середньої складності)	$\frac{40 - 30}{\text{не менше } 4-5}$	$\frac{50 - 40}{\text{не менше } 3}$	$\frac{50 - 40}{1 - 2}$
III (складні)	$\frac{25 - 20}{\text{не менше } 4-5}$	$\frac{30 - 25}{\text{не менше } 3}$	$\frac{30 - 25}{\text{не менше } 3}$

Примітка. Максимальні відстані між виробками треба брати для будівель та споруд малочутливих до нерівномірних осідань, мінімальні – для чутливих.

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

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

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

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

Коли на будівельному майданчику залягають специфічні за складом та станом ґрунти (мули, просадкові, заторфовані, насипні, пухкі піски, засолені, набухаючі), то необхідно гірничі виробки проводити на повну глибину залягання цих ґрунтів.

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

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

За відсутності у проектувальника до моменту видачі технічного завдання на вишукування даних про глибину зони стисливості глибина проходки призначається залежно від типів фундаментів та діючого навантаження (табл. 10.2).

Таблиця 10.2 – Рекомендована глибина гірничих виробок при зведенні будівель із різними основами

Будівля на стрічкових фундаментах		Будівля на окремих опорах	
навантаження на фундамент, кН/м (поверховість)	глибина гірничої виробки від підшви фундаменту, м	навантаження на опору, кН	глибина гірничої виробки від підшви фундаменту, м
до 100 (1)	4 – 6	до 500	4 – 6
200 (2 – 3)	6 – 8	1 000	5 – 7
500 (4 – 6)	9 – 12	2 500	7 – 9
700 (7 – 10)	12 – 15	5 000	9 – 13
1000 (11 – 16)	15 – 20	10 000	11 – 15
2000 (понад 16)	понад 20	15 000	12 – 19
—	—	50 000	понад 19

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

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

Необхідність висвітлення геологічної обстановки з достатньою пов-

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

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

Деформаційні характеристики ґрунтів слід визначати переважно польовими методами. Лабораторні методи застосовуються з метою скорочення обсягу польових досліджень (через їхню дорожнечу), якщо є графіки (таблиці) переходу від лабораторних даних до польових.

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

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

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

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

В умовах складної геологічної будови обсяг інженерно-геологічних робіт може бути дуже значним, тоді як у районах розповсюдження потужних товщ однорідних порід, тобто в умовах простої геологічної будови, цей обсяг може бути зведений до мінімуму.

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

При вишукуваннях для будівництва споруд I класу дослідження повинні проводитись з використанням повного комплексу методів відповідно до вибраних типів фундаментів та ґрунтових умов, включаючи найточніші та найдорожчі види польових досліджень.

Для споруд II класу склад досліджень значною мірою зазначається конструктивними особливостями споруд. Для будинків та споруд III класу обмежуються переважно проведенням лабораторних досліджень ґрунтів та зондуванням.

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

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

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

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

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

10.5 Звіт про інженерно-геологічні вишукування. Геологічні карти та розрізи

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

У звіті повинні бути такі розділи:

- опис клімату, рельєфу, фізико-геологічних процесів та явищ;
- відомості про наявність та причини деформацій існуючих будинків та споруд;
- геолого-стратиграфічні розрізи з основними водоносними горизонтами;
- нормативні та розрахункові значення характеристик ґрунтів, що знаходяться в межах інженерно-геологічних елементів, а також оцінка їхньої просторової мінливості;
- прогноз зміни стану властивостей ґрунтів;

- інженерно-геологічне районування території;
- порівняльна оцінка виділених ділянок;
- висновки та рекомендації, необхідні для прийняття проектних рішень.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

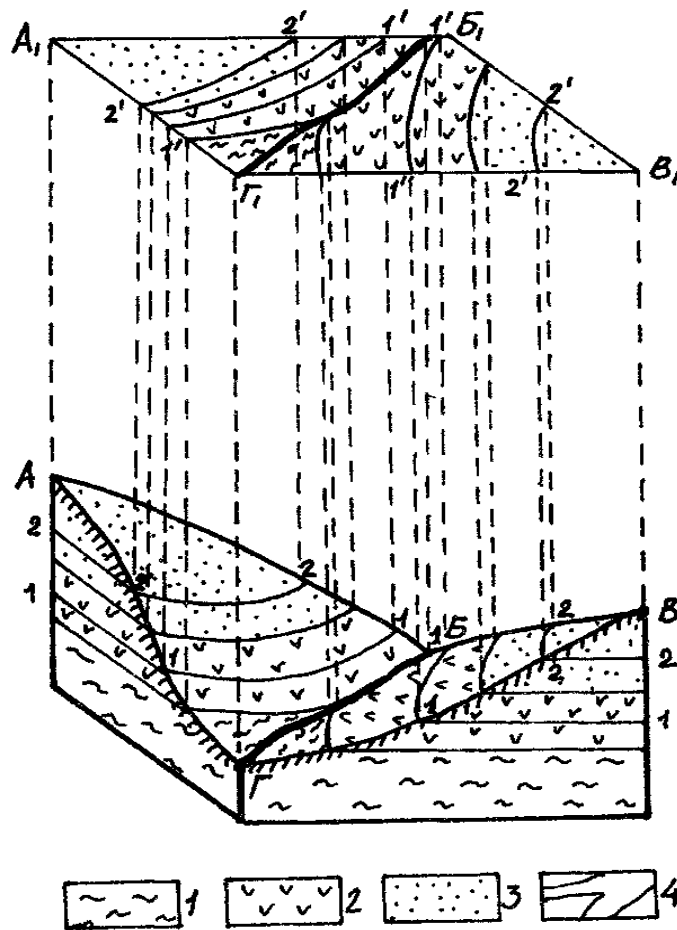


Рисунок 10.3 – Побудова геологічної карти в умовах горизонтально залягаючих пластів, розкритих на сильно пересіченій місцевості: 1 – нижній пласт; 2 – середній пласт; 3 – верхній пласт; 4 – границі пластів; 1-1-1 і 2-2-2 – горизонтальні перерізи місцевості; 1' – 1' і 2' – 2' горизонталі

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

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

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

Крупномасштабні геологічні карти зображають геологічну будову крупних ділянок будівництва. Виконуються на власній топографічній основі (нівелювання, топографічна зйомка) в масштабах крупніше 1:10000.

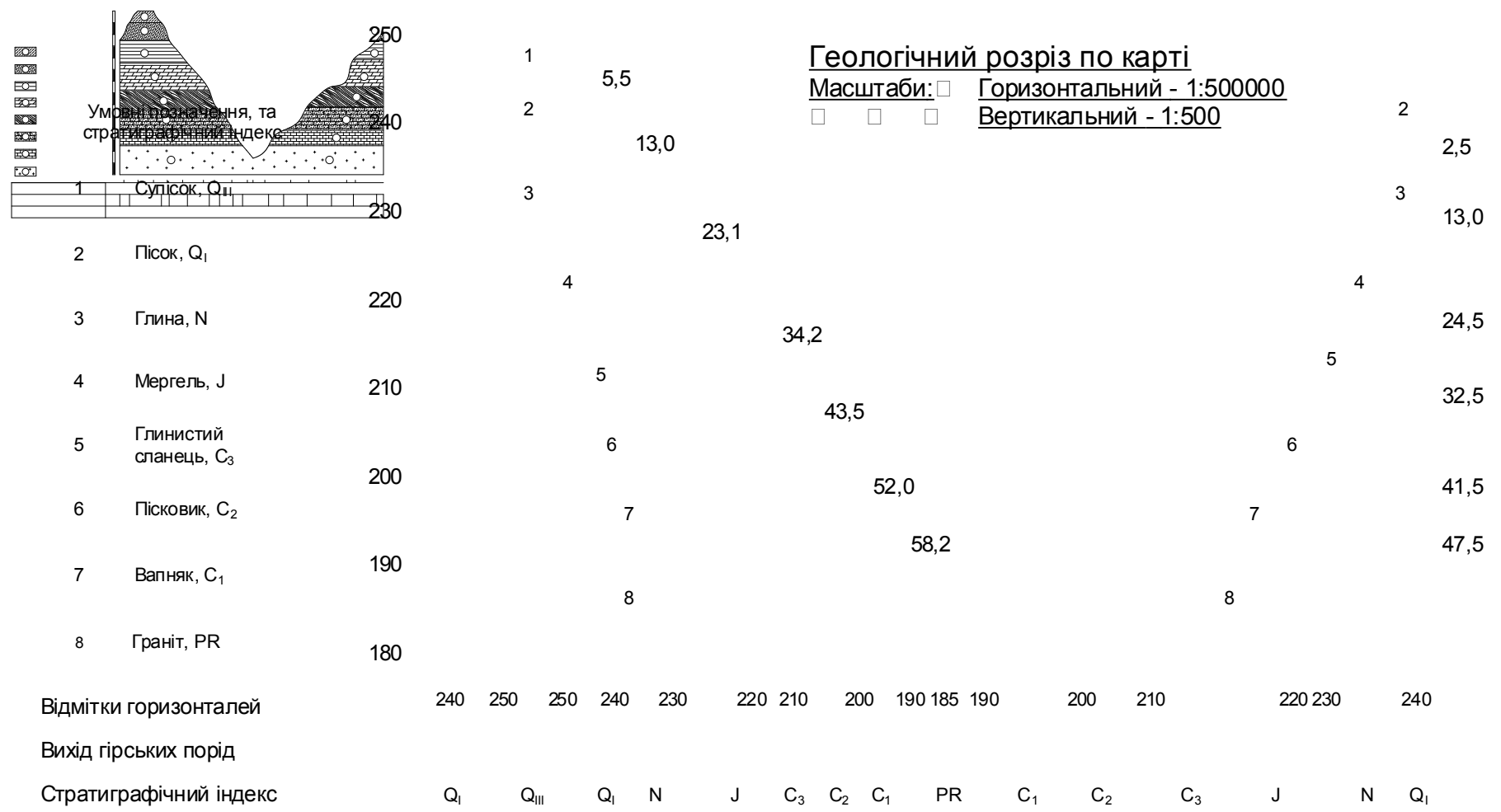


Рисунок 10.4 – Геологічний розріз по карті

Залежно від інформації, яку несуть карти, їх можна підрозділити на такі види:

1. Геолого-літологічні. Ці карти можуть зображати виходи різних порід на земну поверхню. Тоді переважаючими породами на них будуть породи четвертинного віку (карти четвертинних відкладів). Іншим варіантом є карта корінних порід, з яких мов би зняті четвертинні наноси;
2. Гідрогеологічні карти – карти підземних вод (див. розділ 5);
3. Тектонічні карти (показують тектонічні розломи);
4. Інженерно-геологічні, які за своєю суттю є картами районування. На них виділяють однорідні в інженерно-геологічному відношенні території, що дозволяє за сукупністю природних факторів оцінювати інженерно-геологічні умови будівництва.

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

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

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

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

Побудову геологічного розрізу починають з креслення топографічного профілю за відповідним напрямком. На цей профіль наносять вертикальні лінії, що зображають шурфи та свердловини. Маленькими горизонтальними штрихами показують границі розповсюдження тих чи інших порід по вертикалі. Потім штрихи, що зображають границі однакових порід у сусідніх свердловинах (шурфах), з'єднують (рис. 10.5). Цими лініями здійснюється інтерполяція даних, одержаних в окремих точках (свердловинах). Якщо порода виявлена в одному шурфі (свердловині), а в сусідньому відсутня, то на розрізі зображають її поступове виклинювання до середини

відстані між шурфами (свердловинами). Біля вертикальних ліній, що зображають шурфи (свердловини), проставляються відмітки гирла та границь розповсюдження по вертикалі різних порід.

10.6 Інженерно-геологічна експертиза

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

У багатьох випадках виникнення таких деформацій пов'язане з нерівномірним осіданням фундаментів.

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

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

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

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

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

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

Після огляду споруди, а за необхідності і прилеглої території, аналізуються матеріали, що характеризують геологічну будову та гідрогеологічні умови будівельного майданчика за даними вишукувань, що передували будівництву.

Далі розглядаються проектні матеріали та креслення. Іноді цих матеріалів виявляється достатньо для того, щоб дізнатися про причину деформацій. Часто вона буває наслідком відступу від робочих креслень і невиконання заходів, які повинні були забезпечити рівномірне осідання при неоднорідній геологічній будові основи.

У багатьох випадках виникає необхідність у виявленні характеру та причин зміни стану ґрунтів під фундаментами. Для цього поряд з фундаментами проходять шурфи, їхнє розташування повинно забезпечити одержання порівняльних матеріалів відносно стану ґрунтів під різними сторонами будівлі як більш, так і менш деформованих. Основна увага звертається на дані про стан ґрунтів і глибину залягання ґрунтових вод. Обов'язково визначаються вологість, пористість, а також виявляється їхня зміна з глибиною.

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

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

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

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

Вивчення основ і фундаментів при реконструкції має багато спільного з вивченням їх через аварійний стан. Але необхідно враховувати ту обставину, що іноді доводиться приймати рішення щодо будівель і споруд,

на які технічна документація з різних причин не збереглася. Це стосується, головним чином, будівель і споруд старої забудови. Для прийняття рішення про реконструкцію, пов'язану зі збільшенням навантажень доводиться розкривати всі основні фундаменти, визначати їх ширину і глибину закладення, оцінювати стан матеріалу фундаментів, проводити необхідні розрахунки і визначати фізико-механічні характеристики ґрунтів.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

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

11 ПРИРОДНІ ВОДИ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

11.1 Загальні відомості про охорону природних вод

Навколишнє середовище включає в себе усі елементи природи, у тому числі і змінені діяльністю людини. Виключно великий вплив на його формування надають природні води, як поверхневі, так і підземні.

У нашій країні проводяться планомірні гідрогеологічні та інженерно-геологічні дослідження для вивчення впливу діяльності людини на навколишнє середовище, в тому числі і на природні води. Сформувався новий напрям у гідрогеології – *техногенна гідрогеологія*, яка вивчає зміну в навколишньому середовищі під впливом тривалої експлуатації водогосподарських систем.

Використання, збереження і відтворення природних ресурсів, включаючи і природні води, регламентується і знаходиться під контролем державних організацій.

З метою охорони прісних підземних вод, забороняється (за рідким виключенням) їх використання для потреб, не пов'язаних з господарсько-питним водопостачанням. Пошук і розвідка підземних вод для водопостачання, а також буріння окремих експлуатаційних на воду свердловин виконуються тільки з дозволу територіальних геологічних установ і за погодженням з органами санітарного нагляду.

Охорона природних вод стає важливою проблемою сучасності. Під охороною вод розуміють закріплену в законодавстві систему державних та суспільних заходів, спрямовану на запобігання *забрудненню, засміченню, вичерпанню* вод та організації раціонального використання водних ресурсів для задоволення потреб народного господарства і забезпечення матеріальних, екологічних і культурно-оздоровчих інтересів населення, а також на ліквідацію негативних явищ і поліпшення стану вод.

Забрудненими визнаються водні об'єкти, якщо склад і властивості води змінилися в результаті впливу або виробничої діяльності чи побутового використання населенням до такого ступеня, коли водні об'єкти стають частково або повністю непридатними для одного з видів водокористування. Джерела забруднення можуть бути різними – це і неочищені стічні води, і неправильне захоронення радіоактивних відходів, і скиди з суден нафти. Факт забруднення вод встановлюється або інспекторами Державної екологічної інспекції Мінекології України, або посадовими особами спеціально уповноважених органів інших міністерств та відомств відповідно до їх компетенції.

Під *засміченням* розуміється привнесення у водні об'єкти сторонніх предметів і матеріалів, що шкідливо впливають на стан вод. Це може бути деревина, кора, будівельне сміття, металобрухт, інші виробничі або побу-

тові відходи. В даному випадку якість вод змінюється поступово, але не до такого ступеня, що водні об'єкти не можуть бути використані за призначенням. Засмічення в першу чергу впливає на русло річок і перешкоджає судноплавству.

Вичерпання характеризується або кількісним зменшенням природних запасів води у водоймищах і джерелах внаслідок неправомірних дій або ж природних стихійних явищ, чи значними якісними змінами в результаті хімічного, радіаційного забруднення до такого ступеня, що вода не може бути використана для водокористування. В останньому випадку вичерпання є вищою формою забруднення водоймищ. Для охорони вод від вичерпання встановлюються водоохоронні зони, а також здійснюються лісоме-ліоративні, протиерозійні, гідротехнічні та інші заходи.

Перелік основних водоохоронних заходів подано у Водному кодексі (ВК) України (розділ IV), який містить усі основні заходи, що виправдали себе на практиці. Деякі охоронні заходи є і в інших правових приписах ВК України.

Заходами, спрямованими на охорону вод, є:

- визначення територій зі спеціальним водоохоронним режимом користування;
- заходи щодо охорони вод у процесі виробничої та іншої господарської діяльності;
- заходи щодо запобігання шкідливим діям вод та аваріям на водних об'єктах і ліквідації їх наслідків.

До числа основних водоохоронних заходів віднесені: утворення водоохоронних зон (ст. 87 ВК України), прибережних захисних смуг, зон санітарної охорони, смуг відведення, території та об'єкти природно-заповідного фонду, берегових смуг водних шляхів тощо (так, водоохоронні зони утворюються для найбільш сприятливого режиму водних об'єктів, а також зменшення коливань стоку вздовж рік, морів, навколо озер, водосховищ та інших водоймищ); обмеження господарської діяльності в прибережних захисних смугах навколо водоймищ та на островах. На охорону водних ресурсів спрямовані і деякі заборонні приписи – заборона введення в дію підприємств, споруд та інших об'єктів, що можуть впливати на стан води; заборона скидання у водні об'єкти відходів і сміття; заборона підприємствам і громадянам забруднювати, засмічувати поверхні водозаборів, льодового покриву водоймищ, а також морів, їх заток, лиманів виробничими, побутовими та іншими відходами, сміттям, нафтовими, хімічними та іншими забруднюючими речовинами та ін.

Водоохоронні зони встановлюються для створення сприятливого режиму водних об'єктів, запобігання їх забрудненню, засміченню і вичерпання, знищенню навколоводних рослин і тварин, а також зменшенню коливань стоку вздовж: річок, морів та навколо озер, водосховищ і інших водойм.

На території водоохоронної зони *встановлюється спеціальний режим для господарської діяльності. Тут забороняється:* використання стійких та сильнодіючих пестицидів; влаштування кладовищ, скотомогильників, звалищ, полів фільтрації; скидання неочищених стічних вод, використовуючи рельєф місцевості (балки, пониззя, кар'єри тощо), а також потічки. В окремих випадках у водоохоронній зоні може бути дозволено добування піску і гравію за межами земель водного фонду на сухій частині заплави, у праруслах річок за погодженням з державними органами охорони навколишнього природного середовища, водного господарства.

Порядок визначення розмірів і меж водоохоронних зон та режим ведення господарської діяльності в них встановлений ст. 87 Водного кодексу України та постановою Кабінету Міністрів України від 8 травня 1996 р.

Прибережна захисна смуга – частина водоохоронної зони відповідної ширини вздовж річки, моря, навколо водойм, на якій встановлено більш суворий режим господарської діяльності, ніж на решті території водоохоронної зони. Прибережні захисні смуги встановлюються обабіч річок та навколо водойм уздовж урізу води у меженний період (період річного циклу, протягом якого спостерігається низька водність) шириною: для малих річок, струмків і потічків, а також ставків площею менше 3 гектарів – 2,5 метра; для середніх річок, водосховищ на них, водойм, а також ставків площею понад 3 гектари – 50 метрів; для великих річок, водосховищ на них та озер – 100; якщо крутизна схилів перевищує 3 градуси, мінімальна ширина прибережної захисної смуги подвоюється. У межах існуючих населених пунктів прибережна захисна смуга встановлюється з урахуванням конкретних умов, що склалися. Уздовж морів та навколо морських заток і лиманів виділяється прибережна захисна смуга шириною не менше 2 кілометрів від урізу води. *У прибережних захисних смугах уздовж річок, навколо водойм та на островах забороняється:* розорювання земель (крім підготовки ґрунту для залуження і заліснення), а також садівництво та городництво; зберігання та застосування літніх таборів для худоби; будівництво будь-яких споруд (крім гідротехнічних, гідрометричних та лінійних), у тому числі баз відпочинку, дач, гаражів та стоянок автомобілів; миття та обслуговування транспортних засобів і техніки; влаштування звалищ сміття, гноєсховищ, накопичувачів рідких і твердих відходів, кладовищ, скотомогильників, полів фільтрації тощо.

Об'єкти, що знаходяться у прибережній захисній смузі, можуть експлуатуватись, якщо при цьому не порушується її режим. Непридатні для експлуатації споруди, а також ті, що не відповідають встановленим режимам господарювання, підлягають винесенню з прибережних захисних смуг.

Берегові смуги водних шляхів встановлюються на судноплавних водних шляхах за межами міських поселень для проведення робіт пов'язаних з судноплавством. Щодо визначення розміру берегових смуг водних шляхів, режиму господарської діяльності на них встановлено ті ж вимоги, що й до встановлення смуг відведення та користування ними.

Зони санітарної охорони встановлюються з метою забезпечення охорони водних об'єктів у районах забору води для централізованого водопостачання населення, лікувальних та оздоровчих потреб. Межі зони санітарної охорони водних об'єктів встановлюються органами місцевого самоврядування на їх території за погодженням з державними органами земельних ресурсів, санітарно-епідеміологічного нагляду, екології і природних ресурсів, водного господарства.

Окремим напрямом охорони вод є *забезпечення водності річок, запобігання їх виснаженню*. З цією метою законодавство передбачає здійснення комплексу заходів, що містить:

- створення прибережних захисних смуг;
- створення спеціалізованих служб по догляду за річками, прибережними захисними смугами, гідротехнічними спорудами та підтримання їх у належному стані;
- впровадження ґрунтозахисної системи землеробства з контурно-меліоративною організацією території водозабору;
- здійснення агротехнічних, агролісомеліоративних та гідротехнічних протиерозійних заходів, а також створення для організованого відведення поверхневого стоку відповідних споруд (водостоки, перепуски, акведуки тощо) під час будівництва і експлуатації шляхів, залізниць та інших інженерних комунікацій;
- впровадження водозберігаючих технологій, а також здійснення інших водоохоронних заходів, передбачених законодавством, на підприємствах, в установах і організаціях, розташованих у басейні річки;
- створення гідрологічних пам'яток природи тощо.

З метою запобігання шкідливій дії вод мають вживатися спеціальні заходи, а саме:

- залуження та створення лісонасаджень на прибережних захисних смугах, схилах, балках та ярах;
- будівництво протиерозійних, гідротехнічних споруд, земляних валів, водоскидів, захисних дамб, водосховищ-регуляторів;
- спорудження дренажу;
- укріплення берегів тощо.

11.2 Джерела і види забруднення природних вод

Основними джерелами забруднення природних вод є промислові стічні води, комунальні стічні води, сільськогосподарські стоки, нафта і нафтопродукти, поверхневі стоки та атмосферні опади.

Максимальна кількість забруднення потрапляє у природні води з промисловими стічними водами, які мають різний склад та великі об'єми. Комунально-побутові стоки характеризуються з одного боку високим вмістом поживних речовин, необхідних рослинам, але з іншого боку – вмістом миючих засобів, фекалій, хвороботворних мікроорганізмів, яєць гельмінтів тощо. Стоки з сільськогосподарських угідь містять мінеральні та органічні добрива. Поверхневий стік вносить забруднювальні речовини в річки та озера з земель, які піддаються ерозії (великі та дрібні мінеральні частинки), в результаті чого здійснюється обміління річок та замулювання озер та водосховищ. Водойми забруднюються також атмосферними опадами, які вимивають промисловий і побутовий бруд з територій підприємств, гірничих виробок, міських вулиць.

Для прикладу, за 2003 рік у водойми України потрапило приблизно 850 тисяч тонн нафтопродуктів, мільйон триста тисяч тонн сульфатів, мільйон чотириста тисяч тонн хлоридів, сто тридцять тисяч тонн аміаку, сімдесят дві тонни нітратів, тисяча триста тонн заліза, сорок сім тонн цинку, 30 тонн міді, 23 тонни нікелю і 15 тонн хрому.

Водні ресурси, що формуються в межах України, надзвичайно обмежені. Їхній обсяг складає 52 км³/рік, у тому числі поверхневі – до 39 км³/рік, підземні – до 13 км³/рік. Величина водоспоживання в країні неухильно наближається до межі ресурсів і сягає 30 – 36 км³/рік. При цьому 88% основних рік мають екологічний стан басейнів, що оцінюються як "поганий", "дуже поганий" і "катастрофічний". У 61% основних рік України вода оцінюється як "сильно забруднена", і тільки 3% рік мають воду задовільної чистоти.

Найбільш розповсюдженими забрудненнями водних джерел є нітриди (до 2 ГДК – граничнодопустимих концентрацій), феноли (до 16 ГДК) і нафтопродукти (до 10 ГДК), сполуки міді (до 11 ГДК), цинку (до 10 ГДК), марганцю (до 50 ГДК). Колі-індекс (див. п. 12.1) води десятків малих рік України сягає від 2 до 20 тисяч. Вплив антропогенного фактора на вміст азоту в загальному вмісті мінерального азоту в поверхневих водах деяких рік складає 92%.

Основними джерелами забруднення підземних вод є басейни побутових і промислових стоків, ділянки складування відходів, забруднені води поверхневих водоймищ, несправна каналізаційна мережа, надмірне застосування добрив та отрутохімікатів.

До природних джерел забруднення відносять дуже мінералізовані підземні або морські води, які можуть потрапляти у продуктивний прісний водоносний горизонт при експлуатації водозабірних споруд (рис. 11.1)

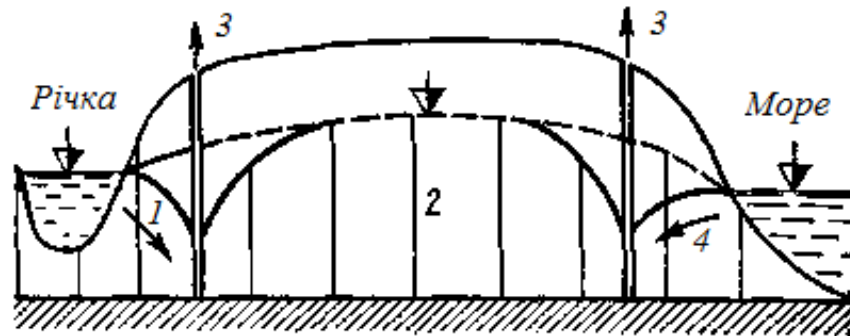


Рисунок 11.1 – Проникнення природних джерел забруднення в прісний водоносний горизонт: 1 – забруднені річкові води; 2 – прісний водоносний горизонт; 3 – водозабори; 4 – солоні морські води

Забруднені розчини можуть потрапляти до підземних вод різними шляхами: при фільтрації промислових стоків від сховищ і відстійників через зону аерації, по затрубному простору порушених свердловин, через поглинальні свердловини, карстові вирви, провали та інше.

Можливість забруднення підземних вод у багатьох випадках визначається геолого-гідрогеологічними умовами району, а точніше: наявністю або відсутністю покриваючих слабководопроникних порід, їх фільтраційними та поглинальними (сорбційними) властивостями, глибиною залягання підземних вод і т. д.

