

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**



**Я.Г. Цицюра, М.І. Поліщук, Л.Ф. Броннікова**

**ГРУНТОЗНАВСТВО З ОСНОВАМИ  
ГЕОЛОГІЇ**

**Частина II. ГЕНЕЗИС, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ  
ГРУНТІВ**

**Навчальний посібник**



**Вінниця 2020**

УДК 631.47/48 (075.8)  
Ц75

**Грунтознавство з основами геології. Частина II. Генезис, класифікація та властивості ґрунтів.** Навчальний посібник / Я.Г. Цицюра, М.І. Поліщук, Л.Ф. Броннікова. ТОВ «Друк плюс». 2020. 676 с.

Викладено сучасні підходи до оцінки генезису та класифікації ґрунтів. Систематизовано та узагальнено основні властивості ґрунтів, значення їх для агрономічної практики та сучасні підходи до їх комплексного регулювання з позиції проблематики сучасного ґрунтознавства. Наведено тестові завдання та рекомендовану літературу для самостійної роботи студентів.

*Рекомендовано вченою радою як навчальний посібник для студентів галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство (протокол № 13 від 26 червня 2020 р.)*

Рецензенти:

**Гнатів Петро Степанович**, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри агрохімії та ґрунтознавства Львівського національного аграрного університету.

**Мудрак Олександр Васильович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології, математики та природничих наук комунального навчального закладу Вінницької академії неперервної освіти (КВНЗ «ВАНО»).

**Ткачук Олександр Петрович**, доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету.

**ISBN 975-618-7722-24-9**

© Я.Г. Цицюра 2020  
© М.І. Поліщук 2020  
© Л.Ф. Броннікова 2020  
© ВНАУ 2020

# ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b>	<b>5</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ҐРУНТОЗНАВСТВО ЯК НАУКА. ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ ВІТЧИЗНЯНОГО ҐРУНТОЗНАВСТВА</b>	<b>7</b>
1.1. Визначення ґрунтознавства як науки та сфери його інтересів	7
1.2. Історичний ракурс становлення ґрунтознавства як науки	10
1.3. Основні функції та енергетика ґрунту	17
<b>РОЗДІЛ 2. ХІМІЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТУ</b>	<b>22</b>
2.1. Фазова структура ґрунту	22
2.2. Хімічний склад ґрунту. Трансформація хімічних елементів у ґрунтах	31
<b>РОЗДІЛ 3. ВЧЕННЯ ПРО ГЕНЕЗИС І ЕВОЛЮЦІЮ ҐРУНТІВ, ПРИНЦИПИ КЛАСИФІКАЦІЇ ҐРУНТІВ</b>	<b>57</b>
3.1. Сучасне уявлення про ґрунт його генезис та еволюцію	57
3.2. Характеристика загального балансу ґрунтоутворення	143
3.3. Основні підходи до класифікації ґрунтів	146
<b>РОЗДІЛ 4. МОРФОЛОГІЧНІ ОЗНАКИ ҐРУНТУ</b>	<b>162</b>
4.1. Морфологічні ознаки ґрунту у розрізі його фаз	162
4.2. Характеристика морфологічних ознак ґрунту	164
4.3. Структурні рівні організації ґрунту та закономірності його будови	177
4.4. Індексація ґрунтових горизонтів	201
<b>РОЗДІЛ 5. СТРУКТУРА ҐРУНТУ</b>	<b>217</b>
5.1. Гранулометричний склад ґрунту	217
5.2. Структура ґрунту	235
5.3. Механізми формування структури ґрунту	257
5.4. Значення гранулометричного та агрегатного складу ґрунту в агрономічній практиці та його регулювання	267
<b>РОЗДІЛ 6. ОРГАНІЧНА ЧАСТИНА ҐРУНТУ</b>	<b>287</b>
6.1. Структурний склад та властивості органічної частини ґрунту	287
6.2. Погляди на процес гумусоутворення, його біохімічні принципи та закономірності протікання	306
6.3. Основні заходи збереження гумусу в ґрунтах	320
<b>РОЗДІЛ 7. ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ВБИРНОГО ТА ОКИСНО-ВІДНОВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ҐРУНТІВ. РЕАКЦІЯ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА</b>	<b>339</b>
7.1. Обмінні процеси в ґрунтах. Вбирна здатність ґрунтів	339
7.2. Ідентифікація реакції ґрунтового розчину	366
7.3. Основні заходи регулювання реакції ґрунтового розчину в агрономічній практиці	386

<b>РОЗДІЛ 8. ФІЗИЧНІ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ</b>	<b>402</b>
8.1. Фізичні властивості ґрунту	402
8.2. Фізико-механічні властивості ґрунту	415
8.3. Заходи поліпшення фізико-механічних властивостей ґрунтів та їх структури	442
<b>РОЗДІЛ 9. ВОДНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВОДНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ</b>	<b>457</b>
9.1. Вода у ґрунті та водний режим ґрунту	457
9.2. Основні водні властивості ґрунту	489
9.3. Основні напрямки регулювання водного режиму та водних властивостей ґрунту у агрономічній практиці	507
<b>РОЗДІЛ 10. ПОВІТРЯНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПОВІТРЯНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ</b>	<b>517</b>
10.1. Повітряний режим ґрунту	517
10.2. Повітряні властивості ґрунту та шляхи регулювання повітряного режиму ґрунтів в агрономічній практиці	528
<b>РОЗДІЛ 11. ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ І ТЕПЛОВІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ</b>	<b>536</b>
11.1. Тепловий режим ґрунту та його характеристика	536
11.2. Теплові властивості ґрунтів та регулювання їх теплових режимів у агрономічній практиці	549
<b>РОЗДІЛ 12. РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ ТА ЇЇ СКЛАДОВІ</b>	<b>558</b>
12.1. Родючість ґрунту та її види	558
12.2. Складові елементи родючості ґрунтів	568
12.3. Фактори, що лімітують ґрунтову родючість та їх регулювання в агрономічній практиці	576
<b>КОРОТКИЙ ГЛОСАРІЙ ТЕРМІНІВ</b>	<b>584</b>
<b>БАЗОВІ ТЕСТИ З ДИСЦИПЛІНИ</b>	<b>611</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК</b>	<b>634</b>
<b>СПИСОК ПОСИЛАНЬ НА ЛІТЕРАТУРУ З</b>	<b>652</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЧНОГО СПИСКУ ПОСІБНИКА ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ</b>	
<b>ДОДАТКИ</b>	<b>654</b>

## ПЕРЕДМОВА

Ґрунтознавство є і буде залишатись тією фундаментальною дисципліною навички з якої є необхідними для агронома і без яких його професійне становлення і відповідна кваліфікація просто неможливі. Воно охоплює повний ряд тих дисциплінарних зв'язків, які формують загальну технологічну культуру майбутнього фахівця, його бачення закономірних основ формування врожаю та управління його якістю.

У концепції сталого світового розвитку нашої планети в різних базових документах ґрунти та збереження їх родючості включено до 14 основних цілей сталого розвитку. Наголошується у цьому фундаментальному документі, що ґрунт забезпечує рослини і дерева поживними речовинами, водою та мінеральними речовинами, зберігає запаси вуглецю, а також є будинком для мільярдів комах, дрібних тварин, бактерій і багатьох інших мікроорганізмів. Однак кількість родючого ґрунту на планеті зменшується з тривожною швидкістю, ставлячи під загрозу можливість вирощувати продукти харчування, з метою забезпечення ними населення планети, чисельність якого, за прогнозами, досягне дев'яти мільярдів до 2050 року.

2015 рік, враховуючи стратегію розвитку людства для досягнення Цілей розвитку тисячоліття, Організацією Об'єднаних Націй оголошено Міжнародним роком ґрунтів. У преамбулі до запровадження цього, світовою науковою спільнотою було визначено п'ять причин, за якими варто звернути увагу на ґрунтовий світовий покрив та пропаганду знань і навичок щодо його раціонального та збалансованого використання. Слід навести цих п'ять причин.

1. Здорові ґрунти годують весь світ. З ґрунту починається створення продуктів харчування. Складаючись з мінералів, води, повітря і органічних речовин, ґрунт забезпечує первинний кругообіг поживних речовин для рослин і тварин, і є основою для корму, палива, волокна та виробів медичного призначення, а також для багатьох важливих природних ресурсів. «Якість нашої їжі дуже сильно залежить від якості наших ґрунтів», – говорить Рональд Варгас, фахівець з питань управління ґрунтами і земельними ресурсами в ФАО. «Деградація ґрунтів – процес безшумний, але має величезні наслідки для людства. Дослідження показують, що близько третини всіх ґрунтів планети піддаються помірній або сильній деградації. Увага і прагнення до підтримання здоров'я ґрунтів є ключовими союзниками у забезпеченні продовольчої безпеки та харчування для всіх».

2. Ґрунт, подібно нафти та природного газу, є кінцевим ресурсом. Ґрунт є не відновлюваним ресурсом – його втрата не відшкодовується протягом людського життя. Формування шару ґрунту товщиною 1 см з материнської породи може зайняти сотні і тисячі років, однак цей сантиметровий шар ґрунту може бути втрачений унаслідок ерозії протягом лише одного року. Використання неефективних методів ведення сільського господарства, таких як: екстенсивна оранка, вилучення органічних речовин, надмірне зрошення з

використанням води низької якості, а також надмірне використання гербіцидів і пестицидів, – виснажують поживні речовини, наявні в ґрунті швидше, ніж вони здатні відновлюватися, що призводить до втрати родючості ґрунтів та їх деградації. За даними Глобального ґрунтового партнерства 50 000 квадратних кілометрів ґрунту, площа розміром з Коста-Ріку, втрачаються у всьому світі щорічно.

