

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

**Ігор ПАПІШ, Олексій ТЕЛЕГУЗ**

# **МІНЕРАЛОГІЯ ҐРУНТІВ І ҐРУНТОТВОРНИХ ПОРІД**

Навчальний посібник

Львів  
2024

УДК [549.8:552.52:631.48](075.8)

П 17

**Рецензенти:**

д-р геол. наук, член-кор. НАН України, проф. **І. М. Наумко**  
(Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України)

д-р геогр. наук, проф. **І. П. Ковальчук**  
(Національний університет біоресурсів і природокористування України)

д-р геогр. наук, проф. **В. І. Михайлюк**  
(Одеський державний аграрний університет)

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
Львівського національного університету імені Івана Франка.  
Протокол № 65/4 від 30 квітня 2024 року*

**Папіш Ігор**

П 17 Мінералогія ґрунтів і ґрунтотворних порід : навч. посібник / Ігор Папіш, Олексій Телегуз. – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2024. – 400 с.  
ISBN 978-617-10-0873-1.

Охарактеризовано основні типи пухких континентальних відкладів і закономірності поширення ґрунтотворних порід. Проаналізовано роль гірських порід і мінералів у процесах педогенезу. Розкрито основи класифікації гірських порід і мінералів, особливості кристалохімії первинних і вторинних мінералів ґрунту, характеристики будови, складу і властивостей основних груп ґрунтових мінералів. Розглянуто вплив мінералогічного складу на формування фізичних і хімічних властивостей ґрунтів, характер поживного режиму та екологічну стійкість ґрунтової екосистеми. Висвітлено проблеми генези найбільш поширених у ґрунтах груп мінералів. Посібник присвячено вивченню глинистих мінералів ґрунтів і порід. Проведено усесторонній аналіз процесів утворення, трансформаційних змін, руйнування і переміщення глинистих мінералів у ґрунтах і породах, що дає можливість зрозуміти суть і механізм ґрунтотворних процесів через пізнання міжфазових взаємодій у системі мінеральна речовина – ґрунтовий розчин – органічна речовина. Визначено вплив мінералогічного складу на режим азотного, калійного і фосфорного живлення рослин. Висвітлено основні методи мінералогічного аналізу ґрунтів. Показано графічні схеми кристалічної будови мінералів, розроблено перелік лабораторних робіт, фахових запитань для самостійного опанування теоретичних і прикладних аспектів курсу “Мінералогія ґрунтів”. Посібник розроблено на основі засад Болонської декларації.

Для студентів спеціальності 103 Науки про Землю.

**УДК [549.8:552.52:631.48](075.8)**

© Папіш Ігор, Телегуз Олексій, 2024

© Львівський національний університет  
імені Івана Франка, 2024

ISBN 978-617-10-0873-1

# ЗМІСТ

<b>Вступ. Мінералогія і поняття про мінерал</b> .....	7
<b>Частина 1. СИЛАБУС КУРСУ</b> .....	12
<b>Частина 2. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕМ КУРСУ “МІНЕРАЛОГІЯ ҐРУНТІВ І ҐРУНТОТВОРНИХ ПОРІД”</b> .....	25
<b>Модуль 1</b>	
<hr/>	
<b>Розділ 1. Материнська гірська та ґрунтоутворна порода</b> .....	25
1. 1. Гірська порода в системі чинників ґрунтоутворення .....	27
1. 2. Роль гірських порід у ґрунтоутворенні .....	31
1. 3. Вплив материнських гірських порід на класифікацію ґрунтів .....	33
<b>Розділ 2. Магматичні породи</b> .....	39
2. 1. Хімічний і мінералогічний склад магматичних порід .....	39
2. 2. Класифікація магматичних порід .....	42
2. 3. Вивітрювання магматичних порід .....	44
2. 4. Формування елювію магматичних порід і ґрунтоутворення .....	47
<b>Розділ 3. Пухкі осадові породи</b> .....	52
3. 1. Склад і класифікація осадових порід .....	52
3. 2. Генетичні типи пухких континентальних відкладів .....	55
3. 2. 1. Піски .....	74
3. 2. 2. Глини .....	80
3. 2. 3. Моренні суглинки .....	85
3. 2. 4. Покривні суглинки .....	89
3. 2. 5. Породи лесової формації .....	91
3. 2. 6. Грубоуламкові породи .....	97
3. 2. 7. Багаточленні породи .....	97
<b>Розділ 4. Щільні осадові та метаморфічні породи</b> .....	101
4. 1. Склад і класифікація метаморфічних порід .....	101
4. 2. Сланці .....	102
4. 3. Пісковики .....	104
4. 4. Карбонатні породи .....	105
4. 5. Кременисті породи .....	108
4. 6. Вулканічно-уламкові породи .....	109
<i>Завдання до модуля 1</i> .....	112
<i>Контрольні запитання до розділів модуля 1</i> .....	112

## Модуль 2

---

<b>Розділ 5. Властивості мінералів</b> .....	<b>113</b>
5. 1. Морфологічні особливості .....	121
5. 2. Прозорість .....	122
5. 3. Забарвлення .....	123
5. 4. Блиск і показник переломлення .....	125
5. 5. Спайність і злом .....	127
5. 6. Твердість .....	128
5. 7. Щільність (питома вага) .....	130
5. 8. Інші властивості мінералів .....	131
<b>Розділ 6. Основи кристалохімії мінералів</b> .....	<b>136</b>
6. 1. Координаційне число і координаційний багатокутник .....	136
6. 2. Радіуси і координаційні числа іонів .....	137
6. 3. Ізоморфізм і поліморфізм .....	139
6. 4. Будова кристалічних ґраток шаруватих силікатів .....	142
<b>Розділ 7. Мінерали грубих фракцій ґрунтів і порід</b> .....	<b>146</b>
7. 1. Класифікація і систематика мінералів .....	147
7. 2. Польові шпати .....	154
7. 3. Слюди .....	160
7. 4. Хлорити .....	167
7. 5. Піроксени та амфіболи .....	169
7. 6. Цеоліти .....	172
7. 7. Кварц і мінерали групи кремнезему .....	175
<b>Розділ 8. Глинисті мінерали</b> .....	<b>181</b>
8. 1. Класифікація глинистих мінералів .....	181
8. 2. Мінерали групи каолініту (кандити) .....	182
8. 3. Мінерали групи слюди та гідрослюди (іліти) .....	189
8. 4. Мінерали групи монтморилоніту (сметити) .....	196
8. 5. Мінерали групи вермикуліту .....	205
8. 6. Мінерали групи хлоритів .....	209
8. 7. Мінерали групи ґрунтових хлоритів .....	211
8. 8. Група змішаношаруватих мінералів .....	215
<b>Розділ 9. Високодисперсні неглинисті мінерали</b> .....	<b>219</b>
9. 1. Палигорський і сепіоліт .....	219
9. 2. Алофани, імоголіт і аморфні речовини .....	222
9. 3. Мінерали гідроксидів Fe і Al .....	227
<b>Розділ 10. Клас Солі</b> .....	<b>237</b>
10. 1. Група галогенідів – хлоридів .....	237

10. 2. Група сульфатів .....	241
10. 3. Група карбонатів .....	248

**Розділ 11. Генеза, трансформаційні зміни, руйнування і переміщення високодисперсних мінералів у ґрунті ..... 255**

11. 1. Функція “пам’яті” глинистого матеріалу .....	256
11. 2. Синтез мінералів .....	258
11. 3. Перетворення мінералів у ґрунтах .....	263
11. 3. 1. Перетворення мінералів грубих фракцій .....	264
11. 3. 2. Монтморилонітизація .....	267
11. 3. 3. Ілітизація .....	270
11. 3. 4. Хлоритизація .....	273
11. 3. 5. Каолінітизація і фералітизація .....	275
11. 4. Руйнування високодисперсних мінералів .....	277
11. 5. Переміщення і зміни фізичного стану глинистого матеріалу .....	280
11. 5. 1. Лесиваж .....	281
11. 5. 2. Оглинення .....	283
11. 5. 3. Супердисперсність глинистих мінералів .....	285
11. 6. Міцність зв’язків кальцію, магнію і калію у мінералах .....	287

**Розділ 12. Мінералогічний склад основних типів ґрунтів і порід ..... 291**

12. 1. Мінералогічний склад ґрунтоутворюючих порід .....	291
12. 2. Закономірності поширення глинистих мінералів у ґрунтах .....	295
12. 2. 1. Підзолисті і дерново-підзолисті ґрунти .....	299
12. 2. 2. Сірі лісові ґрунти .....	302
12. 2. 3. Чорноземи .....	304
12. 2. 4. Каштаноземи .....	307
12. 2. 5. Сіроземи, такири і сіро-бурі ґрунти .....	308
12. 2. 6. Солонці і солонцюваті ґрунти .....	309
12. 2. 7. Солоді .....	311
12. 2. 8. Буроземи .....	313
12. 2. 9. Жовтоземи .....	315
12. 2.10. Червоноземи і латерити .....	316

**Розділ 13. Методи дослідження глинистих мінералів ґрунтів ..... 318**

13. 1. Методика і техніка підготовки ґрунтів до аналізу .....	320
13. 2. Рентгендіфрактометричний аналіз .....	329
13. 2. 1. Якісна оцінка мінералів .....	331
13. 2. 2. Кількісне визначення мінералів .....	335
13. 3. Термічний аналіз .....	338
13. 4. Хімічні методи .....	349
13. 4. 1. Валовий хімічний аналіз мулистої фракції .....	349

<i>Завдання до модуля 2</i> .....	351
<i>Контрольні запитання до розділів модуля 2</i> .....	351
<b>Розділ 14. Лабораторні роботи</b> .....	<b>353</b>
1. Прилади і матеріали для дослідження мінералогії ґрунтів .....	353
2. Навчальна екскурсія мінералогічним музеєм .....	356
3. Діагностика і властивості піщаних порід .....	359
4. Діагностика і властивості глинистих порід .....	362
5. Діагностика і властивості моренних суглинків .....	365
6. Діагностика і властивості лесових порід .....	368
7. Діагностика і властивості покривних суглинків .....	370
8. Діагностика і властивості карбонатних порід .....	372
9. Діагностика і властивості мінералів розчинних солей .....	374
10. Діагностика і властивості вулканогенних порід .....	376
11. Діагностика мінералів грубодисперсних фракцій ґрунтів і порід .....	378
12. Діагностика новоутворень Fe і Mn у ґрунтах і породах .....	380
13. Діагностика новоутворень Ca у ґрунтах і породах .....	383
14. Виділення мулистої фракції з дрібнозему ґрунту .....	385
15. Кількісний аналіз глинистих мінералів .....	386
<b>Частина 3. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ</b> .....	<b>388</b>
Список літератури .....	390
Предметний покажчик .....	395
Іменний покажчик .....	399

---

“Будь-яку істину легко досягнути, коли її відкрито.  
Питання лиш у тому – як її відкрити?!”  
Галілео Галілей

## ВСТУП

**Мінералогія і поняття про мінерал.** Мінералогія входить до складу наук про Землю. Її традиційно відносять до геологічних наук, які досліджують земну кору [13; 18; 43]. Сама назва “мінералогія” означає *вчення про мінерали*, яке охоплює широкий спектр питань про походження, будову, склад і властивості різних груп земних мінералів [28]. Термін “мінерал” є досить давнім і походить від слова “*minera*”, що в перекладі зі старолатинської мови буквально означає “*рудний штуф*”, або кусок руди. Термін “мінерал” генетично пов’язаний із терміном “*гірська порода*”, будучи її невід’ємною складовою частиною. Зараз мінералами називають складові частини гірських порід і руд, які відрізняються один від одного за хімічним складом і фізичними властивостями (забарвлення, блиск, твердість тощо). Наприклад, біотитовий граніт як гірська порода складається з трьох головних мінералів різного складу: світлого польового шпату, сірого кварцу і чорної слюди (біотиту). Гірські породи можуть бути полімінеральними (складені кількома мінералами), як попередній приклад, або мономінеральними, як суцільна руда *магнітного залізняка*, який представлений майже “мономінеральним” агрегатом, складеним із кристалічних зерен *магнетиту*. Абсолютно хімічно і фізично однорідних мінералів у природі не існує.

З генетичного погляду мінерали є природними хімічними сполуками, рідше простими речовинами (самородними елементами, як *сірка*), що мають кристалічну будову, чітко визначений хімічний склад і утворились під впливом різних фізико-хімічних процесів у товщі земної кори. Різноманітні синтетичні продукти лабораторного чи заводського синтезу не називаються мінералами тому, що більшість з них не

зустрічаються у природних умовах. Умовно називаються мінералами тільки ті штучні мінеральні утворення, які за своїм складом і кристалохімічною будовою відповідають природним мінеральним сполукам.

Абсолютна більшість хімічних з'єднань земної кори мають вигляд твердих мінералів, з відповідними хімічними та фізичними властивостями, що співвідносяться з їхнім хімічним складом і кристалічною будовою мінеральної речовини. Кожен мінерал формується у певних фізико-хімічних умовах (за відповідної температури, тиску і концентрації хімічних елементів у системі). Його кристалохімічна структура зберігається у незмінному стані доти, допоки умови зовнішнього середовища не перейдуть за межі його стійкого існування (наприклад, у процесі окислення чи відновлення, зниження або підвищення температури чи тиску). Такі умови визначають термодинамічну чи геохімічну стійкість мінералу. В ході розвитку геохімічних процесів земної кори багато мінералів змінюються, руйнуються або заміщуються іншими мінералами, які є більш стійкими у новоствореному середовищі. Завдяки своїм властивостям, різні мінерали мають різну термодинамічну і геохімічну стійкість до зміни середовища. Існує чимало мінералів, які можуть дуже тривалий час існувати у стані рівноваги у досить широкому діапазоні змін зовнішнього середовища. В умовах земної кори такими мінералами є *алмаз, топаз, графіт, корунд, рутил* тощо. Деякі з них (алмаз, корунд, топаз) крім природної термодинамічної стійкості, ще й очолюють відповідну десятибальну шкалу твердості мінералів земної кори (шкала Мооса).

*Мінералогія* – це наука про природні хімічні з'єднання (мінерали) земної кори, яка вивчає у тісному взаємозв'язку їхній склад, кристалічну будову, властивості, умови утворення, трансформацію і прикладне використання різних груп мінералів.

Мінералогічні дослідження спираються на закони точних наук – фізики, хімії, кристалографії, кристалохімії, фізколоїдної хімії. Фундаментальні уявлення про природу мінералів розвивались в міру розвитку головних подій в історії природознавства, найперше в галузі геології та інших природничих наук.

За визначенням академіка Володимира Вернадського, ґрунт є особливим біокосним (органомінеральним) тілом природи у верхній частині кори вивітрювання гірських порід. У термодинамічних і біогеохімічних умовах земної поверхні материнська гірська порода поступово



трансформується у ґрунтотворну породу педосфери. У процесі тривалого педогенезу ґрунт спершу повністю успадковує мінералогічний склад породи, поступово набуваючи нової якості у формі складних мінеральних, органічних та органо-мінеральних новоутворень різних хімічних з'єднань. Мінерали, що входили до складу ґрунтотворної породи, у процесі ґрунтоутворення стають ґрунтовими мінералами з притаманними їм характеристиками, властивостями й екологічними функціями. У процесі становлення ґрунту його мінеральна речовина суттєво визначає подальшу поведінку біокосної екосистеми у термодинамічних умовах тривалого функціонування педосфери.

Мінералогія ґрунтів загалом, особливо вчення про глинисті мінерали, на теперішній час сформувались як самостійний розділ циклу наук про Землю, у тому числі як самостійний розділ ґрунтознавства. Це пов'язано з тим, що мінерали грубих фракцій головно визначають фізичні властивості ґрунтів, будучи важливим джерелом зольних елементів ґрунту. Глинисті мінерали через велику хімічну активність і високу дисперсність впливають на фізико-хімічні властивості ґрунту і його родючість. Основна частина глинистого матеріалу знаходиться у найбільш тонкодисперсній – мулистій фракції (грубий і колоїдний мул). За класифікацією гранулометричних елементів України, до фракції мулу відносяться часточки розміром  $< 1$  мкм ( $< 0,001$  мм). За класифікацією ґрунтів WRB мулистій фракції відповідають часточки розміром  $< 2$  мкм ( $< 0,002$  мм).

Для більшості типів ґрунтів у складі мулистої фракції переважають окристалізовані глинисті мінерали підкласу шаруватих силікатів. У їхніх кристалічних ґратках як обов'язковий структурний компонент присутній шар кремнекисневих тетраедрів. Найпоширенішими у ґрунтах і ґрунтотворних породах глинистими мінералами є каолініти (кандити), слюди і гідрослюди (іліти), вермикуліти, монтморилоніти (сметкити), хлорити, ґрунтові хлорити і змішаношаруваті мінерали. Крім власне глинистих мінералів (токодисперсних шаруватих силікатів), у складі мулистих фракцій ґрунтів і ґрунтотворних порід зустрічаються мінерали, які відзначаються будовою кристалічної ґратки, яка є проміжною між стрічковими і шаруватими силікатами (сепіоліт-палигорськіт), деякі каркасні силікати (польові шпати), кварц, аморфні алюмосилікати (група алофанів), мінерали сесквіоксидів заліза і алюмінію (гетит, лепідокрокіт, гібсит), карбонати і деякі інші мінерали. Всі ці групи

мінералів можуть бути присутні не тільки у складі мулистої фракції, але й більш грубих фракціях. Тому межа між тонко- і грубодисперсними фракціями первинних і вторинних мінералів, є досить умовною.

Глинисті мінерали відіграли важливу роль у формуванні кори вивітрювання, педосфери і біосфери загалом. Завдяки високій дисперсності глинисті мінерали характеризуються величезною питомою поверхнею (десятки і сотні м<sup>2</sup>/г мінералу), внаслідок чого вони відзначаються великою хімічною активністю і адсорбційною здатністю. Каталітичні функції глинистих мінералів частково сприяли перетворенню органічних залишків у нафтопродукти. Глинисті мінерали могли відіграти певну роль у виникненні життя на Землі, сприяючи перетворенню амінокислот у протеїни. Глинисті мінерали підвищують здатність молекул води до дисоціації, що надає їй виразні кислотні властивості, вкрай важливі для формування депо поживних елементів ґрунту.

Дослідження вмісту і складу глинистих мінералів у ґрунтах має велике теоретичне і прикладне значення. Поверхня глинистих мінералів – це арена, на якій у ґрунтах неперервно відбуваються реакції сорбції-десорбції, фіксації і обміну катіонів та інших часточок, реакції гідратації і дегідратації, тобто протікають основні реакції взаємодії розчинів із силікатними компонентами ґрунту.

Вміст і склад глинистих мінералів визначають основні сорбційні властивості мінеральних ґрунтових горизонтів із низьким вмістом органічної речовини – різні види ємності катіонного й аніонного обміну, здатність до фіксації ряду мінеральних і органічних компонентів та інші сорбційні характеристики.

Не тільки від вмісту мінералів грубодисперсних фракцій, але й від кількості та складу глинистих мінералів, залежать водно-фізичні і фізико-механічні властивості ґрунтів – їхня водоутримуюча здатність і вологоємність, фільтрація, липкість, пластичність, здатність до структуроутворення. Глинисті мінерали є основним чинником, що контролює режим калійного живлення рослин, визначає буферну здатність ґрунтів. Глинисті мінерали мають певний вплив на ґрунтові мікроорганізми, прямо і опосередковано регулюючи їхній склад і мікробіологічну активність ґрунту, чим впливають на процеси гуміфікації і мінералізації рослинних залишків, склад і властивості новоутворених специфічних і неспецифічних органічних з'єднань, сорбцію на глинистих кристалітах глинисто-гумусових комплексів.

У багатьох ґрунтах мінерали тонкодисперсних фракцій є прямим продуктом сучасного або давнього ґрунтоутворення. В усіх ґрунтах глинисті мінерали, які успадковані від породи, зазнають змін у процесі ґрунтоутворення, інколи – аж до повного їхнього руйнування. Процеси утворення, трансформації, руйнування і переміщення глинистого матеріалу відносяться до числа найважливіших процесів формування ґрунтового профілю, вивчення яких необхідне для вирішення генетичних проблем і прикладних завдань ґрунтознавства.

*Навчальне видання*

**ПАПІШ Ігор  
ТЕЛЕГУЗ Олексій**

## **МІНЕРАЛОГІЯ ҐРУНТІВ І ҐРУНТОТВОРНИХ ПОРІД**

Навчальний посібник

Редактор *Мар'яна Михалюк*  
Комп'ютерне верстання *Інге Мазінг*  
Обкладинка *Василя Рогана*

Фото на обкладинці Ігоря Папіша:  
на передньому плані обкладинки зображено схему кристалічної ґратки монтморилоніту у формі геометрично правильних багатокутників на фоні сіро-коричневого темного (каштанового) ґрунту геолітокатени в долині р. Кача в околицях с. Орлівка (височина Кара-Тау в передгір'ї Криму); на задньому плані обкладинки зображено палеопедогенні конкреційні карбонатні новоутворення у поземі "кротовинного лесу" чорноземів Волино-Поділля у морфологічній формі "журавчиків", мінеральна форма – кальцит

Формат 70×100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Ум. друк. арк. 32,25.  
Тираж 300 прим. Зам.

Видавець та виготовлювач:  
Львівський національний університет імені Івана Франка,  
*вул. Університетська, 1, м. Львів, 79000.*

Свідоцтво  
про внесення суб'єкта видавничої справи  
по Державного реєстру видавців, виготівників  
і розповсюджувачів видавничої продукції.  
Серія ДК № 3059 від 13.12.2007.