Ґрунтові води, і особливо верховодка, мають найбільшу небезпеку забруднення, оскільки вони не захищені зверху товщею водоупорних порід від просочування забруднених речовин. Артезіанські води забруднюються значно менше, переважно при скиді стічних вод через систему поглинальних свердловин.

За відсутності водонепроникних покривних порід інтенсивно забруднюються тріщинні і карстові води. Очисна здатність тріщинних і закарстованих порід значно гірша, ніж порід з високою сорбційною ємністю (суглинки, глини), тому в них забруднені розчини розповсюджуються на великі відстані.

Основними видами забруднення природних вод є хімічне, біологічне (бактеріальне), радіоактивне, механічне (фізичне) і теплове.

Хімічне забруднення найбільш поширене, стійке і таке, що далеко розповсюджується. Воно може бути органічним (феноли, нафтонові кислоти, отрутохімікати тощо) і неорганічним (солі, кислоти, луги), токсичним (миш'як, солі цинку, ртуті, свинцю тощо) і нетоксичним. Шкідливі хімічні речовини при фільтрації у пласті сорбуються частками порід, окислюються

і відновлюються, випадають в осад і т. д., але, як правило, повного самоочищення забруднених вод не відбувається. Найбільшого розповсюдження (до 10 км і більше) зона хімічного забруднення сягає у сильно проникних ґрунтах і при значних ухилах підземного потоку, тобто при доброму відтоку підземних вод.

Бактеріальне забруднення характеризується появою у природних водах патогенних бактерій. Цей вид забруднення носить тимчасовий характер. Його інтенсивність залежить від величини початкового забруднення, водопроникності порід і часу виживання бактерій.

Дуже шкідливим є вміст у природних водах, навіть при маленьких концентраціях, радіоактивних речовин, які спричинюють *радіоактивне забруднення*. Найбільш шкідливі „довгоживучі” радіоактивні елементи з підвищеною здатністю до пересування у підземних водах (стронцій-90, уран, радій-226, цезій та інші). Радіоактивні елементи можуть потрапляти у підземні води як у результаті їх взаємодії з радіоактивними гірськими породами, та і при випаданні на поверхню Землі радіоактивних продуктів і відходів.

Механічне забруднення характеризується потраплянням у природні води механічних домішок, які містяться у стічних водах (пісок, шлак та ін.). Механічні домішки можуть значно погіршувати органолептичні показники природних вод.

Теплове забруднення пов'язано з підвищенням температури природних вод в результаті їх перемішування з більш нагрітими поверхневими технологічними стічними водами, а також при їх закачуванні через поглинальні свердловини.

Дослідження, які проводилися на діючих полях зрошення, показали, що при цілодобовому зрошенні стічними водами повністю уникнути інфільтрації стічних вод у ґрунтові води та їх забруднення практично не можливо. Під впливом стічних вод підвищується загальна мінералізація ґрунтових вод зрошуваного масиву, збільшується їх окислення, підвищується вміст нітратів, аміаку, змінюється тип мінералізації.

Найбільшу небезпеку являють собою ділянки із слабким відтоком; наявністю безстічних знижень рельєфу, де застоюються стічні води, і ділянки з надмірними поливами. У вертикальному розрізі ґрунтового потоку на цих ділянках часто утворюється потужна зона бактеріально-хімічного забруднення (рис. 11.2).

Значного забруднення зазнають ґрунтові води і в районах хвостосховищ, полів фільтрації, накопичувачів та інших басейнів. Для попередження забруднення надземних і підземних вод розробляють інженерні заходи, які включають очищення стічних вод, створення безвідходних виробництв, екранування чаш басейнів, перехоплювання відфільтрованих стоків дренажем та ін.

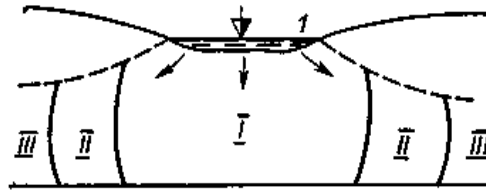


Рисунок 11.2 – Схема розповсюдження забруднення ґрунтових вод на полях зрошення в умовах слабого відтоку: I – зона бактеріально-хімічного забруднення; II – хімічного забруднення; III – чистої води, 1 – відстійник

Особливо токсичні стічні води накачують через свердловини у більш глибокі водоносні горизонти, у масиви кам'яної солі і т. ін. (рис. 11.3).

Але цей метод недосконалий, тобто можливе проникнення забруднених вод у вищі водоносні горизонти через каверни у обсадних трубах і по затрубних просторах нагнітальних свердловин.

При виборі місць закладання водозаборів останні повинні розташовуватись вище за потоком підземних вод відносно можливих ділянок забруднення. Водозабори не треба розміщувати близько до річки або до моря, щоб запобігти підтоку забруднених річних або солоних морських вод. Не рекомендується розміщувати водозабори поблизу промислових підприємств і сільськогосподарських територій із значними витоками стічних вод.

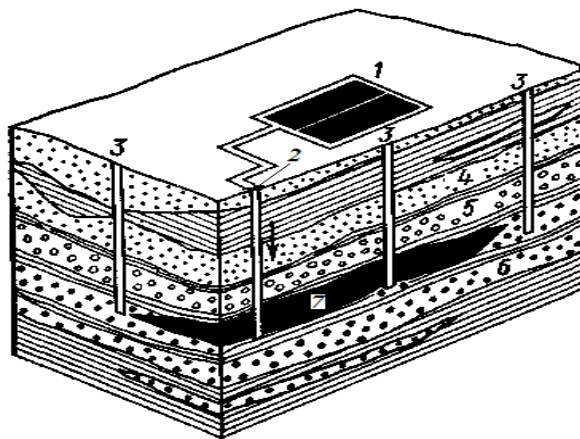


Рисунок 11.3 – Схема «поховання» промислових стічних вод у глибокі водоносні горизонти (за Н. В. Тарасовою):

1 – накопичувальна ємність; 2 – нагнітальна свердловина; 3 – спостережні свердловини; 4 – зона активного водообміну (прісні води); 5 – зона уповільненого водообміну (солонуваті води); 6 – зона застійного режиму (солоні води і розсоли); 7 – накачані промислові стоки

Найважливішими заходами попередження забруднення вод у районах водозаборів є влаштування навколо них зон санітарної охорони.

11.3 Гідрогеологічні умови організації зон санітарної охорони природних вод

Зони санітарної охорони – це території з особливим режимом, які виключають можливість забруднення та погіршення якості природних вод. Такі зони влаштовують навколо усіх водозаборів, які експлуатують поверхневі або підземні води для господарсько-питного водопостачання.

Проект зон санітарної охорони складає невід’ємну частину кожного проекту водопостачання, без якої він не може бути затверджений. Проект повинен вміщувати установлені межі зон санітарної охорони і перелік заходів з санітарного оздоровлення їх територій.

Порядок визначення розмірів і меж водоохоронних зон та режим ведення господарської діяльності в них встановлений ст. 87 Водного кодексу України та постановою Кабінету Міністрів України від 8 травня 1996 р. Постановою Кабінету Міністрів України від 18 грудня 1998 р. № 2024 затверджений “Правовий режим зон санітарної охорони водних об’єктів”.

Зона санітарної охорони поверхневого джерела водопостачання являє собою територію, яка охоплює водоймище для використання і частково басейн його живлення. На цій території встановлюється режим, який гарантує надійний захист джерела водопостачання від забруднення та забезпечує необхідні санітарні якості води. Така зона санітарної охорони складається із трьох поясів.

Перший пояс (пояс суворого режиму) охоплює територію у місці забору води та розташування водопровідних споруд (водоприймачі, насосні та очисні станції, резервуари). У межах цього поясу забороняється скидання будь-яких стічних вод, а також купання, прання білизни, вилов риби, водопій худоби та інші види водокористування, що впливають на якість води; перебування сторонніх осіб, розміщення житлових та громадських будівель, організація причалів плавальних засобів, застосування пестицидів, органічних і мінеральних добрив, прокладення трубопроводів, видобування гравію чи піску, проведення днопоглиблювальних та інших будівельно-монтажних робіт, безпосередньо не пов’язаних з експлуатацією, реконструкцією чи розширенням водопровідних споруд та мереж; проведення головного рубання лісу.

Межі першого поясу для річки або водопровідного каналу такі: уверх за течією – не менше 900 метрів від водозабору; униз за течією – не менше 100 метрів від водозабору; по прилеглому до водозабору берегу – не менше 100 м від берегової лінії рівня води при його максимальному

значенні; у напрямку від прилеглого до водозабору берега в сторону водоймища при ширині річки або каналу до 100 метрів – уся акваторія і протилежний берег смугою 50 м від берегової лінії рівня води при максимальному його значенні; при ширині річки або каналу більше 100 метрів – смуга акваторії шириною не менше 100 метрів.

Границі першого поясу санітарної охорони озера або водосховища, які використовуються як джерела водопостачання, такі: по акваторії в усіх напрямках – не менше 100 метрів від водозабору; по прилеглому до водозабору берегу – не менше 100 метрів від берегової лінії рівня води при його максимальному значенні.

Другий пояс зони санітарної охорони включає територію по обидві сторони річки на відстані 500 – 1000 метрів (залежно від рельєфу місцевості) вверх за течією, виходячи із пробігу води від межі поясу до водозабору при витраті води 95% забезпеченості протягом 3 – 5 діб, униз за течією – не менше 250 метрів. У межах цього поясу забороняється: розміщення складів паливно-мастильних матеріалів, накопичувачів промислових стічних вод, нафтопроводів та продуктопроводів, що створюють небезпеку хімічного забруднення вод; використання хімічних речовин без дозволу державної санітарно-епідеміологічної служби; розміщення кладовищ, скотомогильників, полів асенізації та фільтрації, зрошувальних систем, споруд підземної фільтрації, гноєсховищ, силосних траншей, тваринницьких і птахівничих підприємств та інших сільськогосподарських об'єктів, що створюють загрозу мікробного забруднення води, а також розміщення полігонів твердих відходів, біологічних та мулових ставків; зберігання і застосування пестицидів та мінеральних добрив; розорювання земель (крім ділянок для залуження і залісення), а також садівництво та городництво; осушення та використання перезволожених і заболочених земель у заплавах річок; проведення головного вирубаня лісу; здійснення видобутку з водного об'єкта піску та проведення інших днопоглиблювальних робіт, не пов'язаних з будівництвом та експлуатацією водопровідних споруд; влаштування літніх таборів для худоби та випасання її ближче, ніж за 300 метрів від берега водного об'єкта.

Третій пояс зони санітарної охорони включає джерело водопостачання і басейн його живлення, тобто усі території і акваторії, які мають вплив на формування якості води джерела, що використовується для водопостачання. Границі територій третього поясу річки або каналу визначають, виходячи із можливості забруднення водоймища стійкими хімічними

речовинами: уверх за течією, виходячи із пробігу води від границь поясу до водозабору при витраті води 95% забезпеченості у термін до 3 – 5 діб; униз за течією – не менше 250 м; бічні границі – за водорозділом. Для водосховища або озера границі третього поясу установлюють, виходячи із тривалості протікання води від них до водозабору протягом не менше 5 діб при максимальній швидкості течії. За наявності судноплавства у межі другого поясу включається акваторія, яка прилягає до водозабору у межах фарватеру. Межі другого поясу повинні гарантувати якість води за нормативними документами для річок і каналів на відстані 1 км уверх за течією, а для озер і водосховищ – на 1 км у обидві сторони.

Зона санітарної охорони підземних вод розподіляється на два пояси. *Межа першого поясу (зони суворого режиму)* проходить на відстані не менше 30 метрів від водоприймальних споруд при експлуатації артезіанських вод і не менше 50 метрів при експлуатації ґрунтових вод. На території зони суворого режиму забороняється, зокрема, розроблення кар'єрів для добування піску, глини та ін.; буріння свердловин, проходка шурфів, канав, траншей та інших виробок, не пов'язаних з експлуатацією водозаборів. Очевидно, для інфільтраційних водозаборів у межі першого поясу необхідно включати прибережну територію між водоймищами і водоприймальною спорудою. Як показала практика, для окремих колодязів, які розташовані на території, що виключає забруднення ґрунтів, відстані від них до огороження допускається зменшувати відповідно до 15 і 25 м.

Другий пояс або зона обмежень охоплює територію, на якій обмежується господарська та виробнича діяльність людини для захисту водоносного горизонту від забруднення. У межах цього поясу зони санітарної охорони не повинно бути джерел забруднення. Забороняється влаштування накопичувачів та інших промислових басейнів стічних вод, скид стічних вод через поглинальні свердловини, обмежуються земляні, будівельні та інші роботи. Особливо суворі заходи обмеження застосовують при охороні водозаборів, які експлуатують тріщинно-ґрунтові та карстові води. При експлуатації надійно ізольованих артезіанських вод обмеження не такі суворі: забороняється улаштування поглинальних свердловин для скиду стічних вод, ліквідовуються колишні розвідувальні виробки (свердловини та ін), установлюється жорсткий санітарно-технічний контроль за проходкою глибоких свердловин та шахт. У ряді випадків при експлуатації глибоко залягаючих артезіанських вод зона обмежень взагалі не установлюється.

Розміри другого поясу зони санітарної охорони підземних вод не регламентуються і залежать від типу водозабору, гідрогеологічних і санітарних умов району. Для обґрунтування границь санітарної зони враховують умови живлення і характер руху підземних вод, досвід експлуатації існуючих водозаборів, можливі шляхи проникнення забруднень у підземні води, ступінь захищеності водоносного горизонту, що експлуатується, від забруднень тощо. За допомогою спеціальних гідрогеологічних розрахунків визначають положення нейтральної (роздільної) лінії, що обмежує в плані область живлення водозабору, а також можливий час руху забруднень до водозабору (при обмеженому терміні експлуатації водозабору). На основі цих даних встановлюють границі другого поясу зони санітарної охорони.

Межа першого поясу зони санітарної охорони ділянки водоочисних споруд повинна збігатись з її огороженням, яке розташовується на відстані не менше 30 м від стін запасних і регулювальних ємностей, фільтрувальних споруд і насосних станцій; не менше 10 м від стін або конструкцій ствола водонапірної вежі; відстань від стін інших приміщень треба приймати за нормативними документами.

При прокладенні водоводів на незабудованій території, зону санітарної охорони треба передбачати у вигляді смуги шириною по обидві сторони від крайніх ліній: за відсутності ґрунтових вод або русі їх від водоводів при діаметрі до 1000 мм – 10 м, при діаметрі більше 1000 мм – 20 м, а при русі ґрунтових вод у напрямку до водоводів незалежно від їх діаметра – не менше 50 метрів. При прокладенні водоводів на забудованій території допускається зменшення ширини смуги зони санітарної охорони.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які ви знаєте заходи з охорони підземних вод?
2. Можливі джерела забруднення підземних вод.
3. Які види забруднення підземних вод ви знаєте?
4. Які заходи застосовують для попередження забруднення підземних вод?
5. Що таке зона санітарної охорони?
6. Які межі зони санітарної охорони поверхневого джерела водопостачання?
7. Які межі зони санітарної охорони водозаборів підземних вод?

12 ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ВОДИ І СПОСОБИ ЇЇ ПОКРАЩЕННЯ

12.1 Властивості природних вод

Якість природної води характеризується фізико-хімічними властивостями і бактеріальними забрудненнями. До фізичних властивостей відносяться: температура води, мутність (або прозорість), кольоровість, смак та запах. Хімічні властивості обумовлюються вмістом у ній розчинених хімічних речовин. Розглянемо основні фізичні властивості природної води.

Суспендовані речовини завжди містяться у воді поверхневих джерел. Вміст суспендованих речовин у воді відкритих джерел коливається у дуже широких межах і виражається у мг/л. У одному і тому ж джерелі у різний час року він різний і особливо великий під час паводків.

Кольоровістю називають забарвлення, яке може мати природна вода. Кольоровість виражають у градусах платиново-кобальтової шкали.

Смак і запах у воді природних джерел може мати різні відтінки та інтенсивність. Так, за смаком вода може бути гіркуватою, солоною, кислою, солодкуватою. Інші види смакових відчуттів (наприклад металевий) називають присмаками. Запах води може бути природного або штучного походження. Природні запахи (болотний, гнилісний, землистий, сірководневий, трав'янистий та ін.) обумовлені живими та відмерлими організмами, продуктами розмиву русел. Запахи штучного походження (фенольний, нафтовий, хлорфенольний, хлорний та ін.) з'являються у результаті скиду у водоймище недостатньо очищених стічних вод та обробки води реагентами.

Запах і смак оцінюються за п'ятибальною шкалою:

- 1 – дуже слабкий, який визначається тільки досвідченим лабораторним працівником;
- 2 – слабкий, який визначається споживачем, якщо звернути на це його увагу;
- 3 – помітний;
- 4 – ясно виражений;
- 5 – дуже сильний.

Температура води неоднакова у природних джерелах. У відкритих водоймищах вона залежить, головним чином, від температури повітря і коливається у дуже широких межах. Температура води у поверхневому джерелі неоднакова за глибиною. Вода підземних джерел, особливо артезіанських, має досить постійну температуру (5 – 12 °С) протягом року.

Хімічний склад природної води дуже різноманітний. Для оцінки води з точки зору її використання для водопостачання мають значення такі хімічні властивості: сухий залишок, жорсткість, окислюваність, активна реакція, вміст заліза, марганцю, сполук кремнію, хлоридів, сульфатів, фтору, йоду та ін. Сухий залишок виражається у мг/л і характеризує загальний

вміст у воді органічних і неорганічних речовин (крім газів). Він визначається як залишок від випаровування відомого об'єму нефільтрованої проби води і висушений при температурі 110 °С до постійної маси. Розрізняють також прожарений залишок, який характеризує вміст у воді неорганічних речовин, крім газів.

Жорсткість води, яка виражається у мг-екв/л (див. підрозділ 5.4) обумовлена вмістом у ній розчинених солей кальцію та магнію. Розрізняють жорсткість карбонатну і некарбонатну. Суму карбонатної та некарбонатної жорсткості називають загальною жорсткістю. Карбонатною називають жорсткість, обумовлену наявністю двовуглекислих (бікарбонатних) та вуглекислих (карбонатних) солей кальцію та магнію. Некарбонатною називають жорсткість, яка обумовлена наявністю некарбонатних солей кальцію та магнію – сульфатів, хлоридів, нітратів та силікатів.

Лужність води характеризується наявністю в ній бікарбонатів, карбонатів, гідратів та солей інших слабких кислот, тому розрізняють лужність бікарбонатну, карбонатну, гідратну, гуматну, силікатну та ін. Лужність природної води, як правило, дорівнює її карбонатній жорсткості і виражається у мг-екв/л.

Окислюваність показує на вміст у воді розчинених органічних і деяких неорганічних речовин, які швидко окислюються, і виражається у мгО₂/л.

Активна реакція води виражається ступенем лужності та кислотності води і характеризується концентрацією у воді водневих іонів. Концентрацію водневих іонів позначають через *pH* (потенціал водню) і умовно виражають логарифмом її величини із оберненим знаком. Інакше кажучи, для нейтральної реакції *pH* = 7, для кислотної *pH* менше 7, для лужної реакції *pH* більше 7.

Залізо (мг/л) міститься у воді у вигляді двовалентного (закисного) та тривалентного (окисного) заліза. У підземних водах воно міститься найчастіше у вигляді розчиненого двовалентного заліза, а у поверхневих водах – у вигляді колоїдних комплексних сполук. У річках з болотним живленням присутнє гуміноокисле залізо, яке обумовлює підвищену кольоровість такої води.

Марганець (мг/л) у підземних водах найчастіше супроводжує залізо у вигляді бікарбонатів закису марганцю.

Хлориди і сульфати зустрічаються майже в усіх природних водах у вигляді кальцієвих, магнієвих і натрієвих солей.

Кремнікислота (мг/л) присутня у воді як поверхневих, так і підземних джерел у колоїдній, іонодисперсній та інших формах.

Азотні сполуки присутні у воді у вигляді нітратів, нітритів, аміаку і служать звичайно індикатором забрудненості вододжерела стічними водами.

Йод і фтор (мг/л) найчастіше присутні у природних водах у чистій формі. Вони мають виключно важливе гігієнічне значення для здоров'я людей.

Бактеріальне та вірусне забруднення води характеризується числом бактерій, які містяться в 1 мл води, колі-тестом або його зворотною величиною – колі-титром (об'єм води в кубічних сантиметрах, що припадає на одну бактерію). Небезпечними для здоров'я людей є бактерії, які спричиняють хвороби, що передаються через воду. До них відносяться інфекційний гепатит, черевний тиф, дизентерія, туляремія, поліомієліт та ін. Такі бактерії називають хвороботворними або патогенними. Присутність їх не завжди можна визначити навіть у дуже забрудненій воді. Тому для оцінення якості води у санітарно-епідеміологічному відношенні визначають вміст у воді бактерій, які називають кишковою паличкою (бактерії колі), колі – індекс (кількість кишкових паличок в 1 см кубічний води). Сама по собі вона безпечна, але наявність у воді кишкової палички свідчить про забруднення вод виділеннями людей та тварин і про можливість наявності серед інших й патогенних бактерій.

Розчинені гази (кисень, вуглекислота, сірководень, метан) містяться у природних водах від часток до сотень мг/л. Присутність у воді сірководню надає їй неприємного запаху та сприяє, як і присутність кисню та вуглекислоти, корозії металу. У відкритих водоймищах містяться також різноманітні дрібні рослинні та тваринні організми, які знаходяться у завислому стані (планктон) або прикріплені до дна водоймища (бентос). Рослинний планктон називають фітопланктоном, тваринний – зоопланктоном, бентос також називають відповідно фітобентосом та зообентосом.

12.2 Вимоги до якості води

Основними споживачами води є сільське й комунальне господарство та промисловість. У промисловості воду використовують як сировину, реагент та розчинник для проведення різних технологічних процесів, а також для промивання сировини й продуктів тощо.

Різні категорії водокористувачів висувають неоднакові вимоги до якості питної води.

12.2.1 Господарсько-питна вода

Вимоги диктуються турботою про охорону здоров'я людей і обмежуються нормативними документами (ГОСТ 2874-82), відповідно до яких установлюються такі значення: запах і присмак при температурі 20 °С повинні бути не більше 2 балів; кольоровість за платиново-кобальтовою шкалою повинна бути не більше 20°; мутність – не більше 1,5 мг/л; вміст заліза – не більше 0,3 мг/л; марганцю – не більше 0,1 мг/л; вміст фтору –

0,7 – 1,5 мг/л. Загальна жорсткість води повинна бути не більше 7 мг-екв/л. У виключних випадках, за погодженням з органами Державного санітарного нагляду, допускається використання води із жорсткістю до 10 мг-екв/л. У воді допускається вміст: свинцю – не більше 0,03 мг/л, відповідно миш'яку – 0,05, міді – 1, цинку – 5, поліакріламідю – 2, нітратів – 45, залишкового алюмінію – 0,5 мг/л.

Всього для господарсько-питної води господарсько-питного призначення встановлені ГДК (гранично допустимі концентрації) для 640 речовин.

Загальне число бактерій при посіві 1 мл нерозбавленої води, яке визначається числом колоній, 24-годинного вирощування при температурі 37 °С повинно бути не більше 100, а число кишкових паличок у 1 л води не більше 3 (колі-титр не менше 300). Активна реакція *pH* при освітленні і пом'якшенні води повинна бути не менша 6,0 і не більше 9,0. При хлоруванні води повинні бути відсутніми хлорфенольні запахи. Оптимальна температура господарсько-питної води 7 – 10 °С. Гранично допустима температура води 35 °С.

Для питного водопостачання повинно бути вибране таке джерело, у воді якого сухий залишок не перевищує 1000 мг/л, причому вміст у воді сульфатів повинен бути не більше 500 мг/л і хлоридів не більше 350 мг/л. За відсутності такого джерела необхідно опріснення води. У виключних випадках з дозволу Державного санітарного нагляду допускається використання води із сухим залишком до 1500 мг/л.

12.2.2 Виробничі води

Вимоги до них дуже різноманітні, оскільки залежать від виду виробництва та його технології. Найбільш часто на промислових підприємствах вода витрачається для охолодження всякого роду устаткування, де процеси протікають при високих температурах. Основні вимоги, які стосуються якості охолоджувальної води, полягають у тому, що вода повинна мати невелику карбонатну жорсткість (до 5 мг-екв/л), містити якомога менше завислих речовин і не давати біозаростання.

Вміст завислих речовин у охолоджувальній воді, яка надходить у корбчасті холодильники, де в окремих місцях можливий рух води з дуже малими швидкостями або навіть її застоювання, допускається у середньому до 30-50 мг/л; у воді, яка подається у трубчасті холодильники, де вода рухається з постійною швидкістю більше 0,5 м/с – до 75 – 100 мг/л, а інколи і більше. Для запобігання випадіння солей карбонатної жорсткості у охолоджувальних установках, як правило, нагрівання води до температури вище 50 – 60 °С не допускається.

Додаткова (свіжа) вода, яка подається у обертові системи водопостачання, на відновлення витрат, також повинна мати якомога меншу карбо-

натну жорсткість. Заліза у додатковій воді повинно міститись не більше 0,5 мг/л, оскільки унаслідок аерації у охолоджувальних пристроях здійснюється його окислення і утворення пластівчастого гідроокису заліза, який відкладається на стінках труб та обладнання. Крім того, залізистий осад у трубах утворює гальванічні мікроелементи з металом труб та апаратів, що може спричинити корозію.

До якості води живлення для котельних установок висувають суворі вимоги. Жорсткість води живлення для водотрубних котлів із тиском 1,6 – 3 МПа не повинна перевищувати 0,02 мг-екв/л, а для котлів з тиском 3 – 10 МПа – 0,01 мг-екв/л. У воді живлення недопустима наявність завислих речовин. Дуже суворі вимоги висувають до вмісту у воді сульфатів, хлоридів, кремнекислоти, вуглекислоти, розчиненого кисню, окислюваності.

12.3 Методи обробки природних вод

Необхідність обробки води виникає тоді, коли якість води природних джерел не задовольняє необхідні вимоги. Така невідповідність може бути тимчасовою чи постійною. Характер і ступінь невідповідності якості води джерела вимогам користувача зумовлює вибір методів обробки. Якщо при цьому можуть бути використані різні методи очищення, то вибір їх проводиться на основі техніко-економічних розрахунків.

Розрізняють такі поняття: більш широке – водоочищення і вужче – водопідготування. Водоочищення – це комплекс технологічних процесів, які спрямовані на доведення якості води, що надходить у водопровід з джерела водопостачання, до встановлених показників. Водопідготування – це обробка води, яка надходить з природного джерела постачання для живлення парових котлів та інших технологічних цілей. Водопідготування проводиться на ТЕС, транспорті, у комунальному господарстві, на промислових підприємствах.

Усі домішки, що забруднюють водойми, поділяються на чотири групи (за класифікацією Л. А. Кульського).

До I групи домішок води належать завислі у воді речовини. Сюди слід віднести також бактеріальні завислі речовини та інші біологічні утворення. Вилучення цих домішок, тобто *освітлення (збільшення прозорості)* води, може бути досягнуто шляхом використання безагрегатних методів.

II група домішок води – різні типи гідрофільних і гідрофобних систем, високомолекулярні речовини й детергенти – може вилучатися з води за допомогою різних методів і технологічних прийомів. Так, використовується обробка води хлором, озоном та іншими окисниками. При цьому знижується колірність води, знищуються мікроорганізми, руйнуються гідрофільні колоїди, що створює сприятливі умови для наступного коагулювання, прискорюється процес утворення пластівців та осаду.

Для III групи домішок, які є молекулярними розчинами, найбільш ефективними є такі процеси їх вилучення з води, як: коригування; окиснення; адсорбція.

До IV групи домішок, які є електролітами, технологія очистки води зводиться до зв'язування іонів у мало розчинні і малодисоційовані сполуки за допомогою доданих у воду реагентів.

Технологія очищення води передбачає процеси, пов'язані з коригуванням її фізичних і хімічних властивостей, а також процеси *зnezараження* (звільнення від патогенних бактерій і мікроорганізмів). Відповідно механічні, хімічні, фізичні та фізико-хімічні процеси, які використовуються для підготування води, можна поділити на дві групи.

До першої групи (пов'язаної з коригуванням фізичних і хімічних властивостей води) відносяться процеси, які дозволяють провести освітлення, усунути з води небажані присмаки і запахи, агресивні гази, залізо, марганець, кремнієву кислоту тощо.

Друга група об'єднує процеси зnezараження води, які є обов'язковими за умови санітарної ненадійності джерела, що використовується для господарських цілей.

Для *освітлення води* залежно від бажаного ступеня збільшення прозорості можуть використовуватись такі способи:

- відстоювання води у відстійниках;
- центрифугування у гідроциклонах;
- пропускання води через шар раніше утвореного завислого осаду;
- флотування у флотаторах. Флотація – процес молекулярного прилипання частинок забруднень до поверхні розподілу двох фаз (вода – повітря, вода – тверда речовина). Процес очищення від поверхнево-активних речовин, нафтопродуктів, волокнистих матеріалів флотацією полягає в утворенні системи „частинки забруднень – бульбашки повітря”, що спливає на поверхню та утилізується. За принципом дії флотаційні установки класифікуються таким чином: флотація з мехнічним диспергуванням повітря; флотація з подачею повітря через пористі матеріали; електрофлотація; біологічна флотація;

- фільтрування води через шар зернистого або порошкоподібного фільтрувального матеріалу у фільтрах або фільтруванням через сітки і тканини. Сучасні фільтри залежно від фільтрувального матеріалу можна розподілити на дві групи: тонкостінні фільтри і зернисті фільтри.

Існує два види фільтрування – плівкове й об'ємне. У першому домішки затримуються на поверхні фільтрувального матеріалу. При об'ємному фільтруванні домішки затримуються усередині фільтрувального шару в порах матеріалу, за цим принципом працюють швидкісні і надшвидкісні зернисті фільтри. За певних умов у зернистих фільтрах має місце комбіноване фільтрування, коли частина домішок затримується на поверхні, частина – у порах. Зернисті фільтри широко застосовують для під-

готовки технічних і оборотних вод, вони незамінні на водоочисних станціях господарчо-питного призначення для освітлення і знебарвлення поверхневих вод, а також для знезалізнення підземних вод;

- зворотний осмос (гіперфільтрація) – процес фільтрування питної води через напівпроникні мембрани під тиском;

- ультрафільтрація – мембранний процес розподілу розчинів, осмотичний тиск котрих малий. Застосовується для очищення питної води від високомолекулярних речовин, завислих частинок та колоїдів;

- електродіаліз – процес сепарації іонів солей в мембранному апараті, котрий здійснюється під впливом постійного електричного струму. Електродіаліз застосовується для демінералізації питної води. Основним обладнанням є електродіалізатори, що складаються з катіонітових та аніонітових мембран;

- хімічне очищення використовується як самостійний метод або як підготовчий перед фізико-хімічним та біологічним очищенням. Його використовують для зниження корозійної активності питної води, видалення з них важких металів, очищення стоків гальванічних дільниць, для окиснення сірководню та органічних речовин, для дезинфекції води та її знебарвлення;

- нейтралізація застосовується для очищення стоків гальванічних, травильних та інших виробництв, де застосовуються кислоти та луги.

Потрібний ефект збільшення прозорості води у відстійниках, освітлювачах і на фільтрувальних апаратах із зернистим фільтрувальним матеріалом може бути досягнутий коагулюванням домішок води з метою інтенсифікації процесу, тобто впливом солей багатовалентних металів. При цьому одночасно відбувається значне знебарвлення води.

Знебарвлення води – вилучення забарвлених колоїдів або справжніх розчинених речовин – досягають коагулюванням, флокуляцією, напірною флотацією, застосуванням різних окислювачів (хлору та його похідних, озону, перманганату калію) та сорбентів (активного вугілля).

Коагуляція – процес з'єднання дрібних частинок забруднювачів в більші за допомогою коагулянтів. Для позитивно заряджених частинок коагулювальними іонами є аніони, а для негативно заряджених – катіони. Коагулянтами є вапняне молоко, солі алюмінію, заліза, магнію, цинку, сірчанокислого газу тощо. Коагувальна здатність солей тривалентних металів в десятки разів вища, ніж двовалентних і в тисячу разів більша, ніж одновалентних.

Флокуляція – процес агрегації дрібних частинок забруднювачів у воді за рахунок утворення містків між ними та молекулами флокулянтів. Флокулянтами є активна кремнієва кислота, ефіри, крохмаль, целюлоза, синтетичні органічні полімери.

Для освітлення води одночасно використовуються коагулянти та флокулянти, наприклад, сірчаноокислий алюміній та поліакриламід. Коагуляція та флокуляція здійснюється у спеціальних ємностях та камерах.

При очищенні води використовується і електрокоагуляція – процес укрупнення частинок забруднювачів під дією постійного електричного струму.

Сорбція – процес поглинання забруднень твердими та рідкими сорбентами (активованим вугіллям, золою, дрібним коксом, торфом, селікагелем, активною глиною тощо). Адсорбційні властивості сорбентів залежать від структури пор, їхньої величини, розподілу за розмірами, природи утворення.

Після механічних, хімічних та фізико-хімічних методів очищення у питної води можуть знаходитись різноманітні віруси та бактерії (дизентерійні бактерії, холерний вібріон, збудники черевного тифу, вірус поліомієліту, вірус гепатиту, цитопатогенний вірус, аденовірус, віруси, що викликають захворювання очей). Тому з метою запобігання захворюванням питну воду перед використанням для побутових потреб піддають *зnezаражуванню*.

Для зnezаражування води застосовують хімічні (хлорування, озонування, використання олігодинамічної дії срібла) і фізичні (кип'ятіння, ультрафіолетове опромінення) методи.

Найбільш простим, надійним і широко розповсюдженим методом зnezаражування води є її хлорування, у нашій країні хлорування води почали застосовувати з 1908 року.

Хлорування води відбувається газоподібним Cl або ж речовинами, що містять активний Cl: хлорне вапно, хлорит, діоксид хлору. Бактерицидний ефект хлорування визначається, в основному, впливом на протоплазму бактерій недиссоційованої молекули хлорнуватистої кислоти. Однак, незважаючи на ефективність щодо патогенних бактерій, хлорування не забезпечує епідемічної безпеки відносно вірусів. Також негативною властивістю даного методу є утворення хлорорганічних сполук і хлорамінів.

В результаті проведених за останні 10 років досліджень було встановлено, що у воді можуть бути присутніми токсичні легкі галогенорганічні сполуки (ЛГС). Це, в основному, сполуки, що відносяться до групи тригалогенметанів (ТГМ): хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан, бромформ та інші, які мають канцерогенну і мутагенну активність.

Медиками виявлено взаємозв'язок між кількістю онкологічних захворювань і споживанням населенням хлорованої води, яка містила галогенорганічні сполуки.

У концепції поліпшення якості питної води в Україні, яку було створено згідно з прийнятою Урядом в 1991 р. науково-соціальною програмою «Питна вода», передбачено розробку і впровадження сучасних технологій отримання якісної питної води з використанням N₂, H₂O₂, що ви-

ключає застосування хлору в технології очищення і запобігає утворенню високотоксичних хлорорганічних сполук.

Окислення застосовується для знезараження питної води від токсичних домішок (мідь, цинк, сірководень, сульфідни), а також від органічних сполук. Окиснювачами є хлор, азот, кисень, хлорне вапно, гіпохлорид кальцію тощо.

Однією з альтернатив процесу хлорування води є її *знезаражування за допомогою озону*. Озон є універсальним реагентом, оскільки може бути використаний для знезаражування, знебарвлення, дезодорації води, для видалення заліза і марганцю. Озон руйнує сполуки, що не підкоряються впливу хлору (феноли), не додає воді запаху і присмаку. З позиції гігієни озонування є одним з найкращих способів знезаражування води. Вода при цьому не збагачується додатковими домішками. Залишковий невикористаний озон через короткий проміжок часу розпадається і перетворюється на кисень.

Але в даного методу також існують мінуси: побічні продукти озонування – альдегіди (формальдегіди) і кетони, а також складність і дорожнеча виробництва озону і постійний контроль з боку людини за виробництвом озону. Треба зазначити, що озонування води є відповідальним технологічним процесом, який потребує великих витрат електроенергії, застосування складних приладів і висококваліфікованого технагляду, оскільки концентрований озон – отруйний газ. Це певною мірою є стримуючим фактором для його широкого застосування.

Знезаражування води іонами срібла навіть у малих концентраціях має властивість знищувати мікроорганізми, що пояснюється властивістю його іонів руйнувати протоплазму мікроорганізмів.

"Срібна вода", яка готується електролітичним розчиненням, має високі бактерицидні властивості і з успіхом може бути використана для очищення води від шкідливих мікроорганізмів, дезинфекції та консервування продуктів харчування, для лікувальних цілей тощо. Завдяки мізерним дозам срібла вона є зовсім нешкідливою.

Одним з найбільш ефективних методів знезаражування (мікробіологічного очищення) води є *ультрафіолетове (УФ) опромінення*. Ультрафіолетове проміння впливає на білкові молекули і ферменти цитоплазми клітин. Знезаражуванню ультрафіолетовим промінням найкраще піддається очищена прозора вода, колірність якої не перевищує 20°, оскільки завислі та колоїдні частинки розсіюють світло і заважають проникненню ультрафіолетового проміння.

Джерелами ультрафіолетового проміння є ртутні лампи, виготовлені з кварцового скла (оскільки звичайне скло не пропускає ультрафіолето-

ву радіацію). Під дією електричного струму ртутні пари дають яскраве зеленувато-біле світло, багате на ультрафіолетове проміння. Існують два основні види апаратів для опромінювання: апарати із зануреними і незануреними джерелами ультрафіолетових променів.

Ультрафіолетове опромінювання діє миттєво, у той же час випромінювання не додає воді залишкових бактерицидних властивостей, а також запаху і присмаку. Обробка води УФ-випромінюванням не приводить до утворення шкідливих побічних хімічних сполук (на відміну від обробки хімічними реагентами, у т.ч. хлором, хлораміном, озоном). УФ-зnezаражування високоефективне протягом усіх періодів року, у т. ч. у паводок і, особливо, узимку, коли ефективність хлорування різко знижується. Бактерицидна установка не має потреби в реагентах.

Дані великого числа досліджень показують, що дози УФ для знищення бактерій і вірусів відрізняються незначно, у той час як при зnezаражуванні хлором ці дози відрізняються до 50 разів, а фільтри для вірусів, як правило, просто "прозорі".

Зnezаражування води ультразвуковими хвилями. Єдиної теорії, яка б пояснювала досконалу бактерицидну дію ультразвуку, на даний час немає. Найбільш вірогідною є гіпотеза, що пояснює дію ультразвуку на бактерії у воді явищем кавітації, тобто утворенням у рідині порожнини та бульбашок, миттєве «закривання» яких підвищує тиск до десятків тисяч атмосфер. До сьогоднішнього часу дослідження ультразвукових хвиль з метою використання їх в практиці на вітчизняних водопроводах не вийшло із стадії експериментів. За кордоном існують промислові установки.

Термічне зnezаражування. Термічний метод зnezаражування застосовується для невеликих об'ємів води. Цим методом користуються в побутових умовах, в санаторіях, в лікарнях, на суднах, у потягах. Зnezаражування досягається 5 – 10 хвилинним кип'ятінням.

Термічний метод зnezаражування води не знайшов застосування навіть на малих водопроводах через його високу вартість, пов'язану з великими витратами палива, та через малу продуктивність установок.

Для водопостачання підприємств застосовують специфічні заходи; наприклад, для водопостачання електростанцій, підприємств хімічної промисловості, текстильної та інших застосовують пом'якшення води, тобто знижують її жорсткість. Для водопостачання підприємств радіохімічної та хімічної промисловості воду піддають *глибокому знесоленню* і знижують окислюваність (вилучають органічні речовини). При використанні для водопостачання солоної (морської) води її опріснюють, а інколи і знесолюють.

12.4 Охорона водоймищ від забруднень

Забруднення водоймищ відбувається природним і штучним шляхами. Забруднення надходять із дощовими і талими водами, змиваються з берегів, а також утворюються у процесі відмирання тваринних та рослинних організмів, які знаходяться у водоймищі.

Штучне забруднення водоймищ є, головним чином, результатом спуску у них недостатньо очищених стічних вод промислових підприємств та населених пунктів. Забруднення, які надходять у водоймище, залежно від їх об'єму і складу можуть по-різному на нього впливати: змінюються фізичні властивості води, з'являється забарвлення, запахи та присмак; з'являються плаваючі речовини на поверхні водоймища і утворюються відкладення; змінюється хімічний склад води (рН, вміст органічних та неорганічних речовин); зменшується у воді вміст розчиненого кисню внаслідок його використання для окислення органічних речовин, що з'явилися; змінюються число і види бактерій (з'являються патогенні), які заносяться у водоймище разом із стічними водами. Забруднені водоймища стають непридатними для питного, а інколи і для технічного водопостачання, у них гине риба.

У практиці санітарної охорони водоймищ користуються гігієнічними нормативами – гранично допустимими концентраціями (ГДК) речовин, які впливають на якість води. За ГДК беруть ту максимальну концентрацію речовин, при якій не порушується нормальний хід біологічних процесів, що формують якість води, та не погіршуються товарні якості промислових організмів. Найбільш ефективною охороною водоймищ від забруднення стічними водами є їхнє очищення. Для раціонального використання водних ресурсів і посилення охорони природних вод від забруднення передбачають повторне використання очищених стічних вод у системах виробничого водопостачання.

У межах великих міст необхідно враховувати забруднення не тільки побутовими та виробничими стічними водами, але і дощовими та талими, які стікають з території міста по водостоках. Мінімальна витрата води у річці для розбавлення дощових вод повинна складати не менше 0,016 л/с на жителя, у іншому випадку якість річної води буде незадовільною.

Наявність у стічних водах шкідливих речовин гальмує процеси самоочищення водоймищ. Такі забруднення виробничих стічних вод, як сірководень та сульфід, отруйно впливають на живі організми. Крім того, вони є нестійкими у водному середовищі, окислюються за рахунок розчиненого у воді кисню, порушуючи цим кисневий режим водоймища. До таких самих тяжких наслідків призводить випуск у водоймища фенолмістких стічних вод, зокрема стічних вод газогенераторних станцій, хімічних заводів, а також підприємств паперової промисловості.

Регенеруючі можливості водоймищ. Здатність самоочищення річки залежить від багатьох природних факторів: об'єму річного стоку, швидкості потоків, хімічного складу води, її температури і т. д. Урахувати їх усі при прогнозуванні оптимальних санітарних пропусків дуже важко. Діючі санітарні норми вимагають гранично мінімального вмісту забруднень у очищених стічних водах, які надходять у водоймища. Але у багатьох випадках глибоке очищення стоків відповідно до цих норм коштує значно дорожче, ніж розбавлення стічних вод, які проходять менш глибоке очищення, річною водою. Для інтенсифікації самоочищення річок рекомендується штучна аерація, яка дуже ефективна, але поки що не одержала широкого розповсюдження.

Для утворення найкращих умов розбавлення при конструюванні випуску треба керуватись такими положеннями: розташування випуску повинно бути у зоні стійкої течії; випускні отвори повинні бути розташовані над дном водоймища на висоті $h \geq 5d$ (d – діаметр отвору), але не менше 1 м; напрямок випуску стічних вод у плані повинен відповідати напрямку найбільш стійких течій; вісь цівки, яка виходить із випуску, повинна направлятись під кутом до горизонту, який визначається розрахунком; оголовки розсіювального випуску повинні розташовуватись один від одного на певній відстані.

Ефект змішування значно підвищується при використанні спеціальних розсіювальних випусків та попередньому розбавленні стічних вод річковою водою шляхом її подачі із річки або водосховища насосами у берегову камеру випуску. Для нормального протікання процесу необхідно забезпечити певні умови, основною із яких є наявність у водоймищі після спуску у нього стічних вод запасу розчиненого кисню.

У воді водоймища одночасно відбувається, з однієї сторони, використання кисню на мінералізацію органічних речовин, а з другої – поповнення його запасу за рахунок розчинення кисню, який надходить з поверхні водного дзеркала.

Кисневий режим річки залежить від температури води. Великий вплив на вміст розчиненого кисню у водоймищі надає величина початкового забруднення. Одним з показників вмісту у воді органічних речовин є величина БСК (біохімічне споживання кисню), яка відображає не кількість органічної речовини, а кількість кисню, яка потрібна для окислення цієї речовини біологічним шляхом. Від початкової БСК значно залежить величина спаду вмісту кисню. Розчинений кисень у очищених стічних водах впливає на вміст розчиненого кисню у річковій воді нижче точки скиду стічних вод, а у випадку поганої реаерації річкової води відсутність розчиненого кисню у очищених стічних водах може призвести до появи анаеробних умов нижче за течією річки. Отже, скидання недостатньо очищених вод, які визначаються за БСК, може бути причиною значного забруднення, якщо у стічній воді відсутній розчинений кисень. Але, з іншої сторони, ре-

аерація залежить від гідрогеологічних умов водоймища, які сприяють перемішуванню води. Тому у деяких випадках раціонально вжити заходи до штучного підвищення величини реаерації шляхом улаштування на відповідних ділянках водоймища перепадів або інших інженерних споруд, які покращують перемішування та аерацію води.

12.5 Нормування якості природних вод водоймищ питного, культурно-побутового і рибогосподарського призначення

Встановлені "Правилами охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами № 465-99" різні види нормативів якості води у водоймищах залежно від їх категорії за характером використання.

Нормування якості води водного об'єкта здійснюється шляхом встановлення сукупності допустимих значень показників її складу та властивостей, у межах яких забезпечуються безпечні умови водокористування і які встановлюються для води:

- що використовується для задоволення питних, господарсько-побутових і рекреаційних потреб;
- потреб рибного господарства.

Відповідно відрізняють *санітарно-гігієнічні нормативи якості води* (науково обгрунтовані величини концентрації забруднювальних речовин та показники якості води (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні), які не впливають прямо або опосередковано на життя та здоров'я населення) та *рибогосподарські нормативи якості води* (науково обгрунтовані величини концентрації забруднювальних речовин та показники якості води (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні), які не впливають на збереження і відтворення промислово цінних видів риб).

На ділянках водних об'єктів, які знаходяться в межах населених пунктів, незалежно від цілей водокористування нормативи встановлюються як для води, що використовується для задоволення господарсько-побутових потреб.

Для вод, що використовуються для задоволення питних, господарсько-побутових і рекреаційних потреб, при нормуванні якості встановлюються ГДК шкідливих речовин з врахуванням трьох показників шкідливості:

- органолептичного (характеризує здатність речовин змінювати органолептичні властивості: смак, запах, колір тощо);
- санітарного (загальносанітарного) (характеризує вплив речовин на процеси природного самоочищення вод);
- санітарно-токсикологічного (характеризує шкідливу дію речовин на організм людини).

Для вод, що використовуються для потреб рибного господарства, при нормуванні якості встановлюються ГДК шкідливих речовин з врахуванням п'яти показників шкідливості:

- органолептичного;
- загальносанітарного;
- санітарно-токсикологічного;
- токсикологічного (характеризує токсичність речовин для живих організмів, що живуть у водоймищі);
- рибогосподарського (характеризує вплив речовин на погіршення якості промислових риб).

Основними заходами охорони води від забруднення вважаються такі, які частково виключають утворення стічних вод, а також необхідність скиду їх у водоймища.

Заборонений скид у водоймища таких стічних вод, які можуть бути ліквідовані іншими шляхами: застосуванням раціональної технології, повторним використанням відпрацьованої води у системах оборотного водопостачання та використанням стічних вод для сільськогосподарського зрошування. Указані заходи дозволяють зменшити об'єми стічних вод, які підлягають скиду у водоймища.

Нагляд за виконанням умов спуску води стічних вод у водоймища виконується санітарно-епідеміологічними станціями та управлінням експлуатації водогосподарських систем Держводгоспу України.

Контрольний створ, у якому мають дотримуватися санітарно-гігієнічний та рибогосподарський нормативи якості води, визначається залежно від конкретних умов, але не нижче 500 метрів від місця скидання зворотних вод на ділянках водних об'єктів, які використовуються для задоволення питних і господарсько-побутових потреб, на відстані одного кілометра вище найближчого за течією пункту водокористування, а на водоймах акваторії – в радіусі одного кілометра від пункту водокористування.

Вода не повинна мати запахів та присмаків інтенсивністю більше 3 балів для морів і 2 балів для водоймищ категорії I безпосередньо або при подальшому хлоруванні і для водоймищ категорії II безпосередньо. Вода не повинна надавати сторонніх запахів та присмаків м'ясу риб. Забарвлення не повинно виявлятися у стовпчику води висотою 0,2 м для водоймищ категорії I та 0,1 м для водоймищ категорії II і морів. Реакція pH води водоймища після змішування її із стічними водами повинна бути у межах $6,0 \leq pH \leq 9,0$.

Отрутні речовини не повинні міститись у концентраціях, які можуть чинити прямо або непрямо шкідливий вплив на організм та здоров'я населення. Стічні води не повинні містити мінеральні масла та інші плаваючі речовини у такому об'ємі, який здатний утворювати на поверхні водоймища плівки та плями. Стічні води, які містять збудники хвороб, повинні підлягати обеззараженню після відповідного очищення. Методи обеззаражен-

ня біологічно очищених побутових стічних вод повинні забезпечувати коли-індекс не більше 1000 при залишковому хлорі не менше 1,5 мг/л.

Мінеральний склад водоймищ категорії I не повинен перевищувати за щільним залишком 1000 мг/л, у тому числі хлоридів 350 мг/л та сульфатів 400 мг/л, а для водоймищ категорії II нормується за наведеним вище показником "Присмаки". Температура води водоймища у результаті спуску у нього стічних вод не повинна підвищуватись літом більше ніж, на 30 °С порівняно із середньомісячною температурою найбільш спекотного місяця за останні 10 років.

Нормативи складу і властивостей води водоймищ, які використовуються для рибогосподарських цілей, залежно від місцевих умов можуть відноситись або до району випуску стічних вод при швидкому змішуванні їх з водою водоймища, або до району нижче спуску стічних вод з урахуванням можливого ступеня їх змішування і розбавлення.

На дільницях масового нересту та нагулу риб спуск стічних вод заборонений. При випуску стічних вод у рибогосподарські водоймища висуваються більш високі вимоги, ніж при випуску стічних вод у водоймища, які використовуються для питних і культурно-побутових потреб населення.

Отрутні речовини у стічних водах не повинні міститись у концентраціях, які можуть прямо або непрямо шкідливо впливати на риб та водні організми, що служать кормом для риб. Деякі дані про гранично допустимі концентрації шкідливих речовин наведені у табл. 12.1.

Температура є одним із факторів, які впливають на токсичну дію речовин на мікроорганізми. При підвищенні температури сприйнятливість організмів до токсичних речовин збільшується.

Правила спуску стічних вод у водоймища регламентуються "Правилами приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України", затвердженими наказом Держбуду України 19 лютого 2002 року № 37, а також "Інструкцією про встановлення та стягнення плати за скид промислових стічних вод у системи каналізації населених пунктів" та "Правилами користування системами централізованого комунального водопостачання та водовідведення в населених пунктах України", затверджених наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 27.06.2008 № 190, зареєстрованих в Міністерстві юстиції України 07.10.2008 за № 936/15627.

На підставі цих Правил та Інструкції Водоканали розробляють місцеві Правила приймання стічних вод підприємств у систему каналізації населеного пункту, у яких установлюються допустимі концентрації (ДК) для кожної забруднювальної речовини, що може скидатися Підприємствами в систему каналізації, а також відображаються місцеві особливості приймання стічних вод Підприємств у міську каналізацію.

ДК забруднювальних речовин у стічних водах Підприємств визначають, виходячи з таких умов:

- ДК забруднювальної речовини в каналізаційній мережі (на випуску Підприємства);
- ДК забруднювальної речовини в спорудах біологічної очистки (на вході в ці споруди);
- величини лімітів на скид забруднювальних речовин у водойму, які встановлені Водоканалам органами Мінекоресурсів України в дозволах на спеціальне водокористування;
- допустимий вміст важких металів в осадах стічних вод, що використовуватимуться як органічні добрива.

З цих чотирьох величин найменша встановлюється як ДК.

Таблиця 12.1 – Допустимі концентрації шкідливих речовин у воді водних об'єктів (дод. 2 до "Правил приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України", затверджених наказом Держбуду України 19 лютого 2002 року № 37)

Інгредієнт	ГДК, г/м ³ , для водоймищ господарсько- питного водо- постачання	Лімітуюча ознака шкід- ливості	ГДК, г/м ³ , для водоймищ рибогоспо- дарського при- значення	Лімітуюча ознака шкід- ливості
Азот амонійний	2,0	С-т	0,5	Токс.
Аміни С10 - С15	0,06	Орг.	-	-
Ацетон	2,2	Заг.	0,05	Токс.
Бензол	0,5	С-т	0,5	Токс.
Залізо	0,3	Орг.	0,05	Токс.
Капролактам	1,0	Заг.	0,01	Токс.
Мідь	0,1	Орг.	0,005	Токс.
Нафта та нафто- продукти	0,3	Орг.	0,05	Рибгосп.
Нікель	0,1	С-т	0,01	Токс.
Нітрати (за азо- том)	45,0	С-т	40,0	С-т
Нітрити	3,3	С-т	0,08	Токс.
Сірковуглець	1,0	Орг.	1,0	Токс.
Фенол (карболо- ва кислота)	0,001	Орг.	0,001	Рибгосп.
Речовини, які не піддаються біологічному розкладанню				
Гексахлорбензол	0,05	С-т	-	-
Дихлоранілін	0,05	Орг.	0,001	Токс.
Карбофос	0,05	Орг.	0	Токс.
Сульфати	500,0	Орг.	100,0	С-т
Тетраетілсви- нець	0	С-т	-	-

При визначенні ДК забруднювальної речовини в стічних водах за ДК в каналізаційній мережі ДК беруть за таблицею 12.2.

Згідно з Правилами охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами (465-99-п), на випуску стічних вод після очисних споруд повного біологічного очищення встановлені такі нормативи якості стічних вод: БСК₅ – 15,0; ХСК – 80,0; завислі речовини – 15,0 мг/л.

Таблиця 12.2 – Вимоги до складу та властивостей стічних вод підприємств для безпечного їх відведення каналізаційною мережею (дод. 1 до "Правил приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України", затверджених наказом Держбуду України 19 лютого 2002 року № 37)

Показники якості стічних вод	Допустимі величини
Температура	не вище 40 град. С
<i>pH</i>	6,5 - 9,0
БСК, г/куб.м	згідно з проектом міських очисних споруд або не більше 350
Завислі речовини та речовини, що спливають, г/куб.м	згідно з проектом міських очисних споруд або не більше 500
Нерозчинні масла, смоли, мазут	не допускаються
Нафта, нафтопродукти, г/куб.м	не більше 20
Жири рослинні та тваринні, г/куб.м	не більше 50
Хлориди, г/куб.м	не більше 350
Сульфати, г/куб.м	не більше 400
Сульфіди, г/куб.м	не більше 1,5
Кислоти, горючі суміші, токсичні та розчинені газоподібні речовини, здатні утворювати в мережах та спорудах токсичні гази	не допускаються
Концентровані маточні та кубові розчини	не допускаються
Будівельне, промислове, господарсько-побутове сміття, ґрунт, абразивні речовини	не допускаються
Радіоактивні речовини, епідеміологічно небезпечні, бактеріальні та вірусні забруднення	не допускаються

Особливості захисту морських водоймищ. Інтенсивна господарська діяльність у басейні Чорного моря призвела до виникнення складних екологічних проблем. Це, насамперед, синдром морської евтрофікації, пов'язаний з інтенсивним надходженням з річковим стоком біогенних елементів, що спричинило масове "цвітіння" водоростей, зменшення вмісту розчиненого кисню, загибель бентосних організмів. Постійним явищем стали "червоні припливи" в прибережних водах.

Значним стало забруднення акваторії Чорного моря шкідливими речовинами, особливо нафтопродуктами. Після катастрофи на Чорнобильській АЕС відбулося забруднення вод Чорного моря радіонуклідами. Хімічне та інші види забруднення негативно позначилися на його біоті, що призвело до зменшення запасів промислових риб, а їхню екологічну нішу зайняла медуза аурелія.

Останніми роками в Чорному морі спостерігається негативна тенденція підвищення межі сірководневої зони, яка за останні три десятиріччя піднялася в середньому на 40 м, що може дуже негативно позначитися на усій екосистемі Чорного моря.

Азовське море сьогодні є зоною екологічної катастрофи. Ще 40 – 50 років тому в ньому виловлювали риби в 35 разів більше, ніж у Чорному морі, і в 12 разів більше, ніж у Балтійському. Раніше тут водилася риба 114 видів, загальний вилов її у сприятливі роки становив понад 300 тис. т на рік, переважно цінних порід. Тепер він зменшився в 6 разів. Риба, яку виловлюють, настільки забруднена хімікатами, що споживати її небезпечно.

Для запобігання подальшого погіршення екологічної ситуації у нашій країні велику увагу приділяють попередженню та усуненню забруднення морів. Уздовж морів та навколо морських заток і лиманів виділяється прибережна захисна смуга шириною не менше двох кілометрів від урізу води.

Для захисту морської води від забруднення законодавство (ст. 102 Водного кодексу України) забороняє скидати з суден і плавучих засобів, платформ та інших морських споруд і повітряних суден хімічні, радіоактивні та інші шкідливі речовини, а також радіоактивні або інші відходи, матеріали, предмети та сміття, які можуть спричинити забруднення моря.

Правила охорони внутрішніх морських вод територіального моря від забруднення і засмічення, затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 29 лютого 1996 р. Ними передбачено, що з метою запобігання забрудненню внутрішніх морських вод і територіальних вод конструкція і обладнання суден мають відповідати вимогам, встановленим міжнародними договорами України щодо запобігання забрудненню морського середовища із суден. Операції із забруднювальними речовинами, їх сумішами, а також із зворотними водами підлягають обов'язковій реєстрації в судових документах, форми яких узгоджуються з державними інспекціями охорони Чорного і Азовського морів Мінприроди України. Забороняється скидання

із суден очищених господарсько-побутових стічних вод у чотиримильній зоні прибережних вод. Такі стічні води повинні накопичуватися та здаватися на судна-збірники або на берегові очисні споруди. В зазначених Правилах встановлені й інші вимоги щодо охорони внутрішніх морських вод та територіального моря.

12.6 Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод

Стічні води, які спускаються у водоймище, повинні бути очищені до такого ступеня, щоб вони на нього шкідливо не впливали. Щоб правильно визначити необхідний ступінь очищення стічних вод, у кожному випадку необхідно мати докладні дані про їх об'єм та склад, а також дані детальних обстежень водоймища, які дозволяють характеризувати місцеві гідрогеологічні та санітарні умови. Необхідний ступінь очищення стічних вод визначається відносно загальносанітарних та органолептичних показників шкідливості і кожного із нормативних показників забруднення.

Розрахунки з визначення необхідного ступеня очищення стічних вод, які спускаються у водоймище, виконуються за вмістом суспендованих речовин, споживанням стічними водами розчиненого кисню, допустимою величиною БСК у суміші річної води і стічних вод, зміною активної реакції води водоймища, забарвленням, запахом, температурою, вмістом солей, а також за гранично допустимими концентраціями токсичних домішок та інших шкідливих речовин.

Зв'язок між санітарними вимогами до умов спуску стічних вод у водоймища (відповідність складу та властивостей води водоймища, яке використовується для водокористування населення, установленим нормативам) та необхідним ступенем очищення стічних вод перед спуском їх у водоймище у загальному вигляді виражається за формулою

$$C_{ст} q + C_p a Q \leq (a Q + q) C_{гр.д}, \quad (12.1)$$

де $C_{ст}$ – концентрація забруднення стічних вод, при якій не будуть перевищені допустимі границі (розрахунковий показник складу і властивостей води відповідно до санітарних вимог);

C_p – концентрація цього ж виду забруднення (шкідливої речовини) у воді водоймища вище місця випуску стоку, що розглядається;

Q і q – відповідно витрата води у водоймищі та витрата стічних вод, які надходять у водоймище;

a – коефіцієнт забезпеченості змішування, який визначає частку розрахункової витрати водоймища Q , що реально може брати участь у розбавленні стічних вод;

$C_{гр.д}$ – нормативний показник або гранично допустимий вміст забруднення (ГДК) у воді водоймища.

Із формули (12.1) шляхом алгебраїчного перетворення одержимо значення $C_{ст}$:

$$C_{ст} \leq \frac{aQ}{q} (C_{гр.д.} - C_p) + C_{гр.д.} \quad (12.2)$$

Значення розрахункового показника забруднення стічних вод $C_{ст}$, яке визначається розрахунком для нового або для діючого об'єкта та покладене в основу проектування очисних споруд, набуває значення контрольної величини на період експлуатації цих споруд. Допустимий вміст суспендованих речовин у стічних водах, що спускаються у водоймище, відповідно до санітарних правил може бути підрахований з рівняння

$$a Q b + q m = (a Q + q)(b + p),$$

звідки

$$m = p \left(a \frac{Q}{q} + 1 \right) + b, \quad (12.3)$$

де m – вміст суспендованих речовин у очищених стічних водах, г/м³;
 b – вміст суспендованих речовин у воді водоймища до спуску стічних вод, г/м³;

p – допустиме за санітарними правилами збільшення вмісту суспендованих речовин у водоймищі після спуску стічних вод (залежно від виду водокористування), г/м³.

Ступінь необхідного очищення за суспендованими речовинами, D , може бути визначений за формулою

$$D = 100(C - m)/C, \quad (12.4)$$

де C – кількість суспендованих речовин у стічній воді до очищення, г/м³.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвіть параметри, що визначають фізичні властивості води.
2. Назвіть параметри, що визначають хімічні властивості води.
3. Як визначається бактеріальне забруднення води ?
4. Які вимоги висуваються до господарчо-питної води ?
5. Які вимоги висуваються до виробничих вод ?
6. Методи обробки природних вод.
7. Фактори, що призводять до забруднення водоймищ.
8. Які фактори впливають на регенерувальні можливості водоймищ ?
9. Якими способами захищають водоймища від забруднень ?
10. Нормативи якості води у водоймищах питного, культурно-побутового значення.
11. Нормативи якості води у водоймищах рибогосподарського значення.
12. Правила спуску стічних вод у водоймища.
13. Як визначити необхідний ступінь очищення стічних вод?
14. Що таке ступінь необхідного очищення за суспендованими речовинами?

13 ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ТА ЇХ ОББЕЗЗАРАЖЕННЯ

13.1 Способи очищення стічних вод

Способи очищення стічних вод можуть бути розбиті на три групи: механічні, фізико-хімічні, біохімічні.

Споруди для очищення стічних вод розташовують таким чином, що вода проходить їх послідовно. У спорудах для механічного очищення спочатку затримують найбільш важкі і крупні завислі речовини, а потім відділяють основну масу нерозчинених забруднень. Далі у спорудах для біохімічного очищення видаляють тонкі суспензії, що залишились, колоїдні і розчинені забруднення. Після цього виконують обеззаражування стічних вод.

Механічне очищення стічних вод застосовують для видалення суспендованих домішок і частково колоїдів. Змішування стічних вод і усереднення концентрації їх забруднень. Механічне очищення виконують проціджуванням, відстоюванням і фільтруванням. Склад споруд комплексу очищення стічних вод беруть залежно від потрібного ступеня очищення. Максимальне збільшення прозорості і значне зниження БСК досягаються у двох'ярусних відстійниках і відстійниках з преаерацією або біокоагуляцією.

Залежно від продуктивності технологічні схеми механічного очищення можуть бути такими: при витраті до 300 м³/добу – двох'ярусні відстійники, хлораторна установка, мулові площадки; при витраті до 12 тис. м³/добу – решітки, пісколовки, двох'ярусні відстійники, хлораторна установка, контактні резервуари, мулові площадки; при витраті від 100 тис. м³/добу – решітки, пісколовки, горизонтальні відстійники (вертикальні відстійники, біокоагулятори при витраті до 36 тис. м³/добу, радіальні відстійники при витраті більше 50 тис. м³/добу), хлораторна установка, контактні резервуари, метантенки, мулові площадки.

Фізико-хімічне очищення стічних вод полягає в тому, що в очищувану воду вводять речовину-реагент (коагулянт або флокулянт). Вступаючи у хімічну реакцію з елементами забруднення, ці речовини сприяють більш повному виділенню нерозчинних домішок, колоїдів і частини розчинних забруднень, що забезпечує зменшення їх концентрації в стічній воді; переводять розчинні сполуки у нерозчинні або у розчинні, але нешкідливі; змінюють реакцію стічних вод, зокрема нейтралізують їх; знебарвлюють забарвлену воду тощо.

Сучасні фізико-хімічні методи можуть забезпечити глибоке очищення стічних вод. Їх використання дозволяє суттєво інтенсифікувати механічне очищення або замінити біохімічне.

Біохімічне очищення стічних вод здійснюють для видалення розчинених і колоїдних органічних речовин в процесі їх окислювання або відно-

влення за допомогою мікроорганізмів, здатних під час своєї життєдіяльності здійснювати їх мінералізацію.

Спори біологічного очищення в природних умовах підрозділяють на *фільтраційні* (поля зрошування і поля фільтрації) і *об'ємні* (біологічні ставки і окислювальні канали). В перших стічна вода фільтрується через ґрунт, що містить аеробні бактерії, які отримують кисень з повітря, у других стічна вода протікає крізь водоймище, куди кисень потрапляє за рахунок реаерації або механічної аерації.

У штучних умовах застосовують *біо- та аерофільтри, аеротенки, компактні установки* з механічним аеруванням. Очищення стічних вод в цих спорудах здійснюється більш ефективно, оскільки в них штучним шляхом забезпечуються більш сприятливі умови для життєдіяльності мікроорганізмів (переважно за рахунок кращого забезпечення киснем з повітря).

Суть процесу біологічного очищення стічних вод полягає в тому, що в процесі фільтрації через ґрунт або зернисте середовище органічні забруднення затримуються в ньому, утворюючи біологічну плівку, населену великою кількістю мікроорганізмів. Плівка адсорбує колоїдні і розчинені речовини, дрібні суспензії, і вони за допомогою аеробних бактерій за присутності кисню повітря перетворюються на мінеральні сполуки. Атмосферне повітря добре проникає у ґрунт на глибину 0,2 – 0,3 м, де і здійснюється найбільш інтенсивне біохімічне окислювання.

Азот амонійних солей перетворюється в нітрати і нітрити, а органічний вуглець – у вуглекислоту. На великій глибині, куди проникнення повітря утруднене, окислювання здійснюється за рахунок денітрифікації, тобто за рахунок кисню, що виділяється при розпаді нітритів і нітратів. Практично процес очищення стічних вод здійснюється в шарі потужністю до 1,5 м.

Глибоке очищення стічних вод з вилученням деяких біогенних елементів виконують після їх біологічного очищення при повторному використанні для потреб технічного водопостачання.

Біогенні елементи – хімічні елементи, які постійно входять до складу організмів і виконують певні біологічні функції. До їх числа відносяться: кисень, вуглець, водень, азот, бор, сірка, кальцій, калій, натрій, хлор, а також йод, цинк, магній, марганець, залізо та інші хімічні елементи, необхідні організмам у мізерних кількостях.

При глибокому очищенні найбільш часто вирішується задача нітрифікації, тобто окислення аміаку до азотної кислоти. Процес має дуже велике значення для землеробства, тому що переводить азотисті сполуки у форму, доступну для живлення рослин. Крім того, для водоймищ громадського водокористування існують норми ГДК за біогенними елементами, зокрема для азоту, сольового аміаку до 2 мг/л.

Із вапнякових методів вилучення із води азоту сольового аміаку (десорбція повітрям у лужному середовищі; озонування, хлорування, нітрифі-

кація) усе ширше впроваджується у практику нітрифікація. При цьому азот із води не вилучають, а переводять азот сольового аміаку у нітрати і нітри-ти, що значно покращує кисневий режим водоймища.

Процес нітрифікації успішно протікає у біофільтрах, аерофільтрах та аеротенках за рахунок життєдіяльності бактерій – нітрифікаторів, і ефект нітрифікації відповідно складає 30 – 47, 60 – 70 та 70 – 75%. Під ефективністю нітрифікації розуміють відношення суми утворених нітратів та нітритів до вихідного вмісту амонійного азоту у відсотках.

Для усіх споруд біологічного очищення, які працюють у схемах нітрифікації, необхіден період зарядки або адаптації. Так, для аеротенків він складає 30 – 45 днів, при цьому спостерігається зменшення активного мулу за сухою речовиною внаслідок відмирання сапрофітної мікрофлори та спухання мулу.

Найбільш високий ефект нітрифікації досягається у аеротенках. В них можливо управляти процесом за рахунок концентрації біомаси нітрифікувального мулу та оптимізації складу його мікробіального населення. Рекомендується улаштування спеціального резервуара для вирощування нітрифікувального мулу, оскільки приріст активного мулу в самому аеротенку-нітрифікаторі дуже невеликий.

Доочищення стічних вод фільтруванням. Для цього найбільш широко застосовують фільтрування на барабанних сітках з вічками 0,5 – 1 мм зі швидкістю 40 – 50 м/год з подальшим фільтруванням на фільтрах із зернистим завантаженням. Для доочищення біологічно очищених стічних вод використовують прямоточні (двошарові) та протиточні швидкі фільтри. Перевагу необхідно віддавати швидким фільтрам із напрямком потоку знизу уверх, а також багатошаровим каркасно засипним (рис. 13.1) та крупнозернистим фільтрам. Швидкість фільтрування беруть 5 – 15 м/год. При фільтруванні крізь зернисте завантаження біологічно очищених стічних вод досягається зниження БПК_{повн.} на 70 – 80%, ХПК (хімічна потреба у кисні) – на 30 – 40%, завислих речовин – на 80 – 90%.

Промивання фільтрів виконують водою із вмістом завислих речовин до 20 мг/л або застосовують водоповітряне промивання. На швидких фільтрах з рухом води зверху вниз необхідно передбачати пристрої для гідравлічного або механічного розпушування верхнього шару завантаження. Інтенсивність промивання швидких піщаних фільтрів з нижнім та верхнім промиванням 16 – 18 л/(с·м²) протягом 6 – 8 хвилин, а для двошарових фільтрів – 14 – 16 л/(с·м²) протягом 8 – 10 хвилин. Для протиточних швидких фільтрів застосовують водоповітряне промивання з таким режимом: продування повітрям з інтенсивністю 18 – 20 л/(с·м²) протягом 1 – 2 хв; водоповітряне промивання з інтенсивністю 6 – 7 л/(с·м²) протягом 4 – 5 хв.

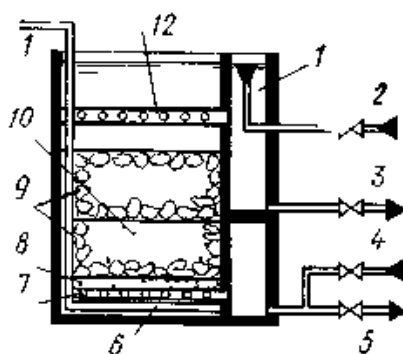


Рисунок 13.1 – Схема каркасно-засипного фільтра:

1 – бокова двоповерхова кишеня; 2 і 5 – відповідно подача вихідної води і відведення фільтрату; 3 і 4 – відповідно відведення і подача промивної води; 6 і 7 – відповідно повітряно- і водорозподільні системи; 8 – підтримувальні гравійні шари; 9 – гравійний каркас; 10 – піщана засипка; 11 – подача повітря, 12 – трубчаста система для подачі вихідної і відведення промивної води

Тривалість фільтроциклу беруть: для кварцових прямооточних фільтрів 12 годин при початковому вмісті завислих речовин 15 – 20 мг/л та 8 годин при 20 – 40 мг/л; для протиточних та двошарових фільтрів 24 години при початковому вмісті завислих речовин 15 – 20 мг/л та 16 годин при 20 – 30 мг/л. Вода після промивання фільтрів підлягає відстоюванню протягом 2 годин, а потім подається у аеротенки, а осад надходить на споруди з обробки осадів. Періодично, 1 раз у 3 місяці, завантаження фільтрів хлорується, для чого фільтр заповнюється на добу хлорною водою з концентрацією хлору 0,2 – 0,3 г/л.

Останнім часом для доочищення біологічно очищених стічних вод ширше застосовують *каркаснозасипні фільтри (КЗФ)*. Особливістю кінетики витягування ними завислих речовин є те, що гравійний каркас затримує крупні частки завислих речовин у кількості до 40%, вирівнює навантаження за суспензією і тим самим забезпечує більш однорідний дисперсний склад завислих речовин, що просочуються у другий фільтрувальний шар. При цьому активний мул, який накопичується у завантаженні фільтра, не втрачає своєї біохімічної активності. Ефективність доочищення стічних вод на КЗФ складає: за завислими речовинами 80 – 95%; за зниженням величини БПК_{повн.} – 66 – 89%; за зниженням величини ХПК – 24 – 40%.

Оптимальні технологічні та конструктивні параметри КЗФ: швидкість фільтрування – 10 м/год; розмір фракцій гравійного каркасу – 40 – 60 мм; розмір фракцій піщаної засипки – 1– 1,25 мм; висота піщаної засипки 0,9 м, а загальна висота гравійного каркасу – 1,8 м. Оптимальні параметри водної та водоповітряної промивки КЗФ: при водній промивці – інтенсивність подачі промивної води 20 – 22 л/(с·м²), тривалість промивання 8 хв.; при водоповітряній промивці – інтенсивність подачі промивної води

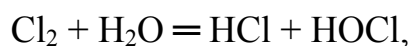
12 – 14 л/(с·м²), інтенсивність подачі повітря 20 – 22 л/(с·м²), тривалість промивання 10 хв.

Сорбція залишкових органічних речовин на активному вугіллі. Сорбція – процес, який полягає у тому, що забруднення із стічної рідини або поглинаються твердим тілом (абсорбція), осідають на його активній розвинутій поверхні (адсорбція), або вступають у хімічну взаємодію з ним (хемосорбція). Для очищення виробничих стічних вод найчастіше використовують адсорбцію. Для цього до стічної рідини, що очищується, добавляють сорбент (тверде тіло) у роздрібненому вигляді і перемішують із стічною водою. Потім сорбент, насичений забрудненнями, відділяють від води відстоюванням або фільтруванням. Найчастіше воду, яка очищується, пропускають безперервно через фільтр, завантажений сорбентом. Як сорбенти застосовують: активне вугілля, коксову крихту, торф, каолін, тирсу, попіл та ін. Кращий, але найбільш дорогий, сорбент – активне вугілля. Для відновлення сорбційної ємності активне вугілля піддається регенерації їдким натром, парою або термообробленню. Метод сорбції можна використовувати, наприклад, для очищення виробничих стічних вод від газогенераторних станцій, які вміщують фенол, а також виробничих стічних вод, що містять миш'як, сірководень тощо. Після адсорбційного очищення можливе повторне використання стічних вод у системі обертового водопостачання. Недоліком сорбційного очищення є його відносно велика вартість.

13.2 Методи обеззаражування стічних вод

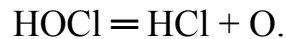
Обеззаражування (дезинфекцію) стічних вод виконують з метою знищення в них патогенних бактерій та запобігання, таким чином, водоймищ, куди вони скидаються, від зараження. Частково бактеріальні забруднення затримуються і в спорудах з очищення стічних вод, що спричинює необхідність періодичної дезинфекції цих споруд. Обеззаражуванню повинні підлягати стічні води після їх механічного або штучного біологічного очищення. Що стосується стічних вод, які очищуються на полях фільтрації, а також на біологічних ставках, то дезинфекції вони не підлягають. Обеззаражування стічних вод може виконуватись різними способами: хлоруванням, ультрафіолетовими променями, електролізом, озонуванням та ультразвуком. Найбільш розповсюдженим у нашій країні на сьогодні способом є хлорування водним розчином газоподібного хлору або хлорним вапном.

Взаємодія хлору з водою описується реакцією



яка приводить до виділення соляної (HCl) та хлорноватистої (HOCl) кислот.

Нестійка хлорнуватиста кислота легко розпадається на соляну кислоту та атом кисню:



Атомарний кисень окислює речовини, які входять до складу кліток (протоплазми) бактерій, крім того на них діє сам хлор. Це і приводить до загибелі бактерій.

При використанні для дезинфекції хлорного вапна $2\text{CaCl}_2\text{O}$ процес протікає аналогічно описаному. Утворюється хлорнуватиста кислота, хлористий кальцій CaCl_2 та вапно $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Кількість хлору, який необхідний для процесу обеззаражування, значно більше, ніж потреба в ньому для руйнування кліток бактерій, оскільки частина хлору, що вводиться у воду, йде на окислення органічних речовин та на реакції з мінеральними домішками, які вміщуються у стічних водах. Кількість хлору, що витрачається на ці процеси, характеризує хлоропоглинання стічної води. Кількість активного хлору, яка необхідна для обеззаражування 1 л або 1 м^3 стічної води, виражена відповідно у мг/л або $\text{г}/\text{м}^3$, називається дозою хлору. Прийнята доза хлору повинна забезпечувати після 30-хвилинного контакту з водою наявність у ній надлишкового хлору у кількості 0,5 – 1 мг/л. Згідно з нормами дози хлору призначаються такими: після механічного очищення – $10 \text{ г}/\text{м}^3$ відстояних стічних вод; після повного штучного біологічного очищення – $3 \text{ г}/\text{м}^3$.

Для неочищених стічних вод, як установлено практикою, доза хлору повинна бути значно вищою – до $60 \text{ г}/\text{м}^3$, і навіть при цьому хлорування не дає надійних результатів, оскільки крупні частинки завислих речовин перешкоджають дії хлору на бактерії, які знаходяться усередині цих частинок. Для більш швидкої і кращої дезинфекції необхідно ретельне змішування хлорного розчину із стічною водою і достатній час контакту для проходження реакцій. Тривалість контакту відповідно до нормативу належить брати 30 хв. Хлор дуже отруйний, тому вміст хлору у повітрі приміщення хлораторної не повинен перевищувати 0,001 мг/л. Вміст його у кількості 0,1 – 0,2 мг/л призводить до отруєння, а у кількості 0,3 мг/л і більше – смертельний.

Обеззаражування стічних вод хлором та його похідними. Хлорування стічних вод рідким хлором виконують за допомогою хлоратора – приладу, який служить для приготування розчину та його дозування. Найбільш широке розповсюдження одержали вакуумні хлоратори ЛОНІІ-100 та ЛК-10 двох типів: з рідинним вимірювачем витрати хлору (дифманометром) та з газовим вимірювачем (ротаметром).

Вакуумні хлоратори відрізняються безпечністю їх застосування. Випускаються вони продуктивністю 0,5 – 3; 1 – 5; 2 – 10 кг/л, мають розміри $510 \times 350 \times 600$ мм, масу 37,5 кг. Хлоратори мають запірний вентиль, фільтр, редукційний клапан, який знижує тиск до 20 кПа, манометри до і після редуктора, регулювальний вентиль, ротаметр скляний, циліндр-регулятор,

бачок із шаровим краном та ежектор. Хлораторна, у якій установлюється вакуум-хлоратор, проектується у вигляді окремо стоячої будівлі. У ній передбачається дозаторна з балонами, бочками на терезах, грязьовиками та хлораторами з ежекторами; є приміщення, у якому розміщуються вентилятори та калорифери.

У дозаторній розташовані робочий та резервний хлоратори з ежекторами. У бочці (або балоні), розташованій на терезах, відбувається випаровування рідкого хлору, поповнення якого шляхом переливу із балонів виконується відсмоктуванням хлор-газу ежектором. Хлор-газ проходить грязьовик, надходить у хлоратор, де відбувається дозування газоподібного хлору та змішування його з водою, звідти хлорна вода спрямовується для змішування із стічними водами. Застосовуються також хлоратори М. С. Оганезова продуктивністю до 10 кг хлору за одну годину із витратою води у 1,5 – 2 рази більшою, ніж у хлораторів ЛОНИИ-100; хлоратори Л. А. Кульського ЛК-10м, ЛК-10с, ЛК-10б, ЛК-11 продуктивністю відповідно, кг/год: 0,04 – 0,8; 0,5 – 5; 2 – 2,5; 0,5 – 5 із витратою води 5 м³/год, крім ЛК-10б, у якого витрата 30 м³/год; хлоратор ДХ-1 Діпрокомунводоканалу продуктивністю до 50 кг/год.

Споруди для хлорування складаються із хлораторної, змішувача та контактного басейну. У хлораторній розташовуються: витратний склад хлору, приміщення хлораторів (приготування та дозування розчину хлору). Для приготування та дозування розчину хлорного вапна найчастіше використовують пристрій, який складається із затворного, двох розчинних та дозувального баків. У затворному баці із хлорного вапна та водопровідної води готують концентрований розчин, який містить 10 – 15% активного хлору. Цей розчин пропускають через розчинні баки, де його розбавляють водою, та одержують 2 – 3-процентний розчин, який вводять у воду, що обробляється. Дозу розчину хлору регулюють спеціальним краном. Потім розчин хлору надходить у змішувач, де змішується із стічною водою і разом з нею надходить у контактний резервуар. Для змішування найчастіше застосовують лоткові змішувачі. Час протікання стічних вод від змішувача до контактного резервуару і від нього до випуску у водоймище – 30 хвилин.

Обеззаражування стічних вод озонуванням, ультрафіолетовими променями, електролізом. Обеззаражування стічних вод можливо методом озонування. Озон енергійно взаємодіє з мінеральними та органічними речовинами. Після озонування кількість бактерій зменшується на 99,8%. Недолік цього методу – відносна складність обладнання та висока вартість обеззаражування. Для обеззаражування очищених стічних вод застосовують опромінювання ультрафіолетовими променями. Але цей метод ефективний тільки за наявності завислих речовин у воді до 2 мг/л. Із інших методів дезинфекції води становить інтерес електроімпульсний, який не потребує застосування реагентів і відносно простий у конструктивному оформ-

млени. Гарні результати досягнуті при використанні ультразвукових коливань для обеззаражування стічних вод.

З технологічної точки зору найбільш простим, дешевим та надійним методом дезинфекції стічних вод є хлорування рідким хлором або їх електроліз з одержанням гіпохлориту натрію. Санітарна оцінка вказаних методів однакова, але перевагу треба віддавати електролітичному методу, який може виконуватись без добавлення хлороутримуючих речовин або з добавленням морської води чи повареної солі. При цьому методі виключаються перевезення реагенту, відпадає потреба у поверненні тари, улаштуванні сховищ, вжитті заходів з запобігання витоків токсичного хлор-газу і т. п. Як показали економічні розрахунки, у переважній більшості випадків застосування електролізів для дезинфекції стічних вод вигідніше за хлорування.

13.3 Лабораторно-технологічний контроль за роботою очисних споруд

"Правилами приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України" передбачений порядок контролю за скидом стічних вод у каналізацію населеного пункту. Підприємства зобов'язані здійснювати контроль за кількістю та якістю стічних вод, які вони скидають до системи міської каналізації. Перелік забруднень, на наявність яких проводиться аналіз, та періодичність контролю встановлюються Водоканалом.

За наявності локальних очисних споруд Підприємства повинні здійснювати кількісний та якісний контроль стічних вод, що надходять, очищених стічних вод та враховувати об'єми видалених із стічних вод осадів. На вивезення та утилізацію осадів повинні бути оформлені відповідні документи (акти, накладні, рахунки), які зберігаються на Підприємстві не менше трьох років.

Місця та періодичність відбору проб Підприємствами мають бути погоджені з Водоканалом, а методики проведення аналізів – з органами державного нагляду (органами Міністерства охорони здоров'я та Мінекоресурсів України).

Підприємства згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391 "Про затвердження Положення про державну систему моніторингу навколишнього природного середовища" зобов'язані збирати і безстроково зберігати первинні дані з якості стічних вод, обробляти, узагальнювати та безплатно надавати додатково до форм статистичної звітності дані спостережень та іншу інформацію на запит органів державної виконавчої влади.

Результати аналізів стічних вод і замірів їх витрат повинні фіксуватися у робочих журналах, які зберігаються на Підприємстві безстроково.

Підприємства зобов'язані систематично (відповідно до місцевих Правил приймання) подавати до Водоканалу інформацію про об'єми та якісний склад стічних вод, які вони скидають до міської каналізації. Інформацію підписують керівник Підприємства та особа, відповідальна за водовідведення. Керівник Підприємства несе відповідальність за достовірність інформації.

Про всі випадки погіршення якості стічних вод, аварійних та залпових скидів шкідливих речовин, проведення аварійно-відновлювальних робіт Підприємства повинні негайно інформувати Водоканал, місцеві органи Мінекоресурсів та Держсанепіднагляду.

13.3.1 Види та призначення аналізів

Стічна рідина має складний склад забруднень органічної та мінеральної природи, які знаходяться у завислому, колоїдному та розчиненому стані.

Завислі забруднення мають широкий діапазон значень гідравлічної крупності і поділяються на осідаючі та неосідаючі. Приблизне співвідношення у побутових стічних водах органічних та мінеральних речовин відповідно 58 та 42%. Отже, склад забрудненої стічної рідини визначає необхідну ефективність роботи тих чи інших технологічних комплексів очисних станцій. Якщо частка осідаючих мінеральних суспензій збільшена, особливу увагу необхідно приділяти контролю за роботою первинних відстійників, пісколовок та споруд з обробки осадів. Якщо ж у стічній рідині переважають неосідаючі органічні суспензії та колоїди, то увага повинна бути направлена на контроль за роботою споруд біохімічного очищення. Якщо у стічній рідині збільшена частка розчинених мінеральних речовин, необхідно підсилити контроль за роботою споруд для очищення стічних вод.

Під час експлуатації очисних споруд може змінюватись часткове співвідношення різних видів забруднень як за фазово-дисперсним складом, так і за природою. У таких випадках періодично, залежно від зміни витрат стічних вод та при підключенні нових об'єктів каналізування, необхідно виконувати контрольні аналізи і визначати часткове співвідношення завислих осідаючих (за 2 год.) та неосідаючих, колоїдних і розчинених речовин, причому визначати зольність кожної фракції. У пусковий період вибір показників забруднень диктується як проектними даними споруд, так і фактичними властивостями забруднень стічних вод, а також видом налагоджуваних у даний момент каналізаційних споруд.

У стічній рідині, яка надходить на очисні споруди, після пісколовки і повного біохімічного очищення виконуються повний хімічний та бактеріологічний аналізи, які включають такі основні показники: температуру, колір, запах, активну реакцію середовища (pH), ступінь прозорості у натура-

льній пробі води після 1,5 – 2 год відстоювання, осад за об'ємом, завислі речовини та втрата при прожарюванні, азот амонійний, азот нітратів, окислюваність у натуральній пробі води після 2 год відстоювання, потреба у кисні (БПК), хлориди, сульфати, фосфати, залізо та розчинений кисень.

Для оцінення роботи окремих споруд можна виконувати скорочені об'єми аналізів. Аналізи за скороченою схемою при налагоджуванні включають такі показники: температуру, запах, активну реакцію (*pH*), лужність, ступінь прозорості, осад за об'ємом, завислі речовини, окислюваність, БПК, групу азоту та хлоропоглинання.

Аналіз за скороченою схемою виконують у середньозмінних пробах (при стабільному складі), які відбираються у трьох точках: перед спорудами механічного, біохімічного очищення та на виході із очисних станцій після контактного резервуара. Можливі ще аналізи у разових пробах на вологість піску, сирого та зброженого осаду, вільного кисню, мулового індексу і т. п.

Температуру стічної рідини вимірюють, щоб визначити інтенсивність протікання процесів осідання, біохімічного окислення та коагуляції, а також щоб запобігти різним змінам умов роботи активного мулу, який чутливий до змін температури. Температуру вимірюють одночасно з відбором проб усіх видів у спорудах. Термометри повинні мати ціну поділки не вище 0,5 °С.

Забарвлення свіжої господарсько-побутової води сіре, але в результаті загнивання може стати чорним (утворюється сірчисте залізо). Промислові стоки можуть суттєво змінити забарвлення міських стічних вод. Лабораторні визначення забарвлення стічних вод виконують у відфільтрованій пробі.

Прозорість стічної рідини визначають у прозорому безкольоровому циліндрі з плоскопаралельним дном відносно до підставки. Висота стовпа рідини, через який можна прочитати спеціальний шрифт Снеллена, дає величину прозорості у см. Сира відфільтрована стічна рідина має прозорість біля 2 см, вода після повного біохімічного очищення не менше 20 см, після доочищення – більше 36 см.

Запах стічної рідини може характеризуватись тільки за двома категоріями – свіжа вона або загнила, що служить для загальної характеристики.

Активна реакція у загальних рисах може бути визначена індикаторами: лакмусовий папірець у кислому середовищі має червоний колір, у лужному – синій, метилоранж – відповідно червоний та жовтий, фенолфталеїн – безкольоровий і червоний (кармін). Водневий показник (*pH*) може бути визначений колориметрично та за допомогою приладів. Він служить для управління процесами анаеробного зброджування осадів, біохімічного очищення і т. д. та корелюється домішками відповідних реагентів (кислот та лугів).

Загальний вміст забруднювальних речовин – сухий залишок – визначають випаровуванням нефільтрованої проби рідини у сушильній шафі при температурі до 105 °С, після чого осад зважують у герметичних бюксах або в ексікаторах. Подальше прожарювання проби у муфельній печі при температурі 600 – 700 °С дозволяє визначити зольність (щільний залишок). Різниця між сухим та щільним залишками полягає у втраті при прожарюванні, тобто характеризує органічну частину загального вмісту забруднень у стічній рідині.

Розчинені забруднення визначають як різницю між сухим залишком у нефільтрованій та відфільтрованій пробах, аналогічно визначають їх склад за органічною та мінеральною частинами.

Колоїди визначають або спиртовим методом, або за допомогою мембран [19].

Осідаючі завислі речовини визначають осіданням (сухий залишок після 2 год відстоювання проби у циліндрі Лисенка).

Неосідаючі завислі речовини можна обчислити як різницю між сухим залишком вихідної проби та сумою сухих залишків та завислих речовин, які осіли.

Азот у вигляді амонійних солей, нітратів, нітритів та загального органічного вмісту, який визначається спеціальними механічними методами, свідчить про етапи розпаду органічних речовин і споживання біогенних елементів у процесі обробки забруднень стічної рідини. Загальний вміст азоту, який визначається методом Кьельдаля, не включає у себе нітритів та нітратів, а тільки азот і аміак.

Розчинений кисень визначають для характеристики кисневого режиму у муловій суміші та для контролю якості очищеної рідини, а також при визначенні продуктивності аераційного обладнання. Для цього необхідно знати розчинність кисню у воді, яка залежить від температури та концентрації солей, зокрема хлоридів. Для приблизних експлуатаційних технологічних розрахунків рекомендується користуватись спрощеною залежністю, яка не враховує вплив іонів солей:

Температура, °С . . .	0	5	10	15	20	25	30
Розчинність O ₂ , мг/л . . .	14,6	12,8	11,3	10,1	9,2	8,4	7,6.

Проміжні значення можна обчислити за інтерполяцією.

Окислюваність за перманганатом калію умовно характеризує вміст легкоокислюваних органічних та мінеральних речовин. Цей параметр не може замінити визначення БСК, але необхідний для орієнтовного оцінення ступеня забруднення стічної рідини з відомим складом та вибору правильності розбавлення при визначенні БСК.

Хімічне споживання кисню (ХСК), окислюваність за перманганатом калію свідчить про наявність речовин та їх концентрацію при обробці сильними окислювачами. Значення параметра ХСК найбільшою мірою проявляється при визначенні схильності забруднень стічної рідини до біохімі-

чного окислення шляхом оцінювання співвідношення БСК/ХСК = 0,7 – 0,8, а для біохімічно очищених – 0,4 – 0,1. Якщо БСК очищеної води не досягає заданої величини (15 – 20 г/м³), але відношення БСК/ХСК менше 0,4, то до ефективності роботи споруд біохімічного очищення не можна висувати ніяких вимог, а потрібно добиватись заданого ефекту роботи споруд доочищення та обеззаражування.

Відносна стійкість, яка виражається у процентному відношенні загального вмісту вільного та зв'язаного кисню у пробі до його кількості, необхідної для біохімічного окислення наявних у пробі органічних забруднень, свідчить про стійкість стічної рідини до загнивання. Знебарвлення проби з метиленовою синькою свідчить про наявність анаеробних процесів. Практично стійкою (стабільною) вважається вода, якщо величина відносної стійкості 99% настає на двадцять добу, коли відбулося знебарвлення проби.

Відносна стійкість дає тільки загальне уявлення про наявність органічних речовин, які здатні до загнивання. При регулярному визначенні розчиненого кисню, БСК, нітритів та нітратів у очищеній воді цим параметром користуватись не рекомендується. Його визначення можна застосовувати тільки для обладнання невеликої продуктивності, де неможливе виконання частих та складних аналізів.

Біохімічне споживання кисню (БСК), незважаючи на значні погрішності методу при складному складі забруднень міських стічних вод, було і залишається головним параметром для оцінення якості та обліку ступеня очищення, а також при розробці нових модифікованих експрес-методів визначення. БСК повинно бути основним параметром регулювання аераційних споруд біохімічного очищення та пов'язане з поняттями швидкості вживання кисню, навантажень, приросту мула та ін. Як правило, слід користуватись величиною БСК, але при стабільному складі забруднень стічних вод можна для оцінення технологічних параметрів застосовувати співвідношення БСК/ХСК = 0,7 – 0,8. При визначенні БСК манометричним методом на апараті Варбурга слід проводити вимірювання за стійкою кореляційною залежністю. Найбільш раціонально було б безперервне вимірювання БСК спеціальними приладами, які з'явилися у світовій практиці і розробляються у нашій країні.

Швидкість споживання кисню активним мулом, яка визначається на апараті Варбурга або полярографічним методом, свідчить про ступінь активності мулу та про ступінь його регенерації. Другим методом визначення цих характеристик є визначення *дегідрогеназної активності мулу*, заснована на утворенні формагану червоного кольору або безколірного трифенілтетразоліумхлориду (ТТХ) при інкубації проби протягом однієї години. Швидкість споживання кисню або дегідрогеназна активність служать контролюючими величинами для регулювання роботи аеротенків. При певних значеннях концентрації активного мулу дегідрогеназна активність може

дати інформацію і про навантаження на мул. Така кореляція установлюється при налагодженні аеротенків, фіксується у технологічному регламенті та при відносно незмінному складі і концентрації забруднень стічних вод може замінити визначення БСК для оперативного щоденного контролю. БСК необхідно буде визначати тільки при періодичному повному аналізі стічної рідини.

Бактеріологічні аналізи очищеної стічної рідини свідчать про ступінь її обеззаражування. Бактерії Coli є типовими представниками кишкової мікрофлори, яка супроводжує фекальні стічні води, і свідчать про можливість наявності патогенних мікроорганізмів. Колі-титр, найменша кількість води у мл, у якій утримуються бактерії колі, є основним показником ступеня бактеріального забруднення стічної рідини. Показником ступеня обеззаражування може служити тільки колі-титр очищеної та обеззараженої води, який установлюється вимогами органів санітарно-епідеміологічної служби.

У місцевих Правилах приймання конкретизується порядок відбору проб стічних вод на аналіз, порядок їх оформлення, а також порядок проведення аналізу проб.

13.3.2 Система лабораторно-технологічної документації з обліку роботи споруд

Підприємства згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391 (391-98-п) "Про затвердження Положення про державну систем моніторингу навколишнього природного середовища" зобов'язані збирати і безстроково зберігати первинні дані з якості стічних вод, обробляти, узагальнювати та безкоштовно надавати додатково до форм статистичної звітності дані спостережень та іншу інформацію на запит органів державної виконавчої влади.

Результати аналізів стічних вод і замірів їх витрат повинні фіксуватися у робочих журналах, які зберігаються на Підприємстві безстроково.

Лабораторно-виробничий контроль проводять на основі об'єктивних способів обліку і вимірювань за допомогою приладів, а також на основі методик аналізів, що регламентуються державними стандартами або погоджені з місцевими органами Мінекобезпеки України та Державного санітарного нагляду.

Усі прилади, що використовуються для вимірювань та обліку роботи очисних споруд, повинні бути повірені і опломбовані вірителем Держстандарту України.

Приладами повинні реєструватися:

- кількість стічних вод, що надходять на очисні споруди, кількість осадів і мулу;
- рівні води і осаду в очисних спорудах;

- тиск і температура в установках термічної обробки осадів;
- температура в метантенках.

Ефективність роботи окремих споруд або всього комплексу очисних споруд каналізації контролюють за складом стічних вод і осадів перед кожним етапом очистки і після нього.

Лабораторно-технологічна документація повинна відображати результати роботи окремих споруд та технологічних комплексів, служити основою для контролю якості очищення стічних вод та обробки осадів з боку органів водного і санітарного нагляду.

Правилами технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України КДП 204-12 Укр. - 95, затвердженими наказом Держжитлокомунгоспу України від 05.07.95 № 30, регламентований перелік фізико-хімічних і бактеріологічних показників, за якими контролюють склад стічних вод.

Фізико-хімічні показники:

- температура стічних вод, гр. С;
- маса зважених речовин при 105 гр.С, мг/л;
- зольність, відсотків від маси зважених речовин;
- біхроматна окисненість (ХСК), мг/л;
- БСК₅ і БСК_{повне}, мг/л;
- азот загальний, мг/л;
- азот амонійних солей, мг/л;
- азот нітритів, мг/л;
- активна реакція (рН);
- розчинений кисень, мг/л;
- хлориди, мг/л;
- хлор активний, мг/л;
- фосфати, мг/л;
- синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), мг/л;
- нафтопродукти, мг/л;
- солі важких металів, мг/л.

Цей перелік може бути уточнений і доповнений місцевими органами Мінекобезпеки України з урахуванням місцевих умов.

Бактеріологічні показники:

- загальна кількість бактерій в 1 мл;
- колі-індекс;
- індекс колі-фагу;
- кількість яєць гельмінтів в неочищеній і очищеній стічній рідині.

Склад осадів стічних вод контролюють за такими показниками:

- питомий опір фільтрування, см/г;
- вологість, відсотків;
- зольність, відсотків;

- хімічний склад (кількість жирів, білків та вуглеводів), мг/л;
- вміст СПАР, мг/л.

Для осадів, які використовують як добрива, додатково визначають вміст: азоту, фосфору, калію, кальцію, солей важких металів, а також кількість життєздатних яєць гельмінтів.

На всіх спорудах необхідно вести облік витрати електроенергії, води і пари.

Дані про роботу очисних споруд, а також відомості про всі виявлені несправності черговий персонал зобов'язаний записувати в робочі журнали. Журнали заповнює кожна зміна, в денну зміну підводять підсумки роботи споруд за добу.

За даними обліку складають зведену відомість роботи очисних споруд.

У зведених відомостях необхідно наводити графічні матеріали, які свідчать про зміну усіх технологічних показників та параметрів по місяцях та залежно від сезонних коливань температури стічної рідини і зовнішнього повітря. Крім того, корисно наводити графічні залежності між основними регульовальними параметрами та контрольними величинами. Накопичення таких залежностей за тривалий період експлуатації дає можливість впровадити автоматизовані системи управління навіть без застосування ЕОМ, а у випадку їх застосування – широко використовувати одержаний експлуатаційний матеріал.

Рекомендується описувати заходи, які проведені при компенсації залпових скидів, підвищених витрат та концентрацій забруднень стічних вод, докладно описувати заходи, які проводяться при ліквідації порушеної роботи споруд, ремонтні роботи і т. д.

Особливу увагу слід приділяти освоєнню нової техніки та технології очищення стічних вод і обробці осадів, застосуванню нових видів обладнання, методів аналізу, приладів, систем управління та технології ремонтних робіт.

13.4 Операції з лабораторно-технологічного контролю

13.4.1 Відбір та зберігання проб

Для оцінки роботи споруд суттєве значення має правильний відбір проб, який визначається вибором місця для відбору, станом посуду та за собом консервування проб. Проби стічної рідини відбирають у добре промиті пляшки.

Проби відбирають у тих місцях, де досягнуто добре перемішування та виключено потрапляння сторонніх домішок (осаду, плаваючих предметів та ін.).

У лотках та каналах проби відбирають у середині перерізу потоку у точках з постійною глибиною і слідкують, щоб не потрапляв жир або піна.

Цілодобові проби для аналізів неочищених та очищених стічних вод повинні складатися із окремих разових проб, які відбираються через певні інтервали та устанавлюються у кожному випадку і повинні бути не більше 4 год. Проби до і після роботи споруд беруть з урахуванням часу проходження води через контрольовані споруди.

Оскільки склад стічної рідини змінюється за годинами доби, бажано один раз у місяць виконувати аналіз разових проб. При великому коефіцієнті нерівномірності притоку середньодобова проба складається із суми разових проб з урахуванням годинних коливань притоку. Об'єм проб, що відбираються в окремі години, із яких складається середньодобова проба, повинен відповідати добовому графіку надходження стічних вод.

Для контролю осаду, який затримується у пісколовці, середню пробу відбирають у пісковому каналі, куди подається осад під час розвантажування.

При ручному розвантажуванні піску із пісколовки проби відбирають на різних глибинах скребками або лопатою, ретельно перемішуючи їх у відрі або іншій великій посудині для складання середньої проби.

Проби стічної рідини можна зберігати одну добу при температурі не вище +5 °С. Частину проби стічної рідини, яка призначена для визначення окислюваності та азоту амонійних солей, консервують 25%-ною сірчаною кислотою (2 мл на 1 л).

До проби, яка призначена для визначення азоту нітритів та нітратів, а також зважених речовин, добавляється хлороформ (2 мл на 1 л). Замість хлороформу можна застосовувати толуол.

Разові проби на розчинений кисень відбирають за допомогою особливого пристосування, яке являє собою склянку, у яку опущений шланг або трубка до дна, а другий її кінець вигнутий на 180° і опущений нижче дна склянки на 30 – 50 мм. У пробку устанавлюють повітряну трубку. Такий сифонний батометр укріплюється до штанги. Об'єм склянки батометра при відборі проби повинен бути у 5 разів більшим об'єму склянки, у яку переливається проба (п'ятикратний обмін об'єму проби). Вилив проби відбувається за допомогою гумової трубки, яка надіта на зовнішній кінчик сифонної трубки батометра і опускається до дна склянки, у яку виливається проба. Середня проба надлишкового ущільненого активного мулу відбирається із мулоущільнювача.

Проби зброженого осаду з метантенків відбирають протягом усього часу вивантаження осаду через рівні проміжки часу (10 хв) і рівних об'ємах (приблизно 1 л). Потім їх зливають у відро і ретельно перемішують.

У підсушеного осаду піскових та мулових площадок визначають вологість, для чого беруть середні проби за глибиною шару у різних місцях залитих площ.

Проби газової суміші з метантенків беруть газовою піпеткою, яка приєднується до патрубку на газовому ковпаку метантенків за допомогою гумової трубки.

Газ, який надходить із метантенків, витісняє рідину із піпетки і заповнює її.

Витіснену таким чином рідину збирають у посудину, у якій зберігалась газова піпетка. Піпетку наповнюють газом з таким розрахунком, щоб у ній залишилось 5 – 7 мл рідини.

До проби для визначення БСК ніякі консервуючі речовини не застосовуються.

Проба стічної рідини, яка призначена для бактеріологічних визначень, також не підлягає консервації. Її можна зберігати дві години при температурі +5 °С.

У двох'ярусному відстійнику проби із осадових жолобів беруть також, як із первинних горизонтальних відстійників.

Проби із септичної частини відбирають у об'ємі 500 – 1000 мл (завжди рівному) через рівні проміжки часу (20 – 30 хв) протягом усього часу випуску осаду, але не менше 4 – 5 разів, зливають у відро, перемішують і відливають 1 л середньої проби.

Проби осадів або активного мулу, у яких визначається вологість, не підлягають ні зберіганню, ні консервації, а аналізуються зразу після їх відбору.

Мулову воду від зброжуваного осаду можна зберігати також, як і стічну рідину, протягом доби при температурі не вище +5 °С; пробу, яка призначена для визначення летких жирних кислот, консервують декількома каплями 40% -ного їдкого натру.

Проби для визначення дози та якості активного мулу зберігати не рекомендується для запобігання його загнивання.

Проби суміші активного мулу та стічної рідини, що підлягають гідробіологічному аналізу, аналізують через 20 – 30 хв з моменту їх узяття (нетривалий час можна зберігати проби у холодному місці не закриваючи пробкою).

Для характеристики якості активного мулу беруть разову пробу води з мулом у кожному аеротенку для визначення мулового індексу та кінетики осідання у такій кількості, щоб у пробі трималось біля 20 г сухої речовини мулу.

Для гідробіологічного аналізу (складу індикаторних найпростіших) спеціальним ковшем відбирають разові проби також із кожного аеротенка та переливають у банку з широким горлом без пробки. Ємність банки 250 мл.

Аналіз надлишкового активного мулу виконують у разових пробах на вході в мулоущільнювачі та на виході із них з дотриманням розрахункового інтервалу.

Проби сирого осаду беруть із камер вивантаження під час його випуску, а також із розподільної камери метантенків через рівні проміжки часу (20 хв) у рівних об'ємах (250 мл), потім зливають у відро і ретельно перемішують.

13.4.2 Об'єм та періодичність виконання аналізів

Інформація про роботу усіх технологічних ліній, споруд, вузлів та станцій у цілому буде тим повнішою, чим частіше та у більшій кількості будуть проводитися аналізи.

Правилами технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України КДП 204-12 Укр. – 95 регламентуються види, об'єм та періодичність аналізів стічної води.

Повний аналіз стічної води, що надходить на очисні споруди і скидається у водойму, проводять за узгодженням з місцевими органами Мінекобезпеки України та Державного санітарного нагляду з урахуванням місцевих умов, але не рідше одного разу на декаду.

Проби для аналізу стічних вод, як неочищених, так і очищених, треба відбирати в місцях повного перемішування потоку з глибини 0,3 – 0,5 м. Періодичність відбору проб – не рідше одного разу на добу.

Бажано встановлення автоматичних пробовідбірників для одержання середньодобової проби.

Для всебічного оцінення режимів роботи очисних споруд необхідно вести кількісний і якісний облік роботи не тільки всього комплексу, але й окремих споруд за такими показниками:

- решітки – кількість відходів, їх вологість, зольність і густина – не рідше одного разу на місяць;

- піскоуловлювачі – кількість осаду за об'ємом, його густина, вологість, вміст піску – не рідше одного разу на місяць;

- первинні відстійники (у тому числі двоярусні) – кількість сирого осаду, його вологість, хімічний склад, кількість завислих речовин на виході, тривалість перебування стічної рідини у відстійнику – не рідше одного разу на декаду;

- аеротенки – БСК повне стічної води перед і після перебування в аеротенку – один раз на тиждень; тривалість та інтенсивність аерації; кількість активного мулу, що надходить в аеротенки, та надлишкового мулу, що відводиться в мулоущільнювачі або на мулові майданчики; концентрація, ступінь рециркуляції і регенерації активного мулу, кількість повітря, поданого в аеротенки, вміст розчиненого кисню у воді – один раз на зміну;

- вторинні відстійники – тривалість відстоювання, винос мулу, концентрація рециркуляційного мулу – один раз на тиждень; муловий індекс – два рази на тиждень, а у разі "спухання" мулу – кожної зміни;

- мулоущільнювачі – кількість, вологість, зольність мулу на вході і виході з споруди, тривалість ущільнення мулу, кількість завислих речовин в освітленій воді – один раз на декаду;

- преаератори – доза мулу, кількість повітря, тривалість аерації – один раз на зміну;

- біокоагулятори – доза мулу, кількість повітря, час перебування води у споруді, вміст зважених речовин на вході і виході з споруди, кількість осаду, його вологість, зольність – один раз на зміну;

- біофільтри – БСК повне, ХСК, вміст завислих речовин, навантаження за БСК повним – один раз на декаду; температура води на вході і виході з споруди, вміст розчиненого кисню – один раз на зміну.

Робота споруд з обробки осадів контролюється за такими показниками:

- метантенки – кількість і температура сирого осаду і мулу, а також зброженого осаду, що вивантажується з споруди; кількість газу і витраченої пари – щоденно; вологість, зольність осаду на вході і виході з споруди, температура бродіння і хімічний склад осаду – щомісячно;

- мулові і піскові майданчики, мулові ставки – кількість і вологість осадів, що надходять на споруди і видаляються з споруд; тривалість сушіння, питомий опір фільтрування; БСК повне і вміст завислих речовин у дренажних водах – один раз на декаду;

- споруди механічного зневоднення осадів – кількість, вологість, зольність осадів перед обробкою і після неї; кількість фільтрату, вміст у ньому завислих речовин; дози і витрата реагентів, продуктивність вакуум-фільтрів – один раз на зміну; БСК повне дренажної води – один раз на декаду;

- аеробні стабілізатори осадів – тривалість та інтенсивність аерації; кількість осадів з первинних відстійників і надлишкового мулу; кількість повітря, поданого в споруду; вміст розчиненого кисню – один раз на зміну; вміст сухої речовини, зольність, вологість та питомий опір фільтруванню стабілізованого осаду – один раз на тиждень;

- споруди термічного сушіння осаду – кількість, вологість, зольність сирого і висушеного осаду, температура топкових газів на вході і виході споруди, витрата пального (абсолютна і на одиницю продукції), продуктивність споруди – один раз на зміну;

- поля фільтрації – навантаження за водою на 1 га, БСК і вміст в очищеній воді завислих речовин, розчиненого кисню, бактеріальних забруднень – один раз на декаду;

- біологічні ставки – тривалість перебування стічних вод, БСК повне, вміст завислих речовин на вході і виході, кількість затриманих осадів та їх характеристика – один раз на місяць; періодичність очищення ставків.

У процесі дезінфекції стічних вод контролюють дози і витрату хлору (хлорного вапна, гіпохлоритів), тривалість контакту, залишковий хлор і хлоропоглинання – за узгодженням з місцевими органами Мінекобезпеки України та Державного санітарного нагляду.

Концентрацію залишкового активного хлору визначають кожну годину, а хлоропоглинання (з бактеріологічним контролем за ефектом знезараження) для уточнення дози хлору і ефективної концентрації залишкового хлору – не рідше одного разу на тиждень.

У кожній партії хлорного вапна повинна бути визначена його активність. Активність хлорного вапна, що зберігається на складі, повинна перевірятись щомісячно.

13.5 Особливості очищення поверхневих стічних вод

Очищення поверхневих стічних вод регламентується "СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения" і "Временной инструкцией по проектированию сооружений для очистки поверхностных сточных вод СН 496-77".

При роздільній системі каналізації очищення поверхневих стічних вод з території міста здійснюють на локальних або централізованих очисних спорудах поверхневого стоку. При цьому залежно від вимог до ступеня очищення, як правило, застосовують споруди механічного очищення (решітки, пісколовки, відстійники, фільтри). В деяких випадках можливе сумісне очищення поверхневих, побутових і виробничих стічних вод на спільних очисних спорудах, при цьому поверхневі стічні води акумулюють у накопичувачах і подають в систему каналізації в години мінімального притоку міських стічних вод.

Поверхневі стічні води з територій промислових підприємств, а також з особливо забруднених ділянок, розташованих на селітебних територіях міст (бензозаправочні станції, стоянки автомашин, крупні автобусні

станції тощо) необхідно піддавати очищенню. Якщо територія підприємства за складом і кількістю домішок, що накопичуються на поверхні, мало відрізняється від селитебної, поверхневі стічні води можуть бути направлені у дощову каналізацію населеного пункту.

Очисні споруди розміщуються на гирлових ділянках головних колекторів дощової каналізації перед випуском у водоймище. В випадку, коли за умовами забудови таке розміщення неможливе, очисні споруди розміщують вище за течією або на найбільш крупних притоках до головного колектора дощової каналізації.

Для очищення поверхневих стічних вод рекомендується передбачати прості в експлуатації і надійні в роботі споруди механічного і фізико-хімічного очищення. У всіх випадках передбачають відстійні споруди. Для інтенсифікації процесу очищення і забезпечення більш глибокого ступеня очищення, ніж той, що досягається у відстійних спорудах, рекомендується застосовувати фільтрацію, коагуляцію, флотацію.

За необхідності зниження вмісту органічних домішок освітлені стічні води направляють на споруди біологічного очищення. Для інтенсифікації біологічного очищення міських і поверхневих стічних вод допускається застосовувати контактнo-стабілізаційний метод (на аеротенках).

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які існують способи очищення стічних вод ?
2. Що таке механічне очищення стічних вод, як воно проводиться ?
3. Що таке біохімічне очищення стічних вод, як воно проводиться ?
4. Коли проводиться глибоке очищення стічних вод ? Якими методами ?
5. Яке призначення обеззаражування стічних вод ?
6. Як проводиться обеззаражування води хлоруванням ?
7. Назвіть найбільш прогресивні способи обеззаражування стічних вод.
8. Аналіз яких параметрів стічних вод виконується при лабораторно-технологічному контролі за роботою очисних споруд ?
9. Яка документація складається на очисних станціях за результатами контролю, які параметри в ній відображаються ?
10. Як відбирають проби для аналізу стічних вод до і після очищення ?
11. Особливості очищення поверхневих стічних вод.

14 ОСНОВИ ГЕОМОРФОЛОГІЇ

14.1 Поняття про геоморфологію та її значення

Геоморфологія – наука про рельєф земної поверхні, його походження і розвиток. Рельєф (фр. *relief*, від лат. *relevo* – піднімаю) є сукупністю нерівностей суші, дна океанів і морів, різнорідних за обрисом, розмірами та походженням, віком і історією розвитку. Рельєф утворюється в результаті тривалої одночасної дії на земну поверхню ендегенних та екзогенних процесів. Рельєф складається з сукупності усіх форм земної поверхні: узвиш, рівнин та заглиблень. Він відіграє надзвичайну роль на Землі у перерозподілі тепла і вологи, підземних і поверхневих вод, накопиченні відкладів і т. д.

Для такої крупної за площею країни, як Україна, рельєф має важливу роль при визначенні особливостей формування і розміщення корисних копалин, використання окремих територій для сільськогосподарського і промислового виробництва, транспорту, будівництва населених пунктів і проведення природоохоронних заходів.

Для рельєфу України характерні переважно рівнинні території з невеликими висотами, на котрі припадає майже 90% площі країни. Близько 70% рівнинної частини складають низовини (найбільші – Поліська, Придніпровська, Причорноморська і Закарпатська) і близько 30% – височини (Подільська, Волинська, Донецька, Приазовська та ін.). Середня висота рівнинної частини складає близько 170 м. Середньовисокі гори Українських Карпат (декотрі вершини сягають 1700 – 2000 м і вище) і Криму (1500 м і більше) складають близько 5% території України.

Роль рельєфу у будівництві промислових, цивільних будівель і споруд дуже велика. Він впливає на розміщення і характер будівель та споруд, що проектуються, трасування автодоріг і залізниць, прокладення зрошувальних і судноплавних каналів. При інженерно-геологічному картуванні рельєф визначає виділення інженерно-геологічних областей, а в межах більш крупних одиниць – регіонів.

Для оцінки ділянки будівництва комплексно проводять вишукування: основні (інженерно-геологічні, інженерно-геодезичні, гідрогеологічні), гідрометеорологічні, кліматологічні тощо. Інженерно-геодезичні вишукування дозволяють одержати інформацію про рельєф місцевості і служать основою не тільки для проектування, але і для проведення інших видів вишукувань та обстежень.

За допомогою плану організації рельєфу розв'язуються задачі з перетворення рельєфу даної території для пристосування його до забудови, благоустрою та інженерно-транспортних потреб. Організація рельєфу забезпечує висотне рішення площ, вулиць, проїздів; розміщення будівель, споруд і підземних комунікацій; можливість стоку зливових вод і каналізації.

14.2 Елементи і групи форм рельєфу

У геоморфології розглядають елементи і форми рельєфу. Існуючі форми його складаються із елементів, до яких відносять поверхні, лінії і точки.

Поверхні – це складові частини рельєфу, які підрозділяються на горизонтальні, похилі, увігнуті, опуклі і складні.

Перетини поверхонь рельєфу утворюють лінії. Розрізняють лінії водороздільні, водозливні, підошовні і бровки.

Точки розділяються на вершинні, перевальні і донні. Найбільша висота ділянки у даній місцевості – вершина, найбільш низьке зниження рельєфу – донна точка. Дно зниження гребенів хребтів – перевальні точки.

Розрізняють дві групи форм рельєфу: позитивну і негативну. Опуклі відносно до площини горизонту – позитивні, увігнуті – негативні.

14.3 Походження форм рельєфу

Зовнішні ознаки рельєфу, що характеризують форму схилів, їх сполучення, протяжність і орієнтація найважливіших орографічних одиниць, а також кількісні характеристики рельєфу (морфометрія), не завжди можуть служити надійною основою для його комплексної оцінки, оскільки нерідко форми з однаковими зовнішніми рисами мають різне походження і розвиваються по-різному. При аналізі рельєфу відрізняють ендегенні рельєфоутворюючі фактори (переважно тектонічні рухи і вулканічна діяльність), і екзогенні (текуча вода, льодовики, вітер, прибій хвиль на берегах морів і озер, вивітрювання та ін.). Під впливом сили тяжіння на поверхні Землі протікають гравітаційні процеси (зсуви, гірські обвали та ін.). Немалу роль в формуванні рельєфу відіграє також діяльність людини.

Комплекси елементарних форм, близьких за зовнішнім виглядом і походженням, називаються генетичними типами рельєфу.

Форми рельєфу, в утворенні яких головна роль належить ендегенним процесам, відносяться до морфоструктур. В морфоструктурах чітко відображаються геологічні структури земної кори. Так, платформеним геологічним структурам з горизонтальним заляганням шарів в рельєфі відповідають, головним чином, рівнинні області, а складчастим структурам – гірські масиви. Більш дрібні форми рельєфу, що мають переважно екзогенне походження (річкові долини, яри, бархани, моренні гряди та ін.), виділяються як морфоскульптури.

Області тектонічного підняття і опускання зазнають протилежні за морфологічною направленістю впливи з боку зовнішніх процесів: підвищені і такі, що піднімаються, ділянки земної кори розчленовуються, зрізаються зверху і з боків, тобто піддаються денудації і ерозії, а знижені і такі,

що опускаються, заповнюються продуктами руйнування і зносу, тобто є областями акумуляції.

Форми рельєфу за походженням можна розділити на тектонічні, ерозійні і акумулятивні.

Тектонічні форми утворилися внаслідок ендегенних процесів і мають великі розміри, утворюючи основний вигляд рельєфу (гірські хребти, рівнини тощо). Ці форми рельєфу розрізняють за тектонічними циклами (Байкальський, Каледонський, Герцинський, Альпійський).

Ерозійні форми рельєфу (ерозію – розмиваю) пов'язані з руйнівною роботою текучих вод (атмосферних, річкових, підземних). До них відносяться ущелини, річкові долини, балки, яри тощо.

Акумулятивні форми рельєфу утворюються внаслідок накопичення продуктів вивітрювання. Це річкові тераси, дюни, бархани і т. п.

14.4 Позитивні форми рельєфу

Гора – узвишся з відносною висотою більше 200 м з крутими схилами.

Гірський хребет – витягнуте узвишся, яке має відносну висоту більше 200 м з крутими схилами.

Гірський кряж – гірський хребет з пологими схилами, плоскою вершиною і відносно невеликою висотою.

Нагір'я – узвишся, яке складається із системи гірських хребтів і вершин.

Плоскогір'я – рівнина нагірного характеру, яка має велику площу і плоскі вершинні поверхні з яскраво вираженими схилами.

Плато – піднята рівнина з вираженими обривистими схилами.

Гряди – узвишся вузьке і витягнуте з крутизною схилів більше 20° і плоскими вершинами.

Увал – узвишся значної довжини з пологими схилами і плоскими вершинами.

Пагорб – узвишся куполоподібної або конічної форми з пологими схилами і висотою менше 200 м.

14.5 Негативні форми рельєфу

Котловина – зниження, яке має значну глибину з крутими схилами.

Долина – заглиблення із схилом в одному напрямку зі стоками різної крутизни і форми (тераси, промоїни, зсуви і т. д.).

Балка – заглиблення, яке має значну довжину і покрите рослинністю з трьох сторін.

Яр – заглиблення, яке характеризується крутими, укісними і голими схилами, як правило великої довжини.

14.6 Порядок форм рельєфу

Розрізняють рельєф різних порядків залежно від величини форм і сил, які його сформували: найдрібніший, дуже дрібний, дрібний, середній, крупний, найкрупніший, найвеликий.

Найдрібніший – нанорельєф – немає суттєвого впливу на народне господарство. Розміри – декілька сантиметрів (борозни, брижі і т. д.).

Дуже дрібний з висотою 1 – 2 м – це вибоїни, дрібні вимоїни. Треба ураховувати при плануванні території.

Дрібний – мікрорельєф – площа до сотень квадратних метрів, висота до декількох метрів (карстові лійки, "степові блюдця" та ін.), відображується на картах з масштабом 1:10000 і 1:5000. Ураховується при будівництві окремих будівель і споруд.

Середні форми рельєфу – мезорельєф – вимірюються за протяжністю тисячами кілометрів при глибині розчленування до 200 м. Це пагорби, горби, гребені, гряди невисоких узвиш, неглибокі яри, балки. Вони зображаються на картах з масштабом 1:50000 і дозволяють дати оцінку геологічних умов селищ і мікрорайонів.

Крупні форми рельєфу – макрорельєф – характеризуються площею у сотні і тисячі квадратних кілометрів і розчленуванням по глибині 200 – 2000 м. Зображаються на картах з масштабом 1:100000 і 1:1000000. Це гірські хребти, гори, гірські масиви – позитивні форми рельєфу, великі долини, западини – негативні форми рельєфу.

Найкрупніші форми рельєфу – мегарельєф – гігантські площі у сотні тисяч квадратних кілометрів з різницею у відмітках між позитивною і негативною формами рельєфу від 500 до 4000 м (гірські системи, рівнинні країни).

Найвеликі – планетарні – з площею у мільйони квадратних кілометрів. Різниця між позитивною і негативною формами рельєфу від 2500 до 6500 м. Позитивні – материки, негативні – западини.

14.7 Рівнинний рельєф і його типи

Існує три *типи рельєфу*: рівнинний, гірський та горбкуватий. Горбкуватий рельєф – перехідний між рівнинним і гірським. Тип рельєфу можна розглядати як сполучення його форм, які закономірно повторюються на великих територіях з урахуванням єдності походження, геологічної будови і історії розвитку.

Рівнинний рельєф – це рельєф, який характеризується невеликими коливаннями висот до 200 м. Такі види рельєфу розрізняють за висотою відносно до рівня моря, загальною формою поверхні, розчленуванням, походженням.

Розрізняють такі види рівнин відносно рівня моря: негативні (западини) – нижче рівня моря; низинні в межах 0 – 200 м вище рівня моря; підвищені висотою від рівня моря 200 – 500 м і нагірні висотою більше 500 м над рівнем моря.

За походженням відрізняють такі види рівнинного рельєфу:

структурний, який обумовлений спокійно залягаючою геологічною будовою даного регіону (вивержені лави заповнюють усі нерівності рельєфу);

аккумулятивний – обумовлений накопиченням великої кількості продуктів руйнування гірських порід. Цей тип рельєфу має велике розповсюдження, наприклад лесові рівнини, алювіальні аккумулятивні рівнини, морські та передгірні аккумулятивні рівнини;

скульптурний – виникає внаслідок руйнування гірських порід процесами абразії і денудації. Абразійні рівнини виникають при руйнуванні узбережжя морськими хвилями і тому є поверхнею в корінних породах з відкладанням на ній нових морських осадів. Денудаційна рівнина являє собою ділянку суші з близько розташованими корінними породами.

14.8 Гірський рельєф

Це крупні форми рельєфу висотою більше 200 м (гори, хребти та зниження у вигляді долин, западин, котловин).

Гори за походженням підрозділяються на:

тектонічні – результат тектонічних зрушень земної кори за тектонічними циклами (Байкальський, Каледонський, Герцинський, альпійський);

вулканічні – результат вулканічних вивержень;

ерозійні – результат розчленування стародавніх аккумулятивних рівнин внаслідок їх підняття.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що вивчає геоморфологія ?
2. Що таке елементи і форми рельєфу ?
3. Які ви знаєте елементи рельєфу ?
4. Типи форм рельєфу за походженням.
5. Назвіть і дайте характеристику позитивних і негативних форм рельєфу.
6. Які існують форми рельєфу за розмірами ?
7. Дайте характеристику рівнинного і гірського рельєфу.

15 ОХОРОНА ЗЕМЕЛЬ ТА ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ЗЕМЕЛЬ

15.1 Поняття про охорону земель

Кількість земельних ресурсів на земній кулі обмежена, до того ж їх не можна замінити жодними іншими ресурсами. Щороку з активного використання вилучаються мільйони гектарів земель, втрата кожного гектара родючої землі зменшує можливості людства вирішити продовольчу, сировинну, соціальну та інші глобальні проблеми. Деградацію земель спричиняє багато факторів: гірничі розробки; посилення водної і вітрової ерозії внаслідок людської діяльності; хімічне забруднення ґрунтів міндобривами та отрутохімікатами. Відкритий видобуток корисних копалин і сильна ерозія ґрунтів призводять до повної втрати родючого шару землі і формування "місячних ландшафтів" або "бедлендів" (від англ. погана земля). Внесення мінеральних добрив, гербіцидів і пестицидів хоч і дає змогу підвищити урожайність сільськогосподарських культур і навіть тимчасово підвищити родючість земель, проте з часом в ґрунті нагромаджуються шкідливі хімічні сполуки. Потрапляючи в культурні рослини, тканини комах і тварин через харчові ланцюги, вони часто у дуже значних концентраціях досягають організму людини, збільшуючи захворюваність і смертність.

Згідно з статтею 162 Земельного кодексу України *охорона земель* – це система правових, організаційних, економічних та інших заходів, спрямованих на раціональне використання земель, запобігання необґрунтованому вилученню земель сільськогосподарського призначення, захист від шкідливого антропогенного впливу, відтворення і підвищення родючості ґрунтів, підвищення продуктивності земель лісового фонду, забезпечення особливого режиму використання земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення.

Охорона земель включає:

- а) обґрунтування і забезпечення досягнення раціонального землекористування;
- б) захист сільськогосподарських угідь, лісових земель та чагарників від необґрунтованого їх вилучення для інших потреб;
- в) захист земель від ерозії, селів, підтоплення, заболочування, вторинного засолення, переосушення, ущільнення, забруднення відходами виробництва, хімічними та радіоактивними речовинами та від інших несприятливих природних і техногенних процесів;
- г) збереження природних водно-болотних угідь;
- г) попередження погіршення естетичного стану та екологічної ролі антропогенних ландшафтів;
- д) консервацію деградованих і малопродуктивних сільськогосподарських угідь.

У галузі охорони земель та відтворення родючості ґрунтів встановлюються такі нормативи:

- а) оптимального співвідношення земельних угідь;
- б) якісного стану ґрунтів;
- в) гранично допустимого забруднення ґрунтів;
- г) показники деградації земель та ґрунтів.

Нормативи оптимального співвідношення земельних угідь (ст. 33 Закону України "Про охорону земель" № 962-IV від 19.06.2003) встановлюються для запобігання надмірному антропогенному впливу на них, у тому числі надмірній розораності сільськогосподарських угідь.

До нормативів оптимального співвідношення земельних угідь належать:

- оптимальне співвідношення земель сільськогосподарського, природно-заповідного та іншого природоохоронного, оздоровчого, історико-культурного, рекреаційного призначення, а також земель лісового та водного фондів;

- оптимальне співвідношення ріллі та багаторічних насаджень, сіножатей, пасовищ, а також земель під полезахисними лісосмугами в агроландшафтах.

Нормативи якісного стану ґрунтів (ст. 32 Закону України "Про охорону земель" № 962-IV від 19.06.2003) встановлюються з метою запобігання їх виснаженню і використовуються для здійснення контролю за якісним станом ґрунтів.

Нормативи якісного стану ґрунтів визначають рівень забруднення, оптимальний вміст поживних речовин, фізико-хімічні властивості тощо.

Нормативи гранично допустимого забруднення ґрунтів (ст. 31 Закону України "Про охорону земель" № 962-IV від 19.06.2003) визначаються з метою встановлення критеріїв придатності земель для використання їх за цільовим призначенням.

До нормативів гранично допустимого забруднення ґрунтів належать:

- гранично допустимі концентрації у ґрунтах хімічних речовин, залишкових кількостей пестицидів і агрохімікатів, важких металів тощо;
- максимально допустимі рівні забруднення ґрунтів радіоактивними речовинами.

Нормативи показників деградації земель устанавлюються для кожної категорії земель з метою запобігання погіршенню їх стану і використовуються для здійснення контролю за використанням та охороною земель.

До нормативів показників деградації земель (ст. 34 Закону України "Про охорону земель" № 962-IV від 19.06.2003) належать показники гранично допустимого погіршення стану і властивостей земельних ресурсів внаслідок антропогенного впливу та негативних природних явищ, а також нормативи інтенсивності використання земель сільськогосподарського призначення.

Використання в сільськогосподарському виробництві сільськогосподарської техніки, питомий тиск ходових частин якої на ґрунт перевищує нормативи, забороняється.

Показники інтенсивності використання земель сільськогосподарського призначення встановлюються з урахуванням даних агрохімічної паспортизації земель.

При встановленні показників інтенсивності використання земель сільськогосподарського призначення визначаються сільськогосподарські культури, вирощування яких обмежується або забороняється, а також технології та окремі агротехнічні операції щодо їх вирощування.

Показники інтенсивності використання земель сільськогосподарського призначення використовуються в процесі складання проектно-технологічної документації на вирощування сільськогосподарських культур.

15.2 Деградовані, малопродуктивні і порушені землі

При неправильному використанні земельних ресурсів можлива деградація і забруднення земель і ґрунтів (родючого шару). Закон України "Про охорону земель" № 962-IV від 19.06.2003 дає такі визначення цих термінів.

Деградація ґрунтів – погіршення корисних властивостей та родючості ґрунту внаслідок впливу природних чи антропогенних факторів.

Деградація земель – природне або антропогенне спрощення ландшафту, погіршення стану, складу, корисних властивостей і функцій земель та інших органічно пов'язаних із землею природних компонентів.

Забруднення ґрунтів – накопичення в ґрунтах речовин, які негативно впливають на їх родючість та інші корисні властивості.

Порушені землі – землі, що втратили свою господарську та екологічну цінність через порушення ґрунтового покриву внаслідок виробничої діяльності людини або дії природних явищ.

Головною з причин деградації ґрунтів є людська діяльність (антропогенне втручання). Людство чисельністю понад 5 млрд. чоловік і щорічним приростом 80 – 85 млн, оволодівши різними технологіями для забезпечення бажаних для себе благ і життєвого комфорту, змінює природу планети вже в глобальному вимірі. Не усвідомлюючи небезпеки, окремі нації і людство в цілому втягують Землю в грандіозний експеримент, хід і наслідки якого люди не можуть ні передбачити, ні контролювати.

Деградація, ерозія ґрунтів, зменшення гумусного покриву планети, забруднення отруйними хімічними й біологічними сполуками й радіонуклідами – такі очевидні наслідки антропогенного впливу на землю. Індустріальне суспільство мимоволі дає розгін процесам планетарного масштабу, керувати якими не готове ні морально, ні інтелектуально, ні матеріально.

В Україні ці процеси йдуть інтенсивніше, ніж у цілому на планеті. Із 60,3 млн га її території 42 млн га займають сільськогосподарські угіддя, 33,2 млн га – під ріллею. За останні 30 років площа еродованої орної землі збільшилась на 1,9 млн га, тобто втрачалось по 64 тис. га щороку, і зараз площа еродованих земель складає 11,3 млн га або майже п'яту частину всієї території України.

Згідно зі статтею 171 Земельного кодексу України до деградованих земель відносяться:

а) земельні ділянки, поверхня яких порушена внаслідок землетрусу, зсувів, карстоутворення, повеней, добування корисних копалин тощо;

б) земельні ділянки з еродованими, перезволоженими, з підвищеною кислотністю або засоленістю, забрудненими хімічними речовинами ґрунтами та інші.

До малопродуктивних земель відносяться сільськогосподарські угіддя, ґрунти яких характеризуються негативними природними властивостями, низькою родючістю, а їх господарське використання за призначенням є економічно неефективним.

Головними причинами деградації земель і зниження їх продуктивності є:

- ерозія ґрунтів (водна та вітрова, див. п. 7.2, 7.3) ;
- опустелювання (процес, який призводить до втрати природної рослинності з подальшою неможливістю її відновлення без участі людини);
- вторинне засолювання;
- токсикація (забруднення ґрунтів);
- техногенне руйнування через відкрите добування корисних копалин, будівельної сировини, торфу, прокладання трубопроводів, проведення геологорозвідувальних робіт тощо.

Землі, які зазнали змін у структурі рельєфу, екологічному стані ґрунтів і материнських порід та у гідрологічному режимі внаслідок проведення гірничодобувних, геологорозвідувальних, будівельних та інших робіт відносяться до порушених.

Вторинне засолювання земель виникає при штучному піднятті рівня підземних вод внаслідок розчинення солей, що містились в нижніх шарах ґрунту. Процес здійснюється при зрошенні посушливих земель, безсистемному поливі і відсутності дренажу.

Токсикація ґрунтів зумовлена антропогенною діяльністю людини. Забруднення ґрунтів здійснюється при застосуванні пестицидів і агрохімікатів в сільському господарстві, застосуванні осадів стічних вод, скиданні недостатньо очищених стічних вод та вод, що забираються із забруднених джерел, витоків з трубопроводів, що транспортують небезпечні речовини. Ґрунти забруднюються промисловими викидами, відходами будівництва, попелом теплових електростанцій, пустою породою, вилученою з шахт і кар'єрів при видобувних роботах, нафтопродуктами, побутовим сміттям.

Підприємства, установи та організації, а також громадяни, діяльність яких пов'язана з накопиченням відходів, зобов'язані забезпечувати своєчасне вивезення таких відходів на спеціальні об'єкти, що використовуються для їх збирання, зберігання, оброблення, утилізації, видалення, знешкодження і захоронення.

Забороняється несанкціоноване скидання і розміщення відходів у підземних горизонтах, на території міст та інших населених пунктів, на землях природно-заповідного та іншого природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення, у межах водоохоронних зон та зон санітарної охорони водних об'єктів, в інших місцях, що може створювати небезпеку для навколишнього природного середовища та здоров'я людини.

У районах можливого забруднення земель небезпечними відходами, у тому числі аварійними, викидами від стаціонарних і пересувних джерел за рішенням місцевої державної адміністрації або органу місцевого самоврядування проводяться постійні або періодичні обстеження хімічного складу ґрунтів з метою виявлення та визначення їх негативного впливу на здоров'я людини, а також окремих видів природних ресурсів і довкілля в цілому.

Розміщення, збирання, зберігання, оброблення, утилізація та видалення, знешкодження і захоронення відходів здійснюються відповідно до вимог Закону України "Про відходи".

15.3 Поняття рекультивації, меліорації та консервації земель

Рекультивація порушених земель – це комплекс організаційних, технічних і біотехнологічних заходів, спрямованих на відновлення ґрунтового покриву, поліпшення стану та продуктивності порушених земель. Рекультивації підлягають землі, порушені при техногенному руйнуванні.

Меліорація земель – це комплекс заходів, спрямованих на запобігання підтопленню, заболоченню, засоленню, забрудненню ґрунтів, вітровій і водній ерозії меліорованих земель, їх деградації, погіршенню стану водних об'єктів. Порядок здійснення будівництва, експлуатації та забезпечення екологічної безпеки при проведенні меліорації земель встановлюється Законом України "Про меліорацію земель".

Залежно від спрямування здійснюваних меліоративних заходів визначаються такі основні види меліорації земель: гідротехнічна, культуротехнічна, хімічна, агротехнічна, агролісотехнічна.

Гідротехнічна меліорація земель передбачає здійснення комплексу заходів, спрямованих на забезпечення поліпшення земель з несприятливим водним режимом (перезволожених, переосушених тощо), регулювання водного режиму шляхом створення спеціальних гідротехнічних споруд на схилових та інших землях з метою поліпшення водного і повітряного ре-

жиму ґрунтів та захисту їх від шкідливої дії води (затоплення, підтоплення, ерозія тощо).

Під час гідротехнічної меліорації земель здійснюються зрошувальні, осушувальні, осушувально-зволожувальні, протиповеневі, протипаводкові, протисельові, протиерозійні та інші меліоративні заходи.

Культуртехнічна меліорація земель передбачає проведення впорядкування поверхні землі та підготовку її до використання для сільськогосподарських потреб. З цією метою здійснюються такі заходи, як викорчування дерев і чагарників, розчищення від каміння, зрізання купин, вирівнювання поверхні, меліоративна оранка, залуження, влаштування тимчасової вибіркової мережі каналів.

Хімічна меліорація земель передбачає здійснення комплексу заходів, спрямованих на поліпшення фізико-хімічних і фізичних властивостей ґрунтів, їх хімічного складу. Хімічна меліорація земель включає роботи з гіпсування, вапнування та фосфоритування ґрунтів.

Агротехнічна меліорація земель передбачає здійснення комплексу заходів, спрямованих на збільшення потужності та поліпшення агрофізичних властивостей кореневмісного шару ґрунтів. З цією метою здійснюються такі заходи, як плантажна оранка, глибоке меліоративне розпушення, щільювання, кротовий аераційний дренаж, піскування, глинування тощо.

Агролісотехнічна меліорація земель передбачає здійснення комплексу заходів, спрямованих на забезпечення докорінного поліпшення земель шляхом використання ґрунтозахисних, стокорегулювальних та інших властивостей захисних лісових насаджень. З цією метою формуються такі поліфункціональні лісомеліоративні системи, як:

- площинні (протиерозійні) захисні лісонасадження, що забезпечують захист земель від ерозії, а водних об'єктів від виснаження та замулення шляхом заліснення ярів, балок, крутосхилів, пісків та інших деградованих земель, а також прибережних захисних смуг і водоохоронних зон річок та інших водойм;

- лінійні (полезахисні) лісонасадження, що забезпечують захист від вітрової і водної ерозій та поліпшення ґрунтово-кліматичних умов сільськогосподарських угідь шляхом створення полезахисних і стокорегулювальних лісосмуг.

Забезпечення здійснення державної політики у сфері меліорації земель підвищує родючість ґрунтів, забезпечує:

- раціональне використання земельних, водних, лісових та мінерально-сировинних ресурсів;
- захист землі від деградації, вітрової і водної ерозії;
- охорону ґрунтів від виснаження, засолення, заболочення, насичення пестицидами, нітратами, радіоактивними та іншими шкідливими речовинами, погіршення інженерно-геологічних властивостей;

- охорону поверхневих і підземних вод від забруднення та виснаження;
- запобігання негативному впливу меліоративних заходів на рослинний і тваринний світ, рибні запаси;
- збереження природних ландшафтів, територій та об'єктів природно-заповідного фонду України, водно-болотних угідь міжнародного значення, інших територій, що підлягають особливій охороні.

Консервація земель – припинення господарського використання на певний термін та залуження або заліснення деградованих і малопродуктивних земель, господарське використання яких є екологічно та економічно неефективним, а також техногенно забруднених земельних ділянок, на яких неможливо одержувати екологічно чисту продукцію, а перебування людей на цих земельних ділянках є небезпечним для їх здоров'я.

15.4 Рекультивация територій, порушених діяльністю людини

Розвідування корисних копалин зумовлює забруднення ґрунтів сольовими глинистими розчинами, які використовують під час буріння свердловин. Ґрунти при цьому засолюються і зазнають осолонцювання. Але найнебезпечніше забруднення відбувається тоді, коли із свердловини фонтанують газ, нафта чи засолені ґрунтові води.

Підземне добування корисних копалин супроводжується створенням териконів і териконників, в які складають пусту породу. Під них відводять значні площі родючих ґрунтів. Водна та вітрова ерозії зміщують з них дрібнозем, нерідко забруднюючи навколишню територію токсичним пилом. Терикони вугільних шахт самозагоряються і роками забруднюють повітря отруйними газами. Осідання вироблених штреків спричинює провали на поверхні ґрунту, що вилучають дану площу з сільськогосподарського використання.

Але найбільше порушується ґрунт при добуванні корисних копалин відкритим способом. У такому разі під відвали йдуть великі площі сільгоспугідь.

Відкрите добування корисних копалин призводить до істотного погіршення екологічної ситуації як на видобувних підприємствах, так і на навколишніх територіях. Порушення гідрологічного режиму на одних територіях призводить до втрат ґрунтових вод на інших, а також до підтоплення та заболочення ґрунтів і підґрунтя. Під час обвіювання вітром териконів і відвалів розкритих порід повітря забруднюється пилом та газами. Водяні потоки зносять пухкі породи в гідрографічну мережу. При цьому забруднюються балкові й річкові долини, замулюються стави, ріки, озера, гине риба. Техногенне руйнування ґрунтового покриву зменшує площі орних земель. Добування корисних копалин відкритим способом потребує менших витрат, ніж шахтним. Тому частка добування відкритим способом

становить 40 – 45% загального, глибини кар'єрів перевищують 100 – 150 м, а в Кривому Розі – 700 – 800 метрів.

Будь-яке будівництво виводить із сільськогосподарського та лісового користування певну частину земель. З різким зростанням урбанізації великі площі сільськогосподарських угідь відводять під міське та промислове будівництво. Порушується будова ґрунту і при спорудженні різних комунікацій – газо-, нафто-, водопроводів, ліній електропередач.

Характер відновлення порушених земель великою мірою залежить від технології порушень. Під час планування рекультиваційних робіт технологія порушення може бути змінена з метою виконання землевпорядних робіт.

Рекультивації підлягають усі землі, що зазнають змін у рельєфі, ґрунтовому покриві, материнських та підстилкових породах, які відбуваються або вже відбулися у процесі гірничих, будівельних, гідротехнічних, геологорозвідувальних та інших робіт. Слід рекультивувати також еродовані ґрунти, а при відповідних умовах шляхом землювання – кам'янисті місця і землі з неглибокими та низькопродуктивними ґрунтами.

Основне завдання рекультивації полягає в тому, щоб виконати комплекс спеціальних робіт і заходів, довести порушені землі до стану, придатного для їх використання у сільському, лісовому, рибному господарствах, для промислового та комунального будівництва, створення тепличних господарств і зон відпочинку.

Рекультивація має соціальне значення у вихованні бережливого ставлення до природних ресурсів, зокрема до земельних багатств України. Підприємства, організації та установи, що виконують згадані вище роботи на сільськогосподарських землях, лісових угіддях, наданих їм у тимчасове користування, зобов'язані власними коштами довести ці земельні ділянки до стану, придатного для їх використання за призначенням.

Порушені землі доводять до придатного стану під час гірничодобувних та інших робіт, а при неможливості – не пізніше як за рік після їх завершення, виключаючи період промерзання ґрунту.

15.4.1 Класифікація порушених земель для рекультивації

Порушені території після комплексу відбудовних робіт використовуються для створення зон зелених насаджень загального й обмеженого користування, спеціального призначення; промислових зон і зон зовнішнього транспорту; житлових районів і мікрорайонів; зон водних регульовальних пристроїв; рибо- і сільськогосподарських зон; зон водопостачання; комунально-складських зон тощо. ГОСТ 17.5.1.02-85 "Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации" передбачає класифікацію порушених земель залежно від напрямку подальшого використання в народному господарстві згідно з таблицею 15.1.

Для врегулювання питань подальшого використання земель, порушених гірничорудною промисловістю, розроблено їх класифікацію, що базується на систематизації форм порушення поверхні, походженні порушень, складі порід, віці відвалів, ступені їх зростання. Останніми роками в класифікаціях стали враховувати придатність зруйнованих земель до різних видів рекультивації.

Таблиця 15.1 – Класифікація порушених земель за напрямками рекультивації залежно від видів подальшого використання в народному господарстві

Група порушених земель за напрямками рекультивації	Вид використання рекультивованих земель
Землі сільськогосподарського напрямку рекультивації	Рілля, сіножаті, пасовища, багаторічні насадження
Землі лісогосподарського напрямку рекультивації	Лісонасадження загальногосподарчого і полезахисного призначення, лісорозплідники
Землі водогосподарського напрямку рекультивації	Водоймища для господарчо-побутових, промислових потреб, зрошення і потреб рибного господарства
Землі рекреаційного напрямку рекультивації	Зони відпочинку і спорту: парки і лісопарки, водоймища для оздоровчих цілей, мисливські угіддя, туристичні бази і спортивні споруди
Землі природоохоронного і санітарно-гігієнічного напрямку рекультивації	Ділянки природоохоронного призначення: протиерозійні лісонасадження, задерновані або обводнені ділянки, ділянки, закріплені або законсервовані технічними засобами, ділянки самозаростання – що спеціально не упорядковуються для використання з господарчими або рекреаційними цілями
Землі будівельного напрямку рекультивації	Ділянки для промислового, цивільного і іншого будівництва, включаючи розміщення відвалів відходів виробництва (гірських порід, будівельного сміття, відходів збагачення та ін.)

Л. В. Єстеревська (1977) дала оцінку видів порушень у ґрунтовому покриві при добуванні корисних копалин (табл. 15.2).

Таблиця 15.2 – Характеристика порушень ґрунтового покриву гірничодобувною промисловістю України

Чинник	Вид порушення	Ступінь порушення
Розвідування корисних копалин	Фрагментарні порушення біогеоценозів (часткове порушення ґрунтів та рослинності, різноманітні, в тому числі хімічні, забруднення)	Фрагментарний
Підземне добування корисних копалин	Створення акумулятивних (терикони) і денудаційних (провальних) форм техногенного рельєфу. Часткове порушення рослинного і ґрунтового покривів. Зниження рівня підземних вод, зменшення їхнього дебіту. Розвиток ерозії, отруєння атмосфери газами. Загальне зменшення площ під сільськогосподарськими та лісовими угіддями	Частковий але значний (місцями до повного)
Добування корисних копалин відкритим способом	Повне знищення культурних і природних ландшафтів. Висушення території. Виникнення значних площ з техногенним акумулятивним (відвали) і денудаційним (виїмки) рельєфом. Розвиток ерозії. Винесення на земну поверхню фітотоксичних порід, що забруднюють прилеглі поля	Повний
Будівництво лінійних комунікацій і споруд (трубопроводи, дороги, лінії електропередач)	Повне або часткове за протяжністю порушення біогеоценозного вкриття. Лінійне руйнування рельєфу.	Повний
Переробка корисних копалин	Поява великих акумулятивних форм техногенного рельєфу (відвали, гідровідвали, шламонакопичувачі). Перезволоження, заболочення і отруєння доквілля	Повний

Згідно з ГОСТ 17.5.3.04-835302-85 "Охрана природы земли. Общие требования к рекультивации земель" розробка проектів рекультивації порушених земель повинна проводитись з урахуванням таких факторів:

- природні умови району (кліматичні, педологічні, геологічні, гідрологічні, вегетаційні);
- розташування порушеної ділянки;
- перспективи розвитку району розробток;
- фактичний або прогнозований стан порушених земель на момент рекультивації (площа, форми техногенного рельєфу, ступінь природного заростання, сучасне і перспективне використання порушених земель, наявність родючого шару ґрунту, прогноз рівня підземних вод, підтоплення, висушення, ерозійні процеси, рівень забруднення ґрунту);
- показники хімічного і гранулометричного складу, агрохімічних і агрофізичних властивостей, інженерно-геологічна характеристика розкритих і вміщуючих порід і їх сумішей в відвалах відповідно до вимог ГОСТ 17.5.1.03-86; господарчі, соціально-економічні і санітарно-гігієнічні умови району розміщення порушених земель;
- термін використання рекультивованих земель з урахуванням можливості повторних порушень;
- охорона навколишнього середовища від забруднення пилом, газовими викидами і стічними водами відповідно до установлених нормам ГДВ і ГДК; охорона флори і фауни.

15.4.2 Оцінення порушених територій за їхньою придатністю до рекультивації

Порядок відновлення порушених територій і їх містобудівне використання проектується на підставі:

- груп ґрунтів за кислотністю (*pH*) (найкращі біологічні властивості мають ґрунти з нейтральною, слабокислою і слаболужною реакцією);
- засобів добування корисних копалин, типу виробництва (відкриті і підземні гірські роботи, збагачення корисних копалин, переробка мінеральної сировини, відходи теплоелектростанцій і металургійних підприємств);
- форм порушення (виїмка, кар'єр, просадкова лійка, відвал, насип, провал).

Відвали бувають зовнішніми та внутрішніми. Зовнішні відвали формують поза рудними розробками. Ними можна нарощувати дороги, утворювати з них терикони і териконники, що займають значну площу й отруюють довкілля. Найдоцільніше використовувати під зовнішні відвали яри, балки та інші знижені форми рельєфу, які слід засипати до брівки, а згодом, після осідання, їх рекультивують під сільськогосподарські угіддя.

Внутрішні відвали утворюються тоді, коли пуста порода переміщується на вже вироблені ділянки родовища. Це найбільш економний із погляду втрати сільськогосподарських угідь метод відкритого добування корисних копалин. Проте для створення розрізної траншеї все-таки необхідно формувати зовнішні відвали.

Залежно від способу переміщення розкривних порід відвали можуть бути автотранспортними, скреперними, екскаваторними і гідровідвалами. Найбільш вирівняними є автотранспортні та скреперні відвали, а також гідровідвали при наміванні породи. Найскладніші для подальшого використання екскаваторні відвали. Тому в процесі обробітку відвалів є потреба у грубому плануванні, яке проводять із точністю 1 – 2 м, та тонкому (з точністю 20 – 30 см), яке проводять через 1 – 2 роки після відсипання відвалів. Найінтенсивніше осідають відвали в перші два роки, а їх повне осідання триває 15 – 20 років;

- розмірів порушень (морфометрія, амплітуда антропогенних форм рельєфу, площа, зайнята порушеними ділянками);

- інженерно-геологічних параметрів території (тип, кислотність і засоленість ґрунтів, режим і джерела живлення ґрунтових вод, природних форм рельєфу);

- біологічних властивостей ґрунтів території (табл. 15.3, 15.4);

- типів розселення району з порушеними територіями (розосереджений, централізований, груповий);

- функціональних потреб міст та інших населених пунктів у системі розселення;

- розвитку транспортної та інженерної інфраструктури системи розселення, окремих міст і населених пунктів;

- технічних і економічних засобів для відновлення територій.

Таблиця 15.3 – Показники засоленості ґрунтів

Групи рослин за стійкістю	Глибина, см	Вміст в ґрунтах, мг на 100 г ґрунту (перша, друга і третя цифри в кожному рядку графі – показники відповідно для весни, літа й осені)			
		HCO ₃	SO ₄	Cl	Луги
Особливо стійкі до солей	0 – 15	3,4 – 4,5	0,3 – 1,0 – 2,5	0,5	3,0 – 4,0 – 3,0
	15 – 30	3,0 – 4,0 – 5,0	0,8 – 0,9 – 1,4	1,0 – 0,5 – 0,3	3,0 – 3,5 – 4,0
	40 – 60	3,0 – 5,0 – 4,0	3,0 – 5,0 – 4,0	2,0 – 1,0	6,0 – 7,0 – 6,0
Слабо стійкі до солей	0 – 15	1,7 – 2,0 – 3,6	0,6 – 0,5 – 1,2	1,0 – 0,1 – 0,8	3,0 – 1,2 – 4,0
	15 – 30	3,4 – 1,9 – 1,7	1,3 – 0,3 – 2,4	0,7	3,0 – 1,0 – 4,8
	40 – 60	3,0 – 2,5 – 2,8	0,6 – 2,9	1,0 – 0,3 – 0,7	2,4 – 5,0

Таблиця 15.4 – Забезпеченість ґрунтів поживними матеріалами

Ступінь забезпеченості	Вміст в ґрунтах, мг на 100 г ґрунту		
	азоту	фосфору	калію
Високий	6	4	20
Середній	4 – 6	2 – 4	10 – 20
Низький	4	2	10

15.4.3 Порядок здійснення рекультивації

У процесі відновлення порушених територій виділяють два етапи рекультивації: технічний і біологічний.

Технічний етап рекультивації – це комплекс інженерних робіт, до складу якого входять:

- знімання та складування родючого шару ґрунту і потенційно родючих порід;
- формування відвалів шахт, кар'єрів, а також гідровідвалів;
- вирівнювання поверхні, виположування, терасування та закріплення укосів відвалів, бортів і кар'єрів, засипання шахтних провалів, закріплення їхніх бортів;
- хімічна меліорація токсичних ґрунтів;
- покриття вирівняної поверхні шаром родючого ґрунту або потенційно родючих порід;
- інженерне впорядкування рекультивованої території (дренажна мережа, дороги, виїзди тощо);
- вирівнювання дна та бортів кар'єру при створенні водойм.

Обсяг робіт технічного етапу рекультивації залежить від стану порушених земель і виду запланованого використання. Ділянки, підготовлені до стану придатності для несільськогосподарського використання (під парки, водойми, промислове та комунальне будівництво тощо) передаються відповідним організаціям у встановленому порядку. Ділянки, призначені для сільського і лісового господарства, після технічного етапу рекультивації повертаються або передаються відповідним сільськогосподарським чи несільськогосподарським підприємствам для здійснення заходів біологічної рекультивації й подальшого використання за призначенням.

Знімання родючого шару ґрунту – обов'язкове при всіх видах робіт із видобування корисних копалин, будівництва промислових, житлових та комунальних об'єктів, доріг і гідротехнічних споруд, а також при відведенні родючих земель під териконники, відстійники, ложа ставків і водосховищ тощо. Знятий шар складують або вивозять на малопродуктивні зем-

лі, розміщені неподалік (еродовані, піщані, солонці та ін.) для подальшого відновлення родючості порушених земель.

Глибина знімання родючого шару визначається глибиною гумусового профілю ґрунту і вмістом у ньому гумусу. Знімають гумусово-аккумулятивний горизонт ґрунту.

Глибина шару торфу, що залишається при торфорозробках, необхідного для забезпечення водно-повітряного та поживного режимів на торфовищах при рекультивації торфовищ, повинна становити:

- для вирощування сільськогосподарських культур – не менше 0,5 м;
- лісорозведення – не менше 0,3 м;
- використання під водойми, ставково-рибницькі господарства та для інших цілей – 0,15 м.

Біологічний етап рекультивації – це комплекс заходів щодо створення сприятливого водно-повітряного та поживного режимів ґрунту для сільськогосподарських і лісових культур.

Комплекс заходів біологічної рекультивації земель для сільськогосподарського використання визначається фізико-хімічними властивостями підстилкових порід і нанесеного родючого шару ґрунту або потенційно родючої породи. Цей комплекс охоплює запровадження сівозмін, насичених культурами на сидеральне добриво, внесення підвищених норм органічних і мінеральних добрив, мульчування тощо.

На ділянках, відведених для лісового господарства, основний біологічний вплив на відновлення порушених земель мають лісонасадження. При підготовці земельної ділянки під лісові культури верхній шар збагачують сидератами, мульчують. При садінні вносять добрива.

15.4.4 Особливості рекультивації територій, порушених підземними гірськими роботами

На підроблюваних територіях – землях, розташованих над підземними гірськими виробітками або поблизу них, можливі осідання земної поверхні і зрушення гірських порід (див. п. 8.7).

Території підземних гірських виробок можуть мати *увігнуті* (негативні) форми рельєфу, що утворилися в результаті просідання земної поверхні, або *опуклі* (позитивні), що утворилися в результаті відвалів шахтної породи.

Згідно з ГОСТ 17.5.3.04-835302-85 "Охрана природы земли. Общие требования к рекультивации земель" до земель, порушених при підземних гірських роботах, висуваються такі вимоги:

- забезпечення збереження земної поверхні і зведення до мінімуму деформацій земельних ділянок;

- зняття родючого шару ґрунту з земельних ділянок, призначених для розміщення шахтних відвалів;

- планування поверхні прогинів, заповнення провалів гірською породою з подальшим плануванням і нанесенням родючого шару ґрунту;

- проведення заходів з відвернення висушення, заболочування, розвитку ерозійних процесів;

- забезпечення відведення води з гірських виробок;

- зовнішні породні відвали, хвостосховища, золо-, шлаконакопичувачі та інші промислові відвали повинні розташовуватись на незручних землях (в відпрацьованих кар'єрах, провалах, ярах, балках і т. п.) з дотриманням відповідних санітарних норм і правил, з урахуванням рельєфу місцевості і домінуючих напрямків вітрів, течії рік, розміщення населених пунктів і підприємств, з дотриманням встановлених для цих об'єктів санітарно-захисних зон.

Висоту відвалів і кути укосів встановлюють в кожному конкретному випадку з урахуванням стійкості порід, що їх складають, і характеру використання їх поверхні.

Рельєф і форма рекультивованих ділянок повинні забезпечувати їх ефективне господарче використання;

- забезпечення терасування або виположування схилів при підготовці шахтних відвалів для біологічної рекультивації з врахуванням забезпечення можливості проведення робіт з їх озеленення;

- при створенні водоймищ в шахтних прогинах або провалах відвернення зсувів і розмиву укосів, екранування токсичних порід, захист дна і берегів від можливої фільтрації, відвернення потрапляння в водойми кислих або лужних підземних вод.

У зв'язку з тим, що зрушення гірських порід над гірськими виробітками звичайно закінчується протягом не менше одного – п'ятьох років, а іноді й більше, під забудову в першу чергу використовують території, під якими активна стадія осідання земної поверхні закінчується до моменту будівництва або тільки почнеться до закінчення терміну амортизації проєктованих будинків і споруд.

Технічний етап рекультивації території включає:

- закладання виробленого простору для зменшення кінцевих величин деформацій земної поверхні;

- обмеження числа відпрацьованих пластів і їх потужності;

- скорочення тривалості зупинки тимчасових меж виробленого простору для зменшення деформацій земної поверхні в тимчасових крайових частинах мульд зрушення;

- будівництво системи лотків на прилеглих територіях для перехоплення стоку атмосферних вод;

- організацію раціональної системи поверхневого стоку на території з метою ліквідації безстокових ділянок, зменшення інфільтрації атмосфер-

них опадів;

- улаштування уздовж периметрів будинків і споруд компенсаційних щілин, що розвантажують ділянку масиву, на якому розташований об'єкт, від деформацій.

Рослинний шар на підроблюваних територіях порушується незначно, тому його біологічну рекультивацию проводять тільки в місцях засипання провалів шахтною породою. Гірську породу териконів або свіжу шахтну породу досліджують на кислотність, засоленість, вміст корисних для рослин речовин, а також аналізують її гранулометричний склад.

Методи біологічної рекультивации залежать як від властивостей насипних ґрунтів, кліматичних і мікрокліматичних умов, так і від містобудівного використання порушених територій.

Особливості рекультивации териконів, хвостосховищ і золошлаковідвалів обумовлені розміщенням їх у межах забудови або поблизу її, впливом на санітарно-гігієнічний стан прилеглої території, складом матеріалу, що формує техногенний рельєф, можливістю використання відходів у різноманітних галузях.

Технічний етап рекультивации цих територій включає комплекс робіт із вертикального планування, нівелювання техногенного рельєфу (повне розбирання териконів, відвалів, хвостосховищ із використанням порід і відходів або для засипання увігнутих форм рельєфу різноманітного походження, або для використання відходів у промисловості і міському господарстві); зрізання вершин териконів; терасування бортів відвалів, териконів.

Розбирання териконів роблять зверху униз шарами висотою не більше 1 м (рис. 15.1).

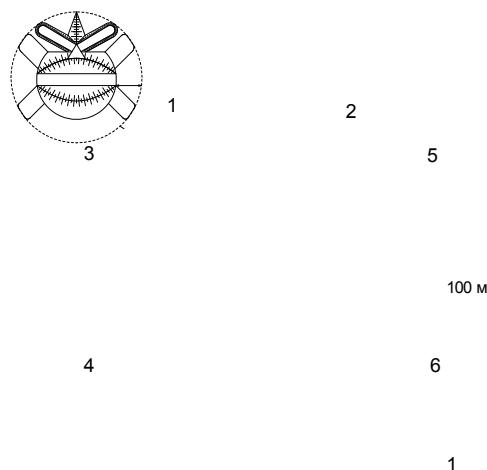


Рисунок 15.1 – Розбирання териконів: 1 – 2 – відвали вершини, що утворюються при розбиранні терикона (до висоти 40 м); 3 – 6 – відвали, що утворюються при розтині терикона трапецією; 7 – межа розміщення відвалів

Заходи *біологічного етапу* рекультивації зводяться, головним чином, до зміцнення поверхні відвалів з допомогою ущільнення ґрунтів і гідропосіву трав, а також до організації поверхневого стоку з застосуванням лотків на прилеглих до схилів ділянках і гнучких конструкціях водовідвідних споруд.

При відновленні біологічних властивостей ґрунтів на порушених територіях слід враховувати, що до малопритатних, а іноді і непридатних для зростання рослинності порід відносять шлами і флотаційні хвости підприємств чорної і кольорової металургії, до більш придатних – золи бурого і кам'яного вугілля.

Велике значення для життєдіяльності рослин на порушених територіях мають також фізичні властивості порід і відходів, що формують відвали. Відвали і хвостосховища не стійкі проти ерозії.

При біологічній рекультивації хвостосховищ із токсичними ґрунтами необхідно вживати захисних заходів. Для запобігання вимиванню атмосферними опадами токсичних компонентів хвостів і забрудненню ними ґрунтових вод використовують водонепроникний екран – шар глинистих або важких суглинистих ґрунтів потужністю 20 см. З метою захисту рослин від висхідних потоків води, мінералізованої токсичними речовинами хвостосховищ, вкладають шар ґрунту, що перериває капілярний підйом води, наприклад, глинистий товщиною 20 – 30 см. Зверху укладають потенційно родючі ґрунти і, за необхідності, гумусований шар ґрунту. Потужність останніх двох шарів залежить від розміщуваних рослинних угруповань, вибір яких визначається, насамперед, містобудівним використанням території.

Біологічний етап рекультивації териконів починають із поліпшення поверхневого шару. Як субстрат звичайно застосовують суміш ґрунту і шахтної породи. Деревя і чагарники висаджують у траншеї і ями, цілком замінюючи породи рослинним ґрунтом. Для трав, що утворюють дерен, застосовують посів і посадку кореневищами. Через дуже низьку вологість ґрунтів і субстратів, нанесених на поверхню териконів, необхідно систематично їх поливати. При цьому варто враховувати, що надлишкове зволоження схилів териконів може викликати зсуви, тому полив повинен бути суворо регламентований.

Необхідні заходи щодо відновлення порушених територій (табл. 15.5, 15.6) повинні бути конкретизовані з урахуванням місцевих умов.

Таблиця 15.5 – Деякі види відбудовних робіт

Види робіт	Засоби виконання
1. Земляні	<ol style="list-style-type: none"> 1. Засипання знижень і боліт з доставкою ґрунту на відстань до 3 км і грубим плануванням на відвалі. 2. Розробка і переміщення ґрунту бульдозером. 3. Ущільнення ґрунту кулачковими катками. 4. Намив території – рефулювання ґрунту. 5. Розробка териконів (розбирання, охолодження породи, інші процеси)
2. Водовідведення	Будівництво дощової каналізації
3. Дренажні	<p>Улаштування дренажу:</p> <ol style="list-style-type: none"> а) при освоєнні території для житлового, культурно-побутового і промислового будівництва; б) те ж для зеленого будівництва
4. Улаштування водоймищ	Обводнювання провалів і кар'єрів з улаштуванням ложа, водовідведенням, берегоукріпленням
5. Підготовка території для зеленого будівництва і озеленення	<ol style="list-style-type: none"> 1. Утворення рослинного шару на непорушених ділянках. 2. Улаштування рослинного шару на насипних ґрунтах. 3. Насадження загального користування. 4. Створення лісопарків

15.4.5 Особливості рекультивації територій, порушених відкритими виробітками

При розробці корисних копалин відкритим способом формується *увігнутий* (негативні форми – кар'єри, обводнені і сухі міжвідвальні простори) або *опуклий* (позитивні форми – відвали, хвостосховища) тип рельєфу.

Кар'єри добування будівельних матеріалів мають малопотужний розкрив і потужний пласт матеріалу, що добувається. У зв'язку з цим для повного засипання кар'єрів можуть бути використані тільки відходи металургійних підприємств і великих ТЕЦ. За відсутності такої можливості кар'єри використовують як водойми різного призначення.

При відновленні території відкритих гірських виробок роботи з вертикального планування виконують у мінімальному обсязі, забезпечуючи, головним чином, стійкість форм і вживаючи заходів проти ерозії і надлишкової інфільтрації атмосферних опадів. Виходячи з цього, роблять:

- трасування бортів кар'єрів, відвалів при різноманітному функціональному використанні;
- планування-уположування або планування-нівелювання відвалів;
- підготовку поверхні дна кар'єру під ложе водойми;
- засипання-формування або засипання-нівелювання кар'єрів;
- повне засипання кар'єру до позначок прилеглих територій.

Вибір видів робіт із вертикального планування залежить від розмірів порушеної поверхні, фізико-біологічних властивостей ґрунтів, місця розташування порушеної території в плані міста і її візуального сприйняття, а також функціональних потреб населених пунктів або міста.

Рельєф і експозиція схилів є основними чинниками, що обумовлюють мікроклімат порушеної території. Розходження в інтенсивності сонячного освітлення і випаровуваності на схилах зростає зі збільшенням їх крутизни. Схили північної експозиції при ухилі 2 – 5° одержують 75, а при ухилі 6° – 50% сонячного освітлення горизонтальної поверхні. Увігнуті частини нагріваються на 4 – 6° більше, ніж опуклі (підняті) ділянки. Рельєф впливає на перерозподіл атмосферних опадів, що призводить до диференціації запасів вологи на схилах різноманітної експозиції: південні схили мають менший, а північні і східні – більший запас вологи. Вирівнювання укосів сприяє збільшенню щільності порід і зменшенню швидкості інфільтрації. Швидкість інфільтрації на нерівних укосах у чотири рази більша, ніж на вирівняній поверхні.

Періоди, необхідні для ущільнення різноманітних видів насипних ґрунтів під дією власної ваги, складають: планомірно насипних піщаних ґрунтів – 0,5 – 2 роки; глинистих ґрунтів – 2 – 8 років; відвалів піщаних ґрунтів – 2 – 5 років, відвалів шлаків, формувальної землі, відходів збагачувальних фабрик, золи тощо залежно від складу – 2 – 10 років; звалищ ґрунтів, виробничих відходів і побутових відходів залежно від складу – 10 – 30 років.

Для запобігання негативним наслідкам осідання відвалів передбачають їх багаторазове планування. Розрив в часі між плануваннями приймають не більше одного року. Час між завершенням утворення відвалу і початком робіт із створення кінцевих позначок рекультивованої поверхні може становити 1 – 3 роки.

Таблиця 15.6 – Рекомендації для вибору комплексу інженерних заходів щодо відновлення порушених територій

Типи порушень	Види заходів	Необхідний комплекс робіт (номери за табл. 15.5)			
		Зведення будівель	Зелене будівництво	Улаштування водоймищ	Умови застосування заходів
1	2	3	4	5	6
Провали	Повне засипання	1.1, 1.2, 2, 3.1, 5.2, 5.3	1.1, 2, 3.2, 3.4	-	За розміщення ділянки, що відновлюється, в забудованих районах міста і за наявності поблизу закладного матеріалу (для засипання провалів може бути використана і порода найближчих териконів)
	Планування на знижених позначках	1.2, 2, 3.1	1.2, 2, 3.2	-	Після вертикального планування міжпровальних перемичок положення ділянки будівництва відносно земної поверхні повинно бути таким, щоб витрати на улаштування в'їздів на ділянку і її підключення до каналізаційних колекторів були мінімальними
	Улаштування водоймищ	-	-	4	За необхідності улаштування водоймища і наявності належних гідрогеологічних умов
	Незначні планувальні роботи, озеленення	-	2, 5.1, 5.3	-	Найпростіші заходи благоустрою міських територій. Влаштування водовідведення
Відвали шахтної породи	Ліквідація	1, 2, 3.1	1.1, 2, 3.2, 5.3	-	Для оздоровлення міського середовища і уникнення зсуву або вибуху терикона. Вартість така висока, що роботи доцільно проводити тільки у випадках, коли через наявність териконів неможливо розмістити будівництво або коли є споживачі породних мас
	Часткове розбирання	-	1.5, 5.5	-	Розбирання териконів найчастіше проводиться гірськими підприємствами з метою утворення пожегобезпечних відвалів. На плоских відвалах можуть бути улаштовані майданчики відпочинку, спортивні майданчики
	Озеленення	-	5.5	-	Можливо озеленення погаслих і горючих териконів. До початку робіт повинен бути вивчений хімічний склад порід

Продовження таблиці 15.6

1	2	3	4	5	6
Кар'єри	Засипання	1.1, 1.3, 2, 3.1, 5.2, 5.3	1.1, 2, 3.2, 5	-	Повне засипання до старих позначок земної поверхні обмежено витратами на доставку закладного матеріалу. Кар'єри сировини будівельних матеріалів треба засипати ґрунтом з котлованів під фундаменти будинків або відходами промислових підприємств. Засипання вугільних і рудних кар'єрів проводиться розкривними породами відпрацьованих ділянок
	Планування і благоустрій	1.2, 2, 3.1, 5.2, 5.3	1.2, 2, 3.2, 5.2, 5.4	-	Найбільш доцільне для гірських підприємств відновлення кар'єрів
	Зберігання в старому стані, озеленення	-	5.4	-	Припустимо за розміщення кар'єру поза містом і віддалення від транспортних комунікацій систем розселення
	Обводнювання	-	-	4	Обводнювання може бути проведене без значних витрат, якщо кар'єри заливаються ґрунтовими водами або водами, що фільтруються з річок
	Розрівнювання гребенів	-	1.2, 5.2, 5.4	-	Можливо, якщо переміщується невелика кількість ґрунтових мас за незначної амплітуди висот гребенів відвалів
Відвали розкриву	Повне розбирання	1.1, 1.2	-	-	Потрібні значні витрати. Поводиться у зв'язку з цим лише за необхідності і за умови використання ґрунтів відвалів для виробництва
	Озеленення	-	5.4	-	Доцільно за розміщення відвалів поза містом і віддалення від транспортних комунікацій систем розселення

Технічний етап рекультивації території відкритих гірських виробок починається зі зняття родючого прошарку ґрунту на всіх площах, відведених під виробничі об'єкти підприємства. За відсутності умов для негайного використання знятий ґрунтовий прошарок укладають у зручних місцях (поруч із транспортними комунікаціями, біля меж рекультивованих ділянок і т. д.) Висота ґрунтових складів не повинна перевищувати 10 – 15 м. Їх поверхню необхідно засівати багаторічними травами. Ґрунт можна зберігати не більше 10 років.

При різноманітних системах розробки гірських порід відкритим способом із метою забезпечення стійкості укосів відвалів і ефективної рекультивації їх поверхні для біологічного освоєння проводяться роздільні виїмка й укладання у відвали порід розкриву. Дренування підосви відвалів і підвищення стійкості забезпечуються при укладанні в основу піщаних або розпушених твердих порід. У нижню частину відвалу слід укладати також токсичні породи, у верхні горизонти (спільно або окремо) – індиферентні і потенційно родючі ґрунти, а у випадку рекреаційного використання території – і рослинний шар.

При насипанні породних відвалів кути природного укосу складають від 18 до 43°. Такі укоси підпадають під дію значної водно-вітрової ерозії, тому навіть при виконанні мінімальних обсягів робіт із вертикального планування необхідно змінювати їх профіль (він може бути суцільним або у вигляді терас). Параметри укосу (кут укосу, ширина тераси, відстань між терасами) встановлюють на основі вимог, що диктуються природному середовищу тією або іншою функціональною зоною, розміщеною на порушеній території. У разі використання території під промислову, селітебну зону або зону розміщення комунальних підприємств геометричні параметри встановлюють виходячи з:

- планувального рішення освоєваної ділянки;
- типів і розмірів промислових або цивільних будинків;
- конструктивних особливостей будинків і споруд;
- умов розміщення устроїв зовнішнього транспорту і промислових зон;
- характеристик ґрунтів за міцністю.

При улаштуванні водойм особливу увагу треба приділяти стійкості прибережних схилів, гідрогеологічному режиму території, водопроникності чаші водоймища. При значній фільтрації необхідно влаштовувати екрани з глини або важких суглинків, що захищаються шаром місцевого ґрунту потужністю 30 см. Відповідно до санітарно-гігієнічних вимог мінімальна глибина водоймищ повинна бути не менше 1,5 м.

При використанні порушених територій для рекреаційних цілей необхідно забезпечити нормальні умови для зростання дерев і чагарників та догляду за ними. Планування дорожньої мережі виконують з урахуванням організації поверхневого стоку.

При висоті укосу 20 м кут укосу має бути 12 – 14°, а при висоті 5 – 6 м – 24 – 30°. Ширину відвальних терас визначають, виходячи з умов забезпечення механізованої посадки і догляду за насадженнями. Дерева треба висаджувати на відстані не менше 1,5 м від брівки укосу відвалу. Мінімальна ширина тераси повинна бути не менше 8 м.

Технічний етап рекультивації *гідровідвалів* (площа гідровідвалів досягає кількох сотень гектарів) пов'язаний, в основному, з організацією стоку поверхневих вод, регулюванням режиму ґрунтових вод і створенням стійких основ під будинки і споруди. Породовідвали мають рівну поверхню з невеличким ухилом до відстійників. Укоси гідровідвалів порівняно пологі – від 1 : 3 до 1 : 5 (рис. 15.2).

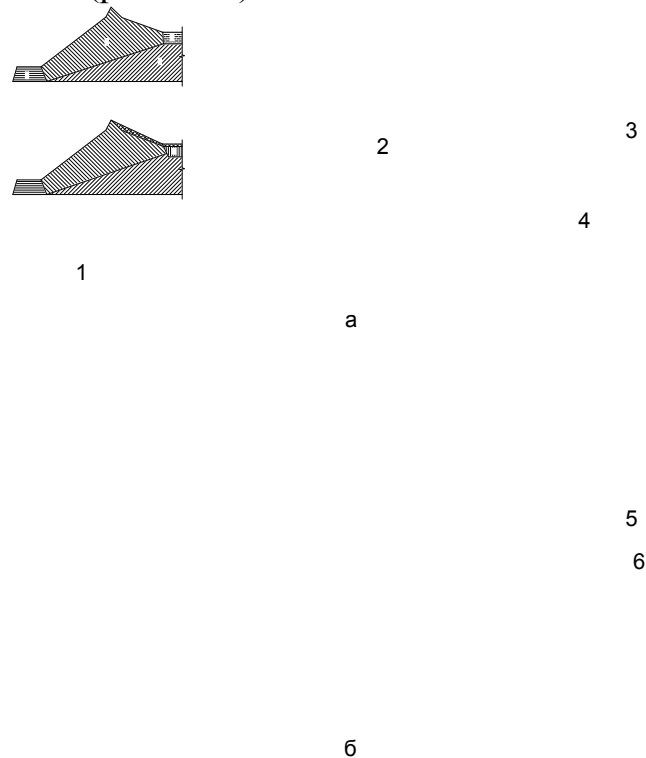


Рисунок 15.2 – Рекультивація гідровідвалу:

а – робочий стан гідровідвалу; б – після виконання гідротехнічної рекультивації; 1 – гребля; 2 – глинистий пісок; 3 – вода; 4 – суглинки і глини; 5 – рослинний шар; 6 – потенційно родючі ґрунти

Склад заходів біологічного етапу рекультивації визначається:

- функціональним використанням порушеної території;
- кліматичними і мікрокліматичними особливостями району проектування;
- заходами технічного етапу рекультивації;
- складом і властивостями ґрунтів;
- породним складом зелених насаджень, що зростають у даній місцевості.

Створення на порушених територіях необхідних умов для зростання різноманітних угруповань зелених насаджень залежить від початкових заходів біологічної рекультивації. Землювання (комплекс робіт із зняття, транспортування і нанесення родючого шару ґрунту і потенційно родючих порід на малопродуктивні угіддя з метою їх поліпшення) прискорює процес ґрунтоутворення завдяки більш інтенсивному розвитку корисних ґрунтових мікроорганізмів.

Одним із простих засобів біологічної меліорації ґрунтів є використання рослин-піонерів, спроможних підвищити біологічну активність ґрунтів (люпину багаторічного, буркуну й інших видів бобових рослин). З деревних порід до такого типу рослин відносять березу чорну і сіру вільху, вербу козячу, осику, білу акацію.

Товщина підготовленого ґрунтового шару при біологічній рекультивації кар'єрів і відвалів повинна складати, м: для дерев – 0,7 – 1,0; для чагарників – 0,6 – 0,8; для газонів – 0,3; для однолітніх і багаторічних квітів – відповідно 0,3 і 0,5 – 0,7 м.

15.4.6 Особливості рекультивації територій, порушених іншими видами робіт

Технічний етап рекультивації при будівництві шляхів та інших лінійних об'єктів полягає у зніманні в порушеній смузі шару ґрунту, створенні насипів з підґрунтя і покритті резервних ділянок гумусовим шаром.

Під час геологорозвідувальних робіт гумусовий шар ґрунту знімають повністю. Крім того, знімають 50 см горизонту, перехідного до породи, окремо складують, влаштовують резервуари для зберігання промивних рідин, які використовують у процесі буріння. Після того як закінчать буріння, зняті шари ґрунту і підґрунтя повертають на попереднє місце. Якщо необхідно, проводять хімічну меліорацію й вносять підвищені норми органічних добрив.

Вироблені торфовища при фрезерному і машиноформувальному способах видобування торфу потрібно повертати землекористувачам для використання їх під сіножаті, пасовища, заліснення та обводнення. З цією метою влаштовують осушувальну мережу, планують поверхню, споруджують дороги. Торфовища, вироблені гідроспособом, звичайно рекультивують для рибогосподарського використання. На них викорчуюють та вивозять пеньки, планують та закладають осушувальну мережу. В Німеччині існує технологія ренатуралізації боліт і торфовищ.

Для рекультивації територій полігонів твердих відходів щорічно по-

трібні нові землі, приблизно 0,6 га на 100 тис. жителів.

Містобудівне використання території полігону визначається такими чинниками:

- обраною схемою складування відходів на полігоні;
- інженерно-геологічними особливостями території полігону і прилеглих територій;
- часом експлуатації полігонів.

Особливості рекультивації полігонів полягають у створенні оптимальних санітарно-гігієнічних умов для подальшого містобудівного використання і поліпшення інженерно-геологічних характеристик основи під забудову.

Необхідно враховувати, що в результаті біохімічних анаеробних реакцій на полігонах виділяються гази: метан, сірководень, водень і ін. Найбільш інтенсивне виділення газів відбувається в перші два роки експлуатації полігону. Проте виділення газу може відбуватися і коли минуть десятки років після закриття полігону, тому що розпад органічних речовин відходів, складованих шарами товщиною більше 2 м на 50% відбувається за 57, а на 90% – за 950 років. Чим менше шар відходів, тим швидше відбувається розкладання. Дослідження показали, що шар відходів потужністю 4 м за п'ять років не зазнав ніяких змін, а шар відходів потужністю 1 м, перекритий землею, розклався цілком через 9 місяців. Тому при складуванні відходів на полігонах необхідно стежити за дотриманням нормативних товщин шарів і проводити ретельні вишукування з виявлення газів при рекультивації давно неексплуатованих полігонів. Якщо відходи покриті газонепроникним шаром, гази можуть накопичуватися в небезпечній концентрації. У цих випадках необхідно проводити дренавання.

Слід також старанно досліджувати ґрунтові води територій, що відновлюються, і територій, що прилягають до старих полігонів.

При інженерно-геологічних вишукуваннях необхідно враховувати, що відходи мінералізуються від поверхні всередину протягом першого року – на 12, другого – на 21, третього – на 27, четвертого – на 38, п'ятого – на 45, шостого – на 75 і сьомого – на 100 см. При загальній висоті полігону понад 10 м за п'ять-шість років щільність відходів становить 0,75 – 0,85 т/м³, а висота робочого шару зменшується з 2 м до 1,3 м.

Технічний етап рекультивації територій полігонів проводиться залежно від містобудівного використання або у вигляді повної заміни відходів на тривкий ґрунт (звичайно при використанні території для великого промислового будівництва), або у вигляді мінімального обсягу робіт із вертикального планування з наданням рельєфу необхідних ухилів (при цьому

враховують товщину шару мінералізації відходів, вихід газів). Розбирати і використовувати під добрива можна тільки полігони побутових відходів.

Економічно вигідно використовувати побутові відходи як добриво при біологічній рекультивації порушених територій із підвищеною кислотністю.

Хімічний склад побутових відходів, % сухої речовини:

органічна речовина	60,0 – 70,0;
азот	близько 1,0;
фосфор	0,44 – 0,53;
калій	0,30 – 0,45.

Загальна кількість мікроорганізмів у побутових відходах складає близько 1 млрд на 1 г сухої речовини. Вміст вапна значно перевищує його вміст у гної (3,6% проти 0,5%; pH 6 – 8).

При проектуванні забудови на території колишніх полігонів необхідно:

- забезпечити стійкість основи;
- встановити і за можливості знизити розмір осідання будинків і споруд;
- забезпечити завершення інтенсивної частини осідання в заданий термін;
- виключити неприпустимі пружні деформації при русі транспорту.

Будівництво на території колишніх полігонів можна починати тільки після стабілізації поверхні. При цьому повинні вживатися всі заходи, що передбачаються при зведенні будинків і споруд на сильно і нерівномірно стиснених породах: улаштування армованих поясів і осадових швів, розрізка будинків на окремі жорсткі відсіки, повна або часткова виїмка відходів, використання пальових фундаментів без розміщення першого поверху на рівні землі. Крутість укосів висотних полігонів залежить від висоти полігону:

Висота полігону, м	Крутість укосу
20	1:3,5
40	1:5,0
60	1:6,5
80	1:7,0
100	1:9,0

При біологічному етапі рекультивації необхідно враховувати, що при ущільненні відходів сповільнюється швидкість розкладання органічних речовин відходів і утворюється непроникний шар, що твердіє при висиханні. Це, як правило, призводить до отруєння молодих саджанців окисом вуглецю. Тому верхній шар полігону потужністю 1,5 м потрібно складати з біокомпонентів, що розкладаються, – рослинних відходів і вуличного сміття. Цей шар не ущільнюють. Зверху вкладають шар чорнозему потужністю 0,5 м.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Задачі, що ставляться при охороні земель.
2. Які нормативи встановлюються у галузі охорони земель та відтворення родючості ґрунтів ?
3. Які землі відносяться до деградованих, малопродуктивних і порушених?
4. Що таке рекультивация, меліорація та консервація земель ?
5. Які існують напрямки рекультивации порушених територій ?
6. Які фактори впливають на придатність земель для рекультивации ?
7. Чим відрізняються технічний та біологічний етапи рекультивации ?
8. Які заходи включає технічний етап рекультивации територій підземних виробок ? Біологічний етап ?
9. Які фактори впливають на вибір засобів рекультивации територій відкритих виробок ?
10. Які заходи включає технічний етап рекультивации територій териконів, хвостосховищ, золошлаковідвалів? Біологічний етап ?
11. Які заходи включає технічний етап рекультивации територій відкритих виробок? Біологічний етап ?
12. Особливості рекультивации при будівництві шляхів та інших лінійних об'єктів, при геологорозвідувальних роботах, при використанні територій вироблених торфовищ.
13. Які заходи включає технічний етап рекультивации територій полігонів твердих відходів? Біологічний етап ?

Список рекомендованої літератури

1. Абелев Ю. М. Основы проектирования и строительства на просадочных грунтах / Ю. М. Абелев, М. Ю. Абелев. - М. : Стройиздат, 1968. – 432 с.
2. Алисон А. Геология / А. Алисон, Д. Палмер; Пер. с англ. – М. : Мир, 1984. – 568 с.
3. Ананьев В. П. Инженерная геология и гидрогеология / В. П. Ананьев, Л. В. Передельский. – М. : Высшая школа, 1980. – 271 с.
4. Будівництво у сейсмічних районах України : ДБН В.1.1-12:2006. – [Чинний від 2007-01-02]. – К. : ДП “Укрархбудінформ“, 2006. – 84 с. – (Національні стандарти України).
5. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідних грунтах : ДБН В.1.1-5-2000. – [Чинний від 2000-01-07]. – К. : Держбуд України, 2000. – 66 с. – (Національні стандарти України).
6. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва : ДБН А.2.1-1-2008. – [Чинний від 2008-01-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 74 с. – (Національні стандарти України).
7. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Затвержені наказом Міністерства охорони здоров'я України № 400 від 12.05.2010.
8. Временная инструкция по проектированию сооружений для очистки поверхностных сточных вод: СН 496-77/ Госстрой СССР, 1977, № 78 – 77. – 25 с.
9. Грунти. Класифікація : ДСТУ Б В.2.1-2-96. – [Чинний від 1997-01-01]. – К. : Мінбуд України, 1997. – 45 с. – (Національні стандарти України).
10. Денисов Н. Я. Инженерная геология / Денисов Н. Я. - М. : Госстройиздат, 1960. – 404 с.
11. Інженерний захист та освоєння території. Довідник / за редакцією В. С. Ніщука / – К. : “Основа“, 2000. – 344 с.
12. Дружинин М. К. Основы инженерной геологии / Дружинин М. К. – М. : Недра, 1978. – 246с.
13. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти : [підручник] / М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, В. Г. Хілобок, А. В. Яковлєв. – К. : "Вища школа", 1992. – 408 с.
14. Інженерний захист територій будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення : ДБН В.1.1-3-97. – [Чинний від 1997-01-07]. – К. : ДП “Укрархбудінформ“, 1998. – 47 с. – (Національні стандарти України).
15. Иванова М. Ф. Общая геология с основами исторической геологии / Иванова М. Ф. – М. : Высшая школа, 1960. – 440 с.
16. Канализация. Наружные сети и сооружения : СНиП 2.04.03-85 / Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1985. – 106 с.

17. Кигель Е. М. Эксплуатация канализационных очистных сооружений / Кигель Е. М. – Киев, Будівельник, 1978. – 144 с.
18. Крутов В. И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах / Крутов В. И. – К. : Будівельник, 1982. – 224 с.
19. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа вод / Лурье Ю. Ю. – М. : Химия, 1973. – 376 с.
20. Маслов Н. Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов / Маслов Н. Н. – М. : Высшая школа, 1982. – 511 с.
21. Мустафаев А. А. Расчет оснований и фундаментов на просадочных грунтах / Мустафаев А. А. – М. : Высшая школа, 1979. – 368 с.
22. Николадзе Г. И. Коммунальное водоснабжение и канализация : учебник для техникумов / Николадзе Г. И. – М. : Стройиздат, 1983. – 423 с.
23. Пособие по проектированию оснований и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) / НИИОСП им. Герсеванова – М. : Стройиздат, 1986. – 415 с.
24. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения (Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення): СанПиН 4630–88, затверджені МОЗ СРСР 04.07.1988, № 4630–88.
25. Сухарев С. М. Техноекологія та охорона навколишнього середовища : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів /С. М. Сухарев, С. Ю. Чундак, О. Ю. Сухарева [2-ге видання] – Львів : «Новий світ-2000», 2005. – 256 с.
26. Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы / Осипов В. И., Соколов Б. А., Швецов П. Ф. [и др.] ; под ред. акад. Е. М. Сергеева – М. : Недра, 1985. – 332 с.
27. Умовні графічні зображення та умовні позначки в документації з інженерно-геологічних вишукувань : ДСТУ Б А.2.4-13:2009 – [Чинний від 2010-01-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 30 с. – (Національні стандарти України).
28. Швецов Г. И. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты : учебник для вузов / Швецов Г. И. – М. : Высшая школа, 1987. – 296 с.

**Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет**

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

**ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Навчальний посібник

**Вінниця
ВНТУ
2013**

УДК 624.131.1(075)
ББК 26.3я73
В12

Автори:

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

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України, як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів.
Лист № 1/11-16844 від 29.10.12 р.

Рецензенти:

І. Я. Лучковський, доктор технічних наук, професор (ХДТУБА)

О. В. Школа, доктор технічних наук, професор (ОДАБА)

Ваганов, І. І.

В12 Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища : навчальний посібник / І. І. Ваганов, І. В. Маєвська, М. М. Попович. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 267 с.

ISBN

Подані загальні відомості про Землю, значний матеріал з мінералогії та петрографії, дані з історії земної кори та її тектоніки, ґрунтознавства, відомості про підземні води, геологічні та інженерно-геологічні процеси, інженерно-вишукувальні роботи, основи геоморфології. Подані також матеріали з охорони навколишнього середовища, пов'язані з збереженням природних вод та ґрунтів.

У викладі навчального матеріалу запропонована нова компоновка розділів, які містять не тільки теоретичні відомості, а й практичні рекомендації щодо визначення мінералів, гірських порід та виконання розрахунково-графічних робіт, що сприятиме кращому виконанню студентами лабораторних робіт, глибокому засвоєнню ними курсів інженерної геології та екології.

Призначений для студентів будівельних спеціальностей та спеціальності “Екологія та охорона навколишнього середовища”.

УДК 624.131.1(075)

ББК 26.3я73

ISBN

© І. Ваганов, І. Маєвська, М. Попович, 2013

Навчальне видання

**Ваганов Іван Іванович, Маєвська Ірина Вікторівна,
Попович Микола Миколайович**

**ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Навчальний посібник

Редактор Т. Старічек

Оригінал-макет підготовлено М. Поповичем

Підписано до друку
Формат 29,7×42¹/₄. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад 300 (1-й запуск 1-100) прим. Зам. № 2013

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114
Тел. (0432) 59-85-32.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114
Тел. (0432) 59-87-38.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.