3. Ґрунти можуть пом'якшити наслідки зміни клімату. Ґрунти містять найбільші запаси ґрунтового органічного вуглецю, що більш ніж у два рази перевищує кількість, що міститься в рослинності. Крім поповнення запасів чистої води, боротьби з опустелюванням і забезпечення стійкості до повеней і посух, ґрунт пом'якшує наслідки змін клімату, завдяки секвестрації вуглецю та зниження викидів парникових газів. «Ґрунти світу повинні бути важливою частиною будь-якого порядку денного, спрямованого на боротьбу з наслідками зміни клімату, а також на забезпечення продовольчої та водної безпеки», – говорить Раттан Лал, директор Центру по скороченню викидів і секвестрації вуглекислого газу Університету Огайо «Я думаю, що в даний час існує загальне розуміння значення ґрунтового вуглецю – розуміння, що ґрунт є не лише середовищем для росту рослин».

4. Ґрунт живий і сповнений життя. Четверта частина біологічного різноманіття планети існує в ґрунті. У ґрунті існують, у буквальному сенсі – мільярди мікроорганізмів, таких як бактерії, гриби та найпростіші, а також тисячі комах, кліщів і черв'яків. В одній столовій ложці здорового ґрунту міститься більше організмів, ніж людей на всій планеті. «Ми зовсім недавно почали думати про біорізноманіття ґрунту, як про ресурс, про який ми повинні щось знати», – каже Діана Уолл, науковий голова Глобальної ініціативи в області ґрунтового біорізноманіття. «Без ґрунтів та їх біорізноманіття немає людського життя».

5. Інвестування в стійке управління ґрунтовими ресурсами є доцільним з точки зору економіки та екології. Управління стійкістю ґрунтів обходиться дешевше, ніж відновлення ґрунтів, а також відновлення їх функцій. «Навантаження, що здійснюється людьми на ґрунти в усьому світі близьке до досягнення критичної позначки», – додає Варгас, – «У відповідності з принципами, викладеними у Всесвітній хартії ґрунтів і підтримуваними ФАО, належне управління ґрунтовими ресурсами вимагає дій на всіх рівнях, починаючи з урядів і закінчуючи фізичними особами, які будуть спрямовані на сприяння сталому управлінню ґрунтами».

Що ще можна до цього додати. Лише те, що той хто бачить себе агрономом, хліборобом, який буде не лише годувати, але й примножувати багатства української нації – до яких беззаперечно належать і її родючі ґрунти – має вивчати ґрунтознавство як дисципліну, і авторський колектив цього навчального посібника надіється, що він допоможе у цьому нелегкому, але відповідальному завданні.

# РОЗДІЛ 1. ГРУНТОЗНАВСТВО ЯК НАУКА. ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ ВІТЧИЗНЯНОГО ГРУНТОЗНАВСТВА

## 1.1. Визначення ґрунтознавства як науки та сфери його інтересів

*Ґрунтознавство* – природничо-історична наука про ґрунти, їх утворення (генезис), еволюцію, будову, склад і властивості, закономірності географічного поширення як природного тіла, шляхи їх раціонального використання в різних галузях народного господарства з урахуванням формування та розвитку їх основної властивості – *родючості*, що безпосередньо впливає на рівень утворення урожаю.

**Агрономічне ґрунтознавство** – наука про ґрунти та їх взаємозв'язок з рослинами, функціонування і еволюцію орних ґрунтів, визначення шляхів їх раціонального використання, заходи окультурення та відтворення родючості.

*Основними положеннями сучасного ґрунтознавства є:*

- поняття про ґрунт як самостійне природно-історичне тіло, яке формується в часі і просторі під впливом факторів ґрунтоутворення;
- вчення про фактори ґрунтоутворення;
- концепція ґрунтоутворювального процесу як складного комплексу "елементарних" процесів;
- вчення про родючість ґрунту як його основну властивість, що забезпечує життя на Землі і є наслідком життя;
- поняття про сучасний ґрунтовий покрив як стадію в історії розвитку земної кори;
- принципи систематики і класифікації ґрунтів;
- вчення про зональність ґрунтового покриву (ґрунтові зони і зональні типи ґрунтів);
- поняття про педосферу як специфічну геосферу Землі.

Сучасне визначення ґрунту наводить **Б.Г. Розанов** в книзі «Генетична морфологія ґрунтів» (1975):

**«Ґрунт – це складна поліфункціональна і полікомпонентна відкрита багатофазна структурна система поверхневого шару кори вивітрювання гірських порід, яка являє комплексну функцію гірської породи, організмів, клімату, рельєфу, часу і володіє родючістю».**

- **Поліфункціональність ґрунту** полягає в тому, що він є одночасно природним тілом, середовищем існування багатьох живих організмів, засобом сільськогосподарського виробництва тощо.

- **Полікомпонентність ґрунту** визначається величезною різноманітністю органічних і неорганічних речовин. Ці речовини

представлені різними фізичними фазами (багатофазністю): **твердою** (мінеральні та органічні частки), **рідкою** (грунтовий розчин), **газоподібною** (грунтове повітря) і особливо виділяється **живою фазою** (організми). Грунт є відкритою системою, оскільки постійно обмінюється речовинами та енергією з навколишнім середовищем.

**Головною рисою ґрунту** – є родючість – здатність забезпечувати рослини під час їхнього росту і розвитку водою, повітрям та поживними речовинами. **Родючість** – суттєва властивість, якісна ознака ґрунту, незалежна від ступеня його кількісного прояву. Поняття про родючість ґрунту він протиставляє поняттю про безплідний камінь або масивну гірську породу.

**Ґрунт характеризується** складним структурно-організованим профілем, у якому поряд із системою генетичних горизонтів обов'язкова наявна визначена кількість гумусу, що залежить від типу ґрунтоутворення, вмісту фізичної глини та інтенсивності зволоження. Складається із твердої, рідкої, газоподібної та живої частин.

#### **Роль і місце ґрунту в природі:**

- забезпечення існування життя на нашій планеті
- забезпечення ґрунтом постійної взаємодії великого геологічного та малого біологічного кругообігів речовин на земній поверхні
- регулювання хімічного складу атмосфери та гідросфери
- регулювання біосферних процесів і зокрема щільності життя на Землі, розподілу і характеру біомаси
- акумуляція активної органічної речовини та пов'язаною з нею хімічної енергії на земній поверхні. Один грам перегною ґрунту (гумусу) – це близько 20 кДж енергії.

#### **Роль ґрунту в житті людського суспільства:**

- По-перше – базис, фізичне середовище, життєвий простір для спорудження, розміщення будівель, населених пунктів, промислових підприємств, доріг, місць відпочинку.
- По-друге – маючи родючість, ґрунт виступає як основний засіб виробництва в сільському господарстві. Посадка та вирубка лісів, обробіток ґрунту, вирощування сільськогосподарських культур, внесення добрив, хімічна меліорація, осушення і зрошення змінюють направленість ґрунтоутворних процесів, тому ґрунт не тільки предмет, а і продукт людської праці.
- По-третє – як основний засіб виробництва в сільському господарстві ґрунт має важливі особливості: незамінність, обмежуваність, непереміщення у просторі, що підкреслює необхідність бережливого ставлення до ґрунтових ресурсів, їх охорони і підвищення родючості.

Ґрунтознавство як наука використовує два основні методичні принципи:



- історико-географічний, який зобов'язує враховувати умови, шляхи утворення і вік тих елементів рельєфу, на яких формуються ті чи інші види ґрунтів. Різним елементам геоморфології відповідають відмінні за віком і властивостями підтипи ґрунтів. Подібні геоморфологічні поверхні мають близькі чи однотипові ґрунти;
- ґрунтово-геохімічний підхід вивчає хімічні процеси ґрунтоутворення в часі та просторі, відтворюючи картину руху, диференціації й акумуляції продуктів ґрунтоутворення в ландшафтах.



Рис. 1.1. Міждисциплінарні зв'язки ґрунтознавства.

Для вивчення процесів формування, розвитку ґрунтів, їх складу та властивостей ґрунтознавство використовує досягнення хімії, фізики й інших наук, а також використовує власні **методи**:

- профільний метод, суть якого в тому, що ґрунт розглядається і вивчається як сукупність взаємопов'язаних генетичних горизонтів;
- морфологічний метод – найпростіший, вседоступний і найпопулярніший серед дослідників тому він завжди в основі польової діагностики ґрунтів;
- порівняльно-географічний, в основі якого вивчення ґрунтів, їх властивостей та складу у нерозривному зв'язку з факторами ґрунтоутворення;
- порівняльно-аналітичний метод передбачає на основі хімічних, фізико-хімічних, фізичних та інших методів аналізу ґрунтових зразків визначення складу та властивостей ґрунтів;
- метод моделювання ґрунтових процесів та режимів (метод ґрунтових монолітів);
- широкого поширення останнім часом набули аерокосмічний та радіоізотопний методи.

## **1.2. Історичний ракурс становлення ґрунтознавства як науки**

Знання про ґрунт нагромаджуються з того часу, коли людина почала вирощувати рослини. Перші спроби узагальнити ці знання були ще в античній Греції: в роботах старогрецьких філософів знаходимо перші примітивні класифікації ґрунтів. Проте розвиток ґрунтознавства як науки почався пізніше.

До другої половини ХІХ ст. склалося кілька напрямів у поглядах на ґрунт. Деякі вчені розглядали ґрунт як пухку гірську породу, яка утворюється в процесі вивітрювання. Вони вважали, що рослини тільки споживають елементи живлення, які вивільняються внаслідок вивітрювання. Одні стверджували, що рослини беруть з ґрунту тільки органічну речовину (Теєр), інші (Лібіх) – тільки елементи мінерального живлення. Такі погляди, звичайно, не могли стати основою розвитку ґрунтознавства як науки.

Цінні думки про генезис і властивості ґрунтів висловив М. В. Ломоносов. Він перший назвав один з провідних факторів ґрунтоутворення – зміну гірських порід під впливом рослин. Потім з'явилися роботи Афоніна М. І. і Комова І. І., в яких висвітлювалися властивості чорноземів та інших ґрунтів.

Основоположником генетичного ґрунтознавства був В.В. Докучаєв. Він вперше дав правильне визначення ґрунту і довів, що ґрунтоутворення є складним процесом, який відбувається під впливом таких факторів: клімат, рослинність, рельєф місцевості, рослинний і тваринний світ, ґрунтоутворні породи і вік ґрунту.

Ґрунтознавство як наука виникло в нашій країні у 1925 р. Тоді у СРСР було відкрито Академію наук, яка почала організовувати експедиції для вивчення природно-географічних умов країни.

***Офіційна дата народження ґрунтознавства – 10 грудня 1883 р.***

***Етапи розвитку ґрунтознавства:***

1. ***Первинного накопичення розрізнених фактів про властивості ґрунтів***, їх родючість та способи обробітку, переважно емпіричних (отримані на основі досвіду, практики). Цей період охоплює 10-11 тисяч років до н.е., тобто з того часу, коли людина перейшла від збирання дикоростучих рослин до вирощування їх на полях;

2. ***Відокремлення знань про ґрунти та введення первинного земельного кадастру*** - за декілька тисяч літ до н.е. з'являється перше відоме земельно-водне законодавство вавілонського царя Хаммурапі, яке регламентує землета водокористування;

3. ***Первинної систематики знань про ґрунти*** (із VIII ст. до н.е. до III ст. н.е.) пов'язаний з греко-римською імперією. Особливе значення мають трактати *Катона*, *Варрона*, *Вергілія* і *Колумелли*. Колумелла прославився широтою знань про землеробство й ґрунти, зібраних у трактаті "Про сільське господарство". Давньогрецькі філософи *Аристотель* і *Теофраст* розділяли ґрунти на прекрасні, добрі, родючі, допустимі, виснажені, бідні, безплідні;

4. ***Інтенсивних земельно-кадастрових робіт епохи феодалізму***. Охоплює 15-17 ст. н.е., пов'язаний з розвитком ґрунтово-оціночних робіт з метою феодального оподаткування;

5. ***Інтенсивного експериментального й географічного вивчення ґрунтів та їх родючості (XVIII ст.)***. З'являються водна й гумусна (Тесера) теорії живлення рослин. У 1725 р. відкрита в Росії Академія Наук, почались перші дослідження ґрунтів. М.В.Ломоносов уперше висловив правильну думку про те, що розвиток ґрунтів протікає в часі в результаті взаємодії рослин і гірських порід. У 1765 р. було створене Вільне Економічне Товариство, що розширило вивчення ґрунтів на території Росії;

6. ***Розвитку агрогеології та агрокультурхмії у Європі (XIX ст.)***, де значну роль відіграли праці Вольні, Лібіха (теорія мінерального живлення рослин), Павлова. У другій половині століття активного розвитку набули праці з оцінки земель в європейській частині Росії, були складені перші оглядові ґрунтові карти;

7. ***Створення сучасного генетичного ґрунтознавства (кінець XIX ст. – початок XX ст.)***. Головна роль у цьому належить російському вченому, геологу за освітою Василю Васильовичу Докучаєву (1846-1903).

8. ***Розвитку докучаєвського ґрунтознавства й становлення науки (1916-1941 рр.)***.

9. ***Інтенсивної інвентаризації ґрунтового покриву (1941-1974 рр.)***, коли вперше було проведено великомасштабне картування ґрунтового

покриву на території колишнього СРСР, складені різноманітні ґрунтові карти та картограми, на їх основі давались рекомендації до раціонального використання земельних ресурсів, розміщення виробничих сил. Найбільш важливі досягнення цього періоду: розробка загального ґрунтово-географічного вчення про ґрунтово-біокліматичні пояси світу, про ґрунтові зони (Л.І.Прасолов, І.П.Герасимов, О.М.Іванова, М.М.Розов та ін.); розробка вчення про кори вивітрювання і про геохімію ландшафтів на основі ідей В.І.Вернадського (Б.Б.Полинов, В.А.Ковда, М.А.Глазовська); розвиток вивчення органічної речовини (І.В.Тюрін, М.М.Кононова, Л.М.Александрова, В.В.Пономарьова, Д.С.Орлов та ін.); вивчення ґрунтових процесів та режимів (А.А.Роде, І.М.Скриннікова, І.С.Кауричев); розробка шляхів підвищення родючості та меліорації ґрунтів (О.Н.Соколовський, О.М.Можейко, О.М.Грінченко, М.К.Крупський) та багато інших питань фундаментального й прикладного ґрунтознавства.

#### **10. Сучасний етап. Інтенсифікації робіт з охорони і раціонального використання ґрунтового покриву. Екологізація ґрунтознавства.**

Даному періоду притаманна інтенсифікація вивчення ґрунтового покриву. Розвивається міжнародна співпраця ґрунтознавців. Набувають розвитку теоретичні дослідження, роботи з охорони ґрунтів, комплексного окультурення і раціонального використання ґрунтів, розширеного відтворення їх родючості. В ґрунтознавстві широко застосовуються сучасні методи математики, фізики, хімії, біології і мікробіології, отримують розвиток методи моделювання ґрунтових процесів і родючості ґрунтів. Формуються нові дисципліни і наукові напрямки: агрономічне та меліоративне ґрунтознавство, морфологія, хімія, фізика, біологія, енергетика, екологія ґрунтів і багато інших. Ґрунтознавство з описової науки перетворюється в інструментальну, з облікової науки воно стає наукою управління ґрунтовою родючістю.

#### **Розвиток ґрунтознавства в Україні**

- **Перші географічні дослідження ґрунтів** було здійснено у 1888–1894 рр. В.В. Докучаєвим разом із своїми учнями – В.І. Вернадським, Г.М. Висоцьким, Г.І. Танфільєвим та ін. у Полтавській губернії (вивчено чорноземи, відкрито тип сірих лісових ґрунтів; розпочалося дослідження солонців);
- У **1926-1928** рр. у республіці обстежені ґрунти на значній території Лісостепової й Степової зон;
- Отримані дані послужили основою для **складання в 1928** р. Науковим комітетом Наркомзему УРСР першої оглядової ґрунтової карти республіки в масштабі 1:1000000.
- **1931-1932** рр. проведення агроінвентаризації ґрунтів.
- В **1934** р. О.Н.Соколовський випускає першим виданням "Курс сільськогосподарського ґрунтознавства".

- **1934-1935** рр. – обстеження орних угідь буряківничих господарств республіки, в результаті чого були складені великомасштабні ґрунтові карти господарств, а також ґрунтово-агрохімічна карта буряківничих районів України в масштабі 1:420000.

- На Україні, починаючи з **1957** р., були розгорнуті великі ґрунтово-картографічні роботи з дослідження ґрунтів і складання ґрунтових карт у кожному господарстві.

- **В кінці 60-х– в середині 70-х** років кожне господарство країни отримало ґрунтову карту в масштабі 1:10000 або 1:25000 із комплектом картограм і пояснювальним текстом до них.

- У **1960-1970** рр. при вивченні ґрунтового покриву значну увагу було приділено вивченню генезису і властивостей солонцюватих, бурих лісових, галоморфних ґрунтів, солодей, дерново-карбонатних ґрунтів, ґрунтів Передкарпаття, легких й органогенних ґрунтів.

- Наприкінці **90-х** років вийшла в світ фундаментальна монографія «Почвы Украины и повышение их плодородия». Перший том «Экология, режимы и процессы, класификация и генетико-производственные аспекты» за редакцією М.І.Полупана, в якій аналізуються фактори і умови ґрунтоутворення, дається детальна агрогенетична характеристика ґрунтів, висвітлено закономірності географічного поширення і надається класифікація ґрунтів України.

- **В останнє десятиріччя** зусилля ґрунтознавців направлені на вивчення ґрунтооекологічних умов вирощування сільськогосподарських культур, питань моніторингу і управління родючістю ґрунтів, агроекологічної оцінки земель, вивчення земельних ресурсів України, розробці шляхів підвищення родючості та охорони ґрунтів.

- **На даний час** дослідженнями ґрунтів України займаються науковці ІГАН ААНУ ім. О.Н. Соколовського, проектного інституту «Землеустрою», кафедр ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. М.К. Шикуні НУБіП та ґрунтознавства Харківського НАУ ім. В.В. Докучаєва, а також співробітники інших наукових установ та навчальних закладів України.

**Дані про ґрунти країни підсумовані в таких виданнях:**

- **1973р.** – «Агрохимическая характеристика почв Украинской ССР» (Н. К. Крупский, В.П. Кузмичев);

- **1979р.** – «Атлас почв Украинской ССР (Н.К. Крупский, Н.И. Полупан)»;

- **1981р.** – «Полевой определитель почв» (Н.И. Полупан, Б.С. Носко, В. П. Кузмичев) та «Черноземы СССР»;

- **1986р.** – Природа Украинской ССР. Почвы. (под ред. Н.Б. Вернандер);

- **1988р.** – Почвы Украины и повышение их плодородия (в 2-х томах).

## Основні здобутки вітчизняного ґрунтознавства у діяльності видатних вчених-ґрунтознавців

**Василь Васильович Докучаєв** (1846-1903) був творцем наукової дисципліни – генетичного ґрунтознавства. Початковим етапом розвитку



В. В. Докучаєв

якого вважається березень 1877 року, коли по дорученню Вільного економічного товариства досліджував чорноземи європейської частини Росії. Він вперше дав правильне визначення ґрунту і довів, що ґрунтоутворення є складним процесом, який відбувається під впливом таких факторів: клімат, рельєф місцевості, рослинний і тваринний світ, ґрунтоутворні породи і вік ґрунту, вивчав особливості утворення, властивості, географічне поширення та шляхи підвищення родючості чорноземних ґрунтів. На основі цих досліджень написав працю «Русский чернозем» (1883 р.), яку по праву вважають початком наукового ґрунтознавства. Досліджуючи чорноземи, сірі лісові та дерново-підзолисті ґрунти

Полтавської губернії він створив першу наукову класифікацію ґрунтів і сформулював закон зональності їх поширення, встановив безперервну зміну ґрунту у часі та просторі. Одночасно В.В. Докучаєв вивчає принцип порівняльної оцінки ґрунтової родючості (бонітування), а у праці «Наши степи прежде и теперь» (1899) розглядає міроприємства по перетворенню степу, покращенню водного режиму і створенню стійкого до посух степового землеробства. Ним розроблені основи і методи картографування ґрунтів, методи дослідження ґрунтів і заходів щодо поліпшення властивостей та підвищення їх родючості.

В. В. Докучаєв вважав, що ґрунт є основним природним багатством країни і що вивчення ґрунтів країни є загальнонародною справою. Йому як основоположнику науки про ґрунт належить розроблення методів дослідження ґрунтів і заходів щодо поліпшення властивостей та підвищення їх родючості. Він вивчав не тільки окремі фактори і явища природи, але і закономірний зв'язок між ними. Вчення В. В. Докучаєва сприяло розвитку геології, геоботаніки, геохімії, агрономії, лісівництва та інших наук.

Значний вклад у розвиток ґрунтознавства внесли такі видатні російські вчені, як Д. М. Прянішников, П. А. Костичев, М. М. Сибірцев, П. С. Косович, В. Р. Вільямс, О. О. Ізмаїльський, К. К. Гедройц, Л. І. Прасолов та ін.

**Павло Андрійович Костичев** (1845–1895) – сучасник В.В. Докучаєва і



П. А. Костичев

творець агрономічного ґрунтознавства. За своїми поглядами на ґрунт був представником біологічного напрямку. Він встановив, що ґрунтоутворення є насамперед біологічним процесом і розвивається обов'язково за участю живих організмів, особливо рослин. П.А. Костичев виступив проти положень В.В. Докучаєва, який в той час перше місце серед факторів ґрунтоутворення відводив клімату. П.А. Костичев твердив, що утворення гумусу у ґрунті залежить від діяльності мікроорганізмів. У своїх працях П.А. Костичев приділяв велику увагу вивченню органічної частини ґрунту та питанням відновлення його структури. Він підкреслював, що система обробітку ґрунту повинна бути тісно пов'язана з ґрунтово-кліматичними і погодними умовами.

П.А. Костичев перший почав освоювати лабораторний метод дослідження ґрунтів, багато працював над вивченням властивостей чорноземів і на основі своїх досліджень написав класичну працю «Почвы черноземной области России» (1886).



**Микола Михайлович Сибірцев** (1860–1900) написав перший підручник з ґрунтознавства (виданий у 1900 р.), в якому узагальнив і творчо розвинув вчення В. В. Докучаєва і П. А. Костичева. Процеси ґрунтоутворення, за М. М. Сибірцевим, – це складна взаємодія геологічних і біологічних процесів. Він розробляв питання утворення ґрунтів і законів їх зонального поширення. В його роботах розглядалися питання картографії і бонітування ґрунтів.



К. К. Гедройц

**Петро Семенович Косович** (1862–1915) свої праці присвятив вивченню проблеми живлення рослин, зокрема засвоєння рослинами фосфорної кислоти і впливу на цей процес самої рослини, ґрунту і добрив. Значну увагу приділив фізичним властивостям ґрунту, зокрема вивчав вологемність і характеризував її види. П.С. Косович не тільки систематизував усе те, що було відомо про ґрунт, а й розробив нові питання про генезис і класифікацію різних

грунтів. Він написав оригінальний підручник «Основы учения о почве».

**Костянтин Каєтанович Гедройц** (1872-1932) – видатний ґрунтознавець. Він перший досліджував взаємодію між ґрунтом, рослиною і добривами, встановивши, що процеси живлення рослин залежать від ґрунтових колоїдів, складу увібраних катіонів, реакції ґрунтового розчину тощо.

Праці К. К. Гедройца про ґрунтові колоїди і вбирну здатність ґрунтів стали основою сучасних поглядів на фізико-хімічну суть ґрунтотворних процесів і способів поліпшення властивостей та підвищення родючості ґрунтів.

**Василь Робертівч Вільямс** (1863-1939) – відомий ґрунтознавець і агроном, вивчав ґрунт не тільки як природне тіло, а й як засіб виробництва. Він показав провідну роль біологічних факторів у процесах ґрунтоутворення і дійшов висновку, що суть ґрунтоутворного процесу полягає в постійній взаємодії біосфери з літосферою.



Вчений довів, що основною ознакою всіх ґрунтів є родючість і будь-який процес ґрунтоутворення розглядав передусім як процес створення родючості ґрунтів. Виняткового значення надавав В. Р. Вільямс структурі ґрунту, вважаючи, що вона створюється тільки багаторічними травами, які кореневою системою поділяють ґрунтову масу на окремі дрібні грудочки (агрегати). Після відмирання трав і розкладу коріння ґрунт збагачується на гумус. Проте В. Р. Вільямс не надавав належного значення однорічним рослинам у створенні структури. Його твердження взагалі призвело до неправильного трактування домінуючого значення багаторічних трав.

**Володимир Іванович Вернадський** (1863-1945) є основоположником нової науки – геохімії, з якої з часом виділилися нові галузі – геохімія вугілля, нафти, газу та різних металів, геохімія морів, осадових порід, окремих геосфер та ін.



В. І. Вернадський

Тепер без геохімії не можуть розвиватися не тільки геологія, а й ґрунтознавство, агрохімія, фізіологія рослин і тварин, а також медицина.

З геохімії виділилася біогеохімія, яка вивчає склад живих організмів і участь живої речовини та продуктів її розкладу в процесах міграції, перерозподілу і нагромадження хімічних елементів. Геохімія, зокрема біогеохімія, щільно пов'язана з ґрунтознавством.



У свій час В. І. Вернадський твердив, що ґрунти є місцями міграції атомів в біосфері, багато з яких протягом незначного проміжку часу «проходять» крізь живі організми. Це особливо стосується таких елементів, як азот, молібден, радій, сірка, бор, фосфор, натрій, хлор, кальцій, бром.



О. Н. Соколовський

**Олексій Никанорович Соколовський** (1884-1959) зробив багато для розкриття ролі колоїдів в утворенні ґрунтової структури та поліпшенні фізичних властивостей ґрунту. Він вивчав ґрунтовий покрив УРСР і написав перший

підручник з ґрунтознавства в Українській РСР.

Значну роль відіграли праці радянських учених у дослідженні генезису і класифікації ґрунтів, складанні ґрунтових карт, в розробці наукових основ сучасної картографії, обліку земель, бонітуванні ґрунтів тощо.

**Леонід Іванович Прасолов** (1875-1954) – один з видатних ґрунтознавців, є автором ґрунтових карт СРСР і ґрунтових карт світу.

В останні десятиріччя багато зроблено для всебічного вивчення ерозії і меліорації ґрунтів. Заслужують на увагу праці вчених-ґрунтознавців і агрохіміків К.Д. Глінки, С.О. Захарова, С.С. Неструєва, Б.Б. Полинова, В.А. Ковди, І.А. Антипова-Каратаєва, О.Н. Соколовського, А.А. Роде, К.П. Горшеніна, Д.Г. Віденського, М.О. Качинського, І.П. Герасимова, С.С. Соболева, І.В. Тюріна, М.М. Кононової, Л.М. Александрової, Г.М. Самбура, Н.Б. Вернандера, М.М. Годліна, М.К. Крупського, Г.С. Гриня та ін. Протягом останніх років ґрунтознавство перестало бути описовою наукою, як це було в минулому.

**Отже, наука про ґрунти вивчає мінералогічні, хімічні, механічні, біологічні та інші процеси у ґрунті та взаємозв'язок і взаємозумовленість цих процесів. Вивчення ґрунтів і раціональне використання їх – основна мета ґрунтознавства.**

### 1.3. Основні функції та енергетика ґрунту

Всі біогеоценологічні функції ґрунтів Євгеном Дмитровичем Нікітіним і Глібом Всеволодовичем Добровольським (1986) об'єднані в кілька груп по контролюючим їх властивостям і параметрам ґрунтів.

**Основна функція ґрунту** – це умова існування і еволюції організмів. **Найбільш інтегральна функція** – це ґрунтова родючість, тісно пов'язана з усіма іншими.

#### **І. Функції ґрунту, зумовлені його фізичними властивостями**

- Життєвий простір.
- Житло і притулок.
- Механічна опора.

– Депо насіння.

**II. Функції ґрунту, пов'язані переважно з його хімічними та біохімічними властивостями (рис. 1.2).**

– Джерело елементів живлення.

– Депо вологи, елементів живлення і енергії.

– Стимулятор і інгібітор біохімічних та інших процесів.

**III. Функції ґрунту, які визначаються в основному фізико-хімічними параметрами**

– Сорбція тонкодисперсної речовини, що надходить з атмосфери з боковим і ґрунтовим водним потоком і рослинним опадом.

– Сорбція мікроорганізмів, що мешкають у ґрунті, ґрунтовому дрібноземі.

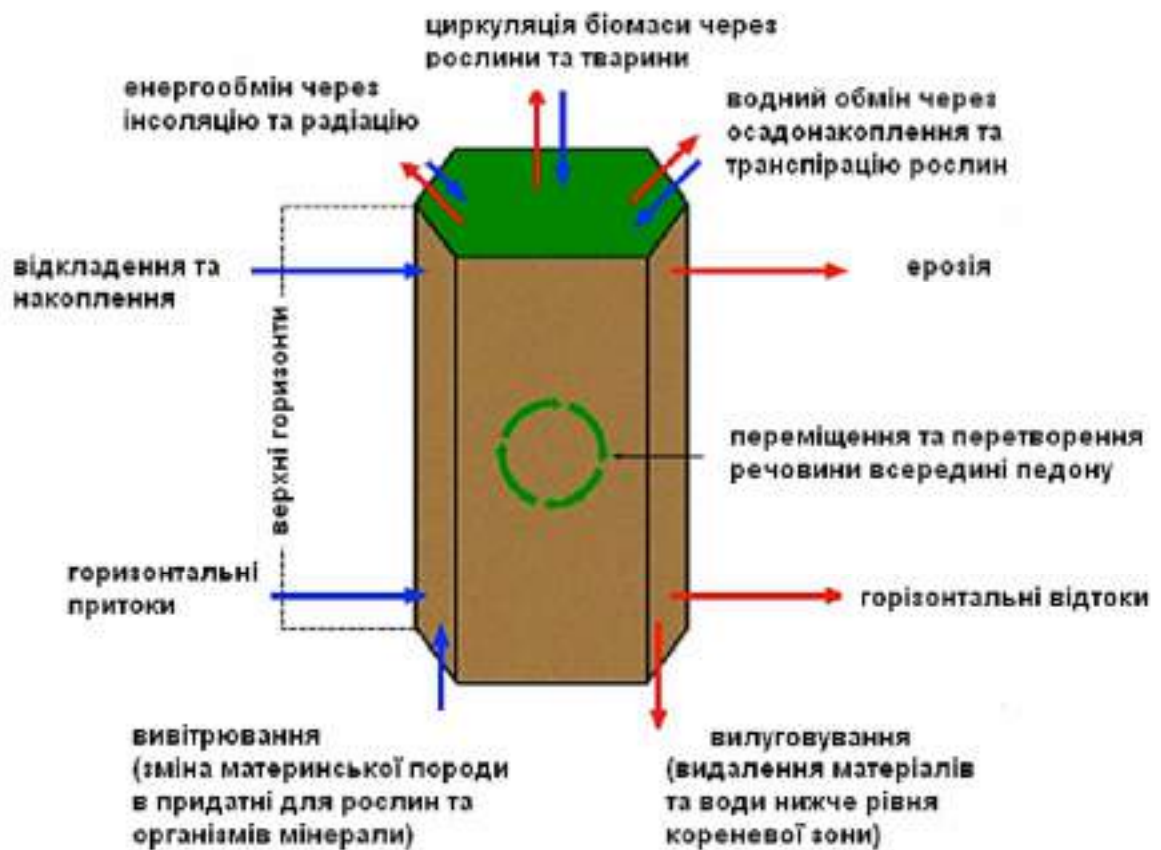


Рис. 1.2. Загальна схема обмінних процесів у ґрунті (за В.В. Назимко та ін., 2008).

**IV. Інформаційна функція ґрунту**

– Функція сигналу для сезонних і інших біологічних процесів.

– Регуляція чисельності, складу і структури біоценозів.

– Пусковий механізм деяких сукцесій.

– «Пам'ять» біогеоценозу (ландшафту).

**V. Цілісні біогеоценологічні функції ґрунту**

– Біогеоценоз по Б.М. Міркіну – це однорідна ділянка наземної екосистеми. А екосистема – це сукупність організмів і навколишнього середовища.

– Трансформація речовини і енергії, що перебуває або надходить у біогеоценоз.

– Санітарна функція ґрунтів.

– Функція захисного і буферного біогеоценотичного екрану.

#### **VI Глобальні функції ґрунтового покриву**

– Біохімічне перетворення верхнього шару літосфери.

– Ґрунт як джерело речовини для утворення порід і корисних копалин.

– Передача акумульованої сонячної енергії і речовини атмосфери в надра Землі.

– Ґрунт як захист від надмірної ерозії, бар'єр літосфери і умова її нормального розвитку.

#### **VII. Ґрунт і гідросфера, гідрологічні функції ґрунту**

– Трансформація ґрунтом атмосферних опадів по профілю до ґрунтової води.

– Участь ґрунту у формуванні річкового стоку і водного балансу.

– Ґрунт як фактор біопродуктивності водойм за рахунок принесених сполук.

#### **VIII. Ґрунт і атмосфера**

– Поглинання та відбиття ґрунтом сонячної енергії (радіації).

– Ґрунт як джерело твердих речовин і мікроорганізмів, які надходять в атмосферу.

– Ґрунт як регулятор газового режиму біосфери.

#### **VII Загальнобіосферні екологічні функції ґрунту**

– Функція середовища проживання для організмів суші.

– Функція ґрунту як акумулятора і джерела речовин і енергії для організмів суші.

– В цю групу входить також ґрунтова функція сполучної ланки біологічного і геологічного кругообігів.

#### ***Енергетика ґрунтоутворення***

Процеси надходження, трансформації та переносу енергії в біосфері в цілому і в окремі її компоненти останнім часом все більше привертають увагу вчених. Енергетичні зміни, що відбуваються в природі – це область досліджень, що охоплюється поняттями і концепціями термодинаміки (рис. 1.3).

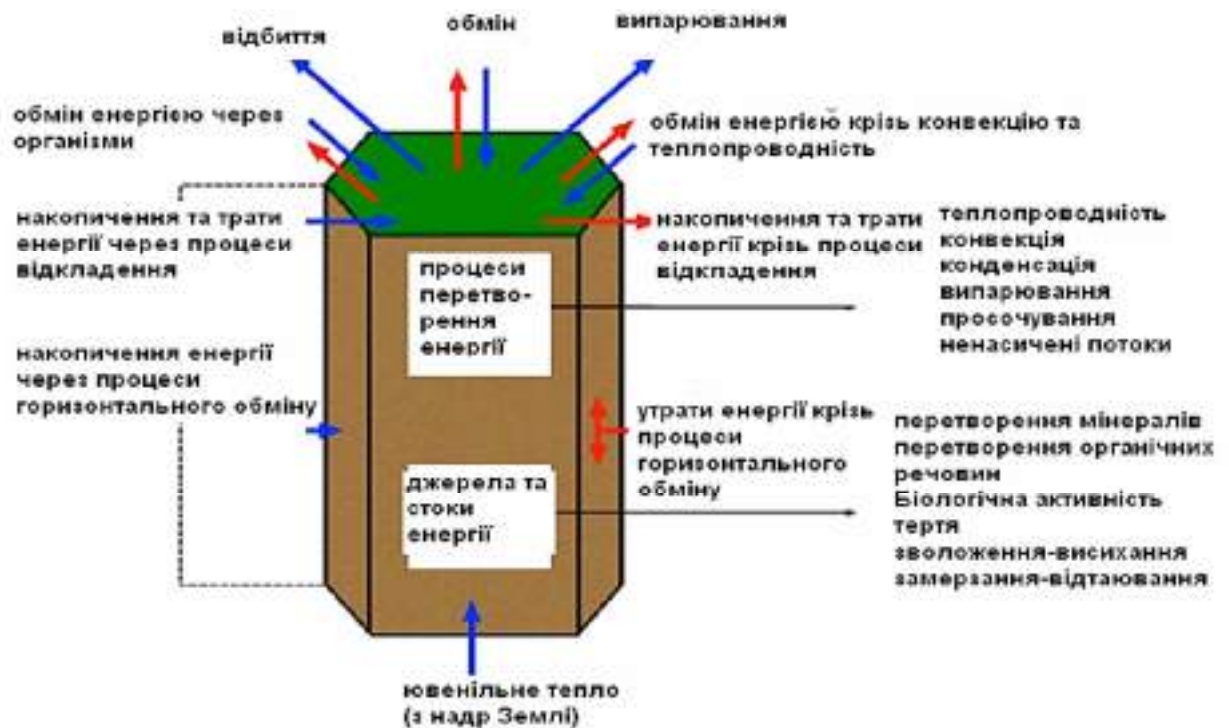


Рис. 1.3. Загальна схема потоків енергії у ґрунті (за В.В. Назимко і ін., 2008).

**Реальний ґрунт** – це складна гетерогенна, багатозфазна, відкрита система, що знаходиться в постійному масо- і енергообміні з навколишнім середовищем, оскільки вона є компонентом біогеоценозу (екосистеми). В термодинамічному сенсі всі природні процеси, і в тому числі процеси вивітрювання і ґрунтоутворення, є незворотними.

**Джерела надходження енергії в ґрунт.** Головним і основним джерелом надходження енергії в ґрунт є сонячна радіація. Вся поверхня Землі одержує за рік від Сонця, за приблизними оцінками,  $21 \times 10^{20}$  Дж тепла.

Основна частина цієї енергії витрачається на випаровування води з поверхні суші та океану, на формування клімату та океанічних течій. Фотосинтезуючі організми (зелені рослини) засвоюють в середньому 0,2-0,5% сонячної енергії.

У ґрунті енергія в основному акумулюється в гумусі. Підрахунки М.М. Конової (1974) показують, що в ґрунтовій оболонці Землі зосереджено близько 2500 млрд. т гумусу або  $10^{19}$  ккал. Це кількість співрозмірна з енергією, заключеної в біомасі суші. Щорічне утворення гумусових речовин у перерахунку на вуглець становить 1-2 млрд. т. Період формування запасу гумусу становить 800-1500 років. В даний час у зв'язку з широким освоєнням ґрунтового покриву і посиленням ерозії ґрунтів відбувається зменшення світових запасів гумусу. **В рік зменшується на 1,2-1,4 млрд. т, а за останні 100 років втрачено близько 400 млрд. т гумусу.** При ґрунтоутворенні і вивітрюванні відбуваються суттєві зміни також і енергії мінеральної частини ґрунту. Вони обумовлені руйнуванням первинних мінералів, синтезом вторинних мінералів і збільшенням ступеня дисперсності первинних гірських

порід. Крім того, енергія накопичується в ґрунтового розчині, ґрунтового повітрі і живій органічній речовині, синтезованій в цьому ґрунті.

### **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Визначте поняття "ґрунт ", охарактеризуйте етапи його становлення.
2. Визначте місце ґрунту в наземних екосистемах.
3. Охарактеризуйте ґрунтознавство як науку, його основні положення.
4. Обґрунтуйте зв'язок ґрунтознавства з іншими науками і назвіть основні розділи ґрунтознавства.
5. Дайте коротку характеристику основних етапів розвитку ґрунтознавства.
6. Дайте порівняльну характеристику основних методів вивчення ґрунту.
7. Назвіть головні методологічні принципи генетичного ґрунтознавства.
8. Назвіть основні методи досліджень, які використовуються в ґрунтознавстві.
9. Визначте місце та роль ґрунту в природі та діяльності людини. Яке значення має ґрунтознавство для біології, сільського господарства та фізичної і економічної географії?
10. Обґрунтуйте поняття "ґрунт – дзеркало ландшафту".
11. Чому ґрунт є основним засобом виробництва у сільському господарстві?

## РОЗДІЛ 2. ХІМІЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТУ

### 2.1. Фазова структура ґрунту

Ґрунт складається з мінеральних, органічних і органо-мінеральних речовин. За хімічним складом він відрізняється від вихідних порід, що утворюють ґрунт.

Головні особливості хімічного складу ґрунту – наявність органічних сполук і в їхньому складі специфічної групи – гумусових речовин, які характеризуються мінливістю (динамічністю) складу в часі. Джерело мінеральних сполук ґрунту – гірські породи, з яких складається літосфера. Органічні речовини потрапляють у ґрунт у результаті життєдіяльності організмів, що населяють ґрунт. Взаємодія мінеральних і органічних речовин створює складний комплекс органо-мінеральних сполук ґрунту.

Мінеральна частина становить 80-90% і більше від маси ґрунту і тільки в органогенних ґрунтах знижується до 10% і менше. У складі ґрунтів виявлені майже усі відомі хімічні елементи (табл 2.1, рис. 2.1, 2.2).

**83 Naturally Occurring Elements**

H																			He
Li	Be											B	C	N	O	F			Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl			Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br			Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo		Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I			Xe
Cs	Ba	<i>Ln</i>	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi					

La	Ce	Pr	Nd		Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	Th		U											

Рис. 2.1. Перелік елементів, які зустрічаються у ґрунтовому шарі нашої планети.

Таблиця 2.1

Розповсюдженість хімічних елементів на Землі, маса %

№ елемента	Символ елемента	В земній корі	У воді океанів	В атмосфері	В біосфері
1	H	1,00		0,000033	10,5
2	He	$1 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-10}$	0,000072	сліди
3	Li	0,0032	$1,5 \times 10^{-5}$		$1 \times 10^{-5}$
4	Be	0,00038	$6 \times 10^{-11}$		сліди
5	B	0,0012	$4,6 \times 10^{-4}$		$1 \times 10^{-3}$
6	C	0,023	$2,8 \times 10^{-3}$	0,0151	18,0
7	N	0,0019	$5 \times 10^{-5}$	75,510	0,3
8	O	47,0		23,1811	70,0
9	F	0,066	$1,3 \times 10^{-4}$		$5 \times 10^{-4}$
10	Ne	$5 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-8}$	0,00125	сліди
11	Na	2,50	1,03554		0,02
12	Mg	1,87	0,1297		0,04
13	Al	8,05	$1 \times 10^{-6}$		$5 \times 10^{-3}$
14	Si	29,0	$3 \times 10^{-4}$		0,2
15	P	0,093	$7 \times 10^{-6}$		0,07
16	S	0,047	0,089		0,05
17	Cl	0,017	1,93534		0,02
18	Ar	$4 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$	1,2800	сліди
19	K	2,5	0,03875		0,3
20	Ca	2,96	0,0408		0,5
21	Sc	0,001	$4 \times 10^{-9}$		сліди
22	Ti	0,45	$1 \times 10^{-7}$		$8 \times 10^{-4}$
23	V	0,009	$3 \times 10^{-7}$		$10^4$
24	Cr	0,0083	$2 \times 10^{-9}$		$10^4$
25	Mn	0,10	$2 \times 10^{-7}$		$1 \times 10^{-3}$
26	Fe	4,65	$1 \times 10^{-6}$		0,01
27	Co	0,0018	$5 \times 10^{-8}$		$2 \times 10^{-5}$
28	Ni	0,0058	$2 \times 10^{-7}$		$5 \times 10^{-5}$
29	Cu	0,0047	$3 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$
30	Zn	0,0083	$1 \times 10^{-6}$		$5 \times 10^{-4}$
31	Ga	0,0019	$3 \times 10^{-9}$		сліди
32	Ge	$1,4 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-9}$		$10^4$
33	As	$1,7 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-7}$		$3 \times 10^{-5}$
34	Se	$5 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-8}$		$10^{-6}$
35	Br	$2,1 \times 10^{-3}$	$6,6 \times 10^{-4}$		$1,5 \times 10^{-3}$
36	Kr	$2 \times 10^{-8}$	$3 \times 10^{-8}$	0,00029	сліди
37	Rb	0,015	$2 \times 10^{-5}$		$5 \times 10^{-4}$
38	Sr	0,034	$8 \times 10^{-4}$		$2 \times 10^{-3}$
39	Y	0,0029	$3 \times 10^{-8}$		сліди
40	Zr	0,017	$5 \times 10^{-9}$		сліди
41	Nb	0,002	$1 \times 10^{-9}$		
42	Mo	$1,1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-8}$		$1 \times 10^{-5}$
44	Ru	$5 \times 10^{-6}$			сліди
45	Rh	$1 \times 10^{-6}$			сліди

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
46	Pd	$1,3 \times 10^{-6}$			$5 \times 10^{-5}$
47	Ag	$7 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-8}$		сліди
48	Cd	$1,3 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-8}$		сліди
49	In	$2,5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-9}$		
50	Sn	$2,5 \times 10^{-1}$	$3 \times 10^{-7}$		$5 \times 10^{-5}$
51	Sb	$5 \times 10^{-5}$	$510^{-8}$		сліди
52	Te	$1 \times 10^{-1}$	×		сліди
53	I	$4 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-6}$		$1 \times 10^{-5}$
54	Xe	$3 \times 10^{-9}$		0,000036	сліди
55	Cs	$3,7 \times 10^{-4}$	$3,7 \times 10^{-8}$		$1 \times 10^{-5}$
56	Ba	0,065	$2 \times 10^{-6}$		$3 \times 10^{-3}$
57	La	$2,9 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^{-10}$		сліди
58	Ce	$7 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-10}$		сліди
59	Pr	$9 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-11}$		сліди
60	Nd	$3,7 \times 10^{-3}$	$2,3 \times 10^{-11}$		сліди
62	Sm	$8 \times 10^{-4}$	$4,2 \times 10^{-11}$		сліди
63	Eu	$1,3 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-10}$		сліди
64	Gd	$8 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-11}$		сліди
65	Tb	$4,3 \times 10^{-4}$			сліди
66	Dy	$5 \times 10^{-4}$	$7,3 \times 10^{-11}$		сліди
67	Ho	$1,7 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{-11}$		сліди
68	Er	$3,31 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-11}$		сліди
69	Tm	$2,7 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-11}$		сліди
70	Yb	$3,3 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-11}$		сліди
71	Lu	$8 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-10}$		сліди
72	Hf	$1 \times 10^{-4}$			сліди
73	Ta	$2,5 \times 10^{-4}$			сліди
74	W	$1,3 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-5}$		сліди
75	Re	$7 \times 10^{-8}$			сліди
76	Os	$5 \times 10^{-6}$			сліди
77	Ir	$1 \times 10^{-6}$			сліди
78	Pt	$2 \times 10^{-5}$			сліди
79	Au	$4,3 \times 10^{-7}$	$4 \times 10^{-10}$		сліди
80	Hg	$8,3 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-9}$		$10^{-7}$
81	Tl	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-9}$		сліди
82	Pb	$1,6 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-9}$		
83	Bi	$9 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-8}$		сліди
84	Po	$2 \times 10^{-14}$			
86	Rn	$7 \times 10^{-10}$	$6 \times 10^{-20}$		
88	Ra	$2 \times 10^{-10}$	$1 \times 10^{-14}$		
89	Ac	$6 \times 10^{-14}$	$6 \times 10^{-20}$		
90	Th	$1,3 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-9}$		сліди
91	Pa	$7 \times 10^{-11}$	$5 \times 10^{-15}$		
92	U	$2,5 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-7}$		$10^{-6}$



Середні цифри, що показують вміст окремих елементів у літосфері і ґрунтах, стали називати кларками. Вміст окремих хімічних елементів у літосфері і ґрунті коливається в широких межах.

**Тверда фаза ґрунту** складається з механічних (неорганічних) елементів та органічних речовин. Неорганічні компоненти ґрунтів мають найменші розміри часточок до 2 нм. Багато глинистих матеріалів утворюють шаруваті структури, в яких атоми кожного шару міцно пов'язані з сусіднім шаром і слабо з наступними шарами. В цих шарах містяться тетраедричний іон  $\text{SiO}_4^{4-}$  та октаедричний комплекс  $\text{MX}_6^{(n-6)}$ , де  $\text{M}^{n+}$  – метал та  $\text{X}^{m-}$  – аніон. В результаті полімеризації цих двох структурних одиниць утворюється типова структура глинистих мінералів.

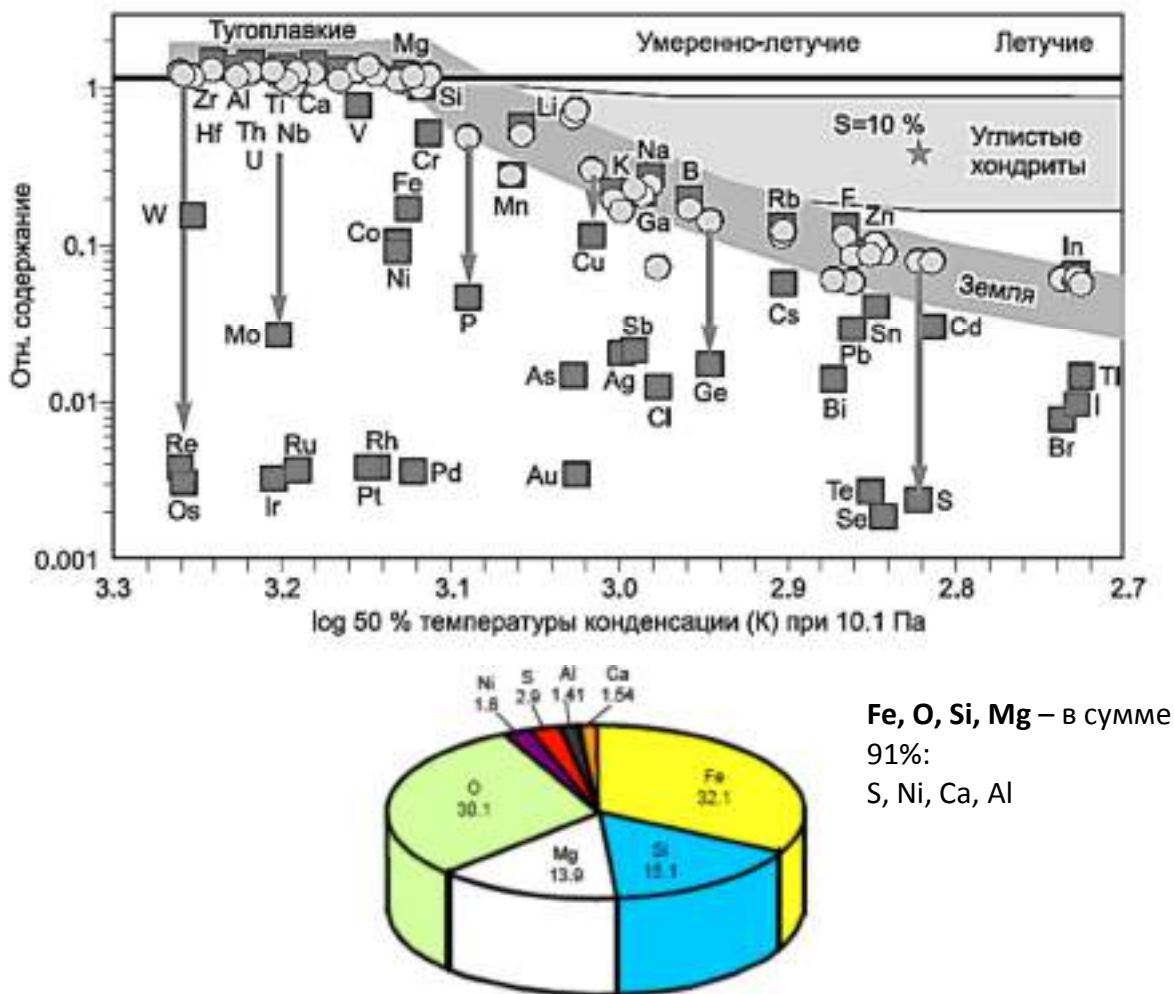


Рис. 2.2. Відносний вміст елементів у твердій фазі ґрунту (мовою оригіналу).

На додаток до силікатних шарів глиниста фракція ґрунтів може містити різноманітні мінерали такі як оксиди, карбонати металів, сульфат кальцію. Оксиди металів (в основному оксиди заліза та алюмінію) зустрічаються в будь-яких ґрунтах. Вони входять до складу первинних і вторинних мінералів та утворюють кристали різних розмірів і форм. Наприклад, оксидів заліза, таких як гематит –  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , або магнетит -  $\text{P-Fe}_2\text{O}_3$ . Алюміній може бути у вигляді  $\text{Al}(\text{OH})_3$  та P-форми  $\text{AlOOH}$ . Часточки сполук алюмінію малі за розмірами, але

більші, ніж часточки оксидів заліза. Оксиди інших металів мають менші розміри (біля 10 nm). Сполуки заліза та алюмінію визначають реакцію ґрунтового розчину та приймають участь у процесах структуроутворення. Потрібно також відмітити, що обмінний і водорозчинний алюміній погіршує мінеральне живлення рослин, переводячи фосфор у важкорозчинні фосфати та перешкоджаючи поглинанню двовалентних катіонів. Під його впливом погіршується розвиток кореневої системи та порушується вуглецевий і азотний обмін у рослинах.

Оксиди металів, які знаходяться в ґрунтах, грають велику роль в окисно-відновних процесах, які відбуваються на поверхні ґрунтів. Багато ґрунтів містять великі кількості розчинного карбонату кальцію та сульфату кальцію.

**Органічна фракція ґрунту** – це гетерогенна суміш продуктів мікробіологічного та хімічного розкладу органічних залишків. І хоча органічна фракція часто складає лише невелику частину твердої фази ґрунту, ця фракція найбільш сильно впливає на хімічні, фізичні та фізико-механічні властивості ґрунтів в цілому.

Основні органічні речовини ґрунту – це **гумусові речовини**. Гумусові речовини – це аморфні полімерні сполуки коричневого кольору. Вони класифікуються за розчинністю на **гумінові кислоти** (розчинні в лугах і нерозчинні в кислотах), **фульвокислоти** (розчинні і в лугах і в кислотах), **гумус** (нерозчинний в лугах), **гіматомеланову кислоту** (спирторозчинна фракція гумінової кислоти). Також до гумусових речовин відносять численні сполуки такі як полісахариди, поліпептиди, лігніни, які можуть бути синтезовані мікроорганізмами або утворюються в результаті хімічних перетворень. Середня молекулярна маса гумінових кислот лежить між 10000 та 50000, типова фульвокислота має молекулярну масу 500-7000.

**Гумусова фракція ґрунтів** – це колоїдний комплекс, який включає довголанцюжкові молекули або 2-х, 3-х розгалужені молекули, розмір та об'єм яких в розчині диктується величиною рН та наявністю нейтральних солей. Так, в нейтральному або слабколужному ґрунті молекули знаходяться в більш дисперсному стані за рахунок відштовхувань заряджених часточок. В кислому ґрунті з великою кількістю солей молекули агреговані в результаті зменшення заряду. Деякі великі органічні молекули мають гідрофобні властивості, що впливає на їх взаємодію з неіонними речовинами. Найбільш значні взаємодії в твердій фазі ґрунтів відбуваються між органічними сполуками та поверхнею мінеральних (глинистих) компонентів. При таких взаємодіях має місце іонний обмін між амінами та N- гетероциклічними сполуками, аніонами та лігандами (в першу чергу, за участю карбонат-іону), Ван-дер-Ваальсові взаємодії (за участю незаряджених неорганічних сполук або неполярних органічних функціональних груп). В природному ґрунті найбільш значні взаємодії мають місце між глинистими мінералами, наприклад алюмосилікатами, та гуміновими і фульвокислотами, які мають різні функціональні групи, здатні до зв'язування з мінеральними сполуками.  $Fe^{3+}$  та  $Al^{3+}$  утворюють комплексні сполуки з гуміновими кислотами через міцні координаційні зв'язки. Сполуки кальцію з гуміновими кислотами слабші, хоча кальцій і може утворювати міцні зв'язки.

Складові твердої фази ґрунтів найкраще класифікувати за площею поверхні. В ґрунтах з малою загальною поверхнею поглинання забруднювачів відбувається як у вигляді розчинів, так і у пароподібному вигляді. В той час як в ґрунтах з великою загальною поверхнею має місце не лише насичення забруднювачами, а і їх хімічна деградація за рахунок більшого часу утримування в ґрунті.

**Рідинна та газова фази** займають систему пор, яка міститься між агрегованими часточками ґрунту. Рідинну фазу складають неорганічні іони та розчинні органічні сполуки, які містяться в водному розчині ґрунту. Рідинна фаза ґрунтів являє собою водний розчин, склад та реакційна здатність якого обумовлюються речовинами, які потрапили в цей розчин при його взаємодії з твердою фазою, біологічними системами та повітрям ґрунту. Рідинна фаза ґрунтів - це електролітичний розчин, в якому знаходиться багато неорганічних та органічних іонів в додаток до неіонізованих молекул. Концентрація іонів в ґрунтовому водному розчині визначається процесами окиснення, відновлення, сорбції, осадження та десорбції.

Рідинну фазу ґрунтів можна поділити на дві частини. Одна частина безпосередньо контактує з твердою фазою. Це найбільш важливі поверхневі реакції, які проходять в порах ґрунтів, в невеличких краплях рідинної фази. Інша частина рідинної фази – це "вільна" водна зона, яка відповідає за транспортування розчинів речовин і самої води в ґрунті.

Склад рідинної фази ґрунтів обумовлений атмосферними, іригаційними, повеневими водами, використанням пестицидів та фунгіцидів, стічними водами різних підприємств.

Вода може утримуватися оксидами заліза та алюмінію та гідроксидами металів через гідроксильні групи, катіони металів теж координують молекули води. Також вода утримується на поверхні органічних сполук (в основному полярних, які мають карбоксильні, фенольні, оксидні, амінні, альдегідні та ефірні групи). Карбонат-іони та карбонати металів мають високу спорідненість до водних розчинів. В природі існує рівновага між твердою, рідкою та газовою фазою в ґрунтах.

**Хімічні властивості водного розчину ґрунтів** обумовлюються кислотністю або лужністю ґрунтів (рН ґрунтів); солонцюватістю ґрунтів або загальним вмістом солей (розраховується як вміст розчинних речовин або як електропровідність розчину – іони  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ); вмістом неорганічних мікроелементів, таких як більшість лужноземельних, перехідних та важких металів; вмістом органічних мікроречовин.

**Газова фаза ґрунтів** може розглядатися як атмосфера ґрунту, де знаходяться найбільш леткі органічні та неорганічні сполуки у вигляді пари в порах ґрунту. Газова фаза ґрунту за своїм складом подібна до атмосфери, яка міститься над ґрунтом. Об'єм газової фази ґрунту обумовлюється пористістю ґрунту та вмістом вологи в ньому. У ґрунтовому повітрі присутні основні атмосферні гази  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ . Кількість вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі приблизно в 8 разів вища, ніж в повітрі над ґрунтом. Оксиди азоту також можуть бути в складі газової фази. Однак, внаслідок високої реакційної

здатності оксидів азоту з хімічними та біологічними речовинами, вони довго в ґрунті не затримуються. Як правило, вміст кисню в аеробних ґрунтах – біля 20% газової фази, а CO<sub>2</sub> – між 1 та 2%. З іншого боку, вміст CO<sub>2</sub> може досягати 10% для ґрунтів з високим вмістом вологи, а вміст кисню може зменшуватися. Склад повітря у ґрунті залежить від культивації та від розчинення летких сполук в ґрунтовій воді. Він змінюється з глибиною і місцем відбору ґрунтових зразків.

Розчинність газів у воді залежить від типу газу, температури, концентрації солей, парціального тиску газів в атмосфері. Найбільш розчинні та іонізовані у воді гази – це CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> та H<sub>2</sub>S. Кисень та азот - найменш розчинні гази.

**Мінеральну частину ґрунтів** становлять силікати та алюмосилікати, домінуючими компонентами яких є сполуки силіцію, алюмінію, заліза та кисню. Сумарний вміст цих сполук становить понад 80-85%. Також до складу ґрунтів у значних кількостях входять сполуки магнію, кальцію, натрію, титану, мангану, фосфору (фосфати), сірки (сульфати) та неорганічного та органічного вуглецю. З органічних компонентів до валового складу ґрунтів входять органічний вуглець (C<sub>орг</sub>) та азот (K<sub>орг</sub>) (табл. 2.2 а, б). Крім цього, повітряно-сухі ґрунти залежно від їх дисперсності містять до 10% гігроскопічної води.

Таблиця 2.2 а

Найбільш поширений вміст основних компонентів та мікрокомпонентів у ґрунтах та донних відкладах

Компонент	Концентрація, мг/л в донних відкладах водосховищ Дніпра	Концентрація, мг/л в ґрунтах водозабірної площі Дніпра
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01-0,5	0,1-0,2
C <sub>орг</sub>	0,1-3	0,1-6
CO <sub>2</sub>		0,1-7,1
SO <sub>3</sub>		0,01-1
MnO		0,05-0,3
TiO <sub>2</sub>		0,3-0,7
N <sub>2</sub> O	0,5-2	0,6-2
K <sub>2</sub> O	0,2-4	
MgO	0,1-2	0,5-2
CaO	0,5-4	1-10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1-10	2-6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-20	6-15
SiO <sub>2</sub>	20-70	40-80
Co	5-30	5-15
Cu	10-150	2-100
Mn	300-5000	200-800

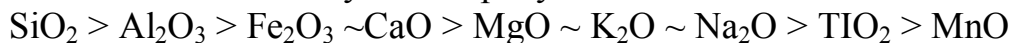
Середній хімічний елементний склад земної кори, ґрунтів і організмів  
суші, % маси (Виноградов А.П., 1959)

Елемент	Вміст		
	в земній корі	в ґрунтах*	в організмах
O	47,2	55,0	70,0
Si	27,6	33,0	0,15
Al	8,8	7,13	0,02
Fe	5,1	3,8	0,02
Ca	3,6	1,37	0,50
Na	2,64	0,63	0,02
K	2,6	1,36	0,07
Mg	2,1	0,63	–
H	0,15	5,0	10,5
C	0,1	2,0	18,0
S	0,095	0,085	0,05
Mn	0,09	0,085	$7 \cdot 10^{-3}$
P	0,078	0,08	0,07
Cl	0,045	0,01	0,04
N	0,01	0,1	0,3
Cu	0,01	0,002	0,0001
Co	0,003	0,0008	0,00001
B	0,0003	0,001	0,001
Zn	0,005	0,005	0,0003
Ti	0,6	0,46	$8 \cdot 10^{-4}$

\* – за природньої вологості.

За вмістом основних мінеральних компонентів ґрунти поділяються на кілька груп – піщані, супіщані, опіщанені суглинки (ґрунти підзолистого типу), суглинисті (лісостепові ґрунти), глинисті (чорноземи південні, каштанові ґрунти), торф'яні тощо. Вміст оксидів металів у ґрунтах різних типів змінюється в досить вузьких межах, що полегшує вибір методів їх аналізу.

Вміст оксидів зменшується в ряду:



Вміст неорганічного фосфору ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) в ґрунтах є досить сталим. В той же час вміст сульфатної сірки ( $\text{SO}_3$ ), карбонатного вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), органічного вуглецю ( $\text{C}_{\text{орг}}$ ) та органічного азоту ( $\text{N}_{\text{орг}}$ ) може коливатися в широких межах.

До складу ґрунтів входять також мікроелементи, вміст деяких з них наведений в таблицях 2.1-2.4 та рис. 2.3. Елементний склад ґрунтів залежить від ґрунтоутворюючої породи і впливає на гранулометричний склад, фізико-хімічні, фізичні, фізико-механічні властивості. Так, в легких ґрунтах підвищена концентрація Si і знижена частка інших елементів. Такі ґрунти будуть безструктурні і збіднені на поживні речовини.

Таблиця 2.3

Середній елементний склад метрового шару ґрунту Європейської частини колишнього СРСР, % на абