

**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
2014**

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, 2014. – 267 с.

ISBN 978-966-641-591-5

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, з охорони навколишнього середовища, пов'язані з збереженням природних вод та ґрунтів. У викладі навчального матеріалу містяться теоретичні відомості, практичні рекомендації щодо визначення мінералів, гірських порід та виконання розрахунково-графічних робіт.

Призначений для студентів будівельних спеціальностей та спеціальності “Екологія та охорона навколишнього середовища”.

УДК 624.131.1(075)

ББК 26.3я73

ISBN 978-966-641-591-5

© І. Ваганов, І. Маєвська, М. Попович, 2014

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)	31
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 І 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 та 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 ҐРУНТОЗНАВСТВА	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	229
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 зга-

даній 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 році 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 році 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 ХХ 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 рр.). 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 інже-

нерної 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 році вийшла монографія німецького вченого К. Терцагі "Будівельна механіка ґрунтів" і у 1929 році "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 рр.) 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 рр.) визначився формуванням нового наукового напрямку – регіональної інженерної геології, пов'язаного з дослідженням масивів ґрунтів.

На третьому етапі, з 1978 році, 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 році 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 р.) та французького астронома П. Лапласа (1796 р.), 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 над нової 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 р.) 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, астрономи 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 різномірних, 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).

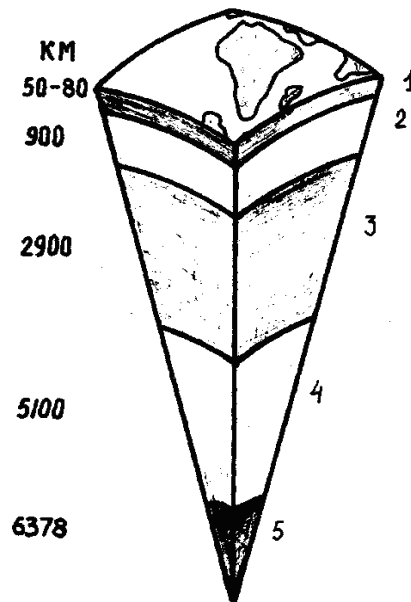


Рисунок 1.1 – Будова Землі:

- 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.

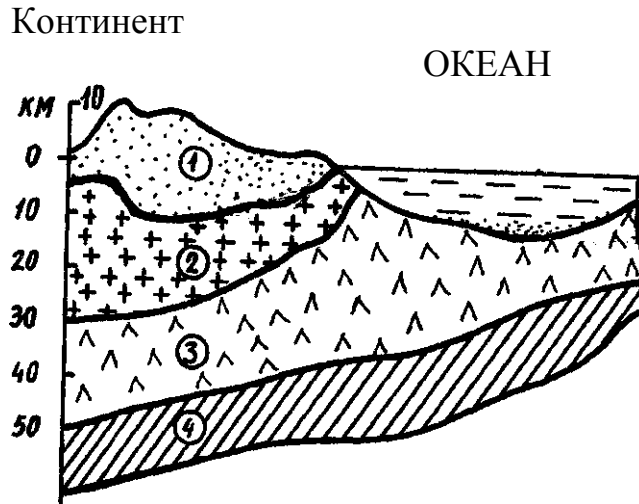


Рисунок 1.2 – Будова земної кори:

- 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 – $2500 - 2750 \text{ кг/м}^3$, континентальна швидкість сейсмічних хвиль – $5,5 - 6,3 \text{ км/с}$. У складі осадового та гранітного поясів переважають кремній (лат. "сіліційум") 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 $2750 - 3000 \text{ кг/м}^3$, швидкість сейсмічних хвиль – $6,1 - 7,4 \text{ км/с}$.

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

Верхня частина мантії потужністю близько 900 км називається періодитовою зоною у зв'язку з переважанню 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-

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). Затверджені 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. Ґрунти. 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.

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 16.10.2014 р.
Формат 29,7×¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний Ум. друк. арк. 17,2.
Наклад 300 (1-й запуск 1-100) прим. Зам. № 2014-081.

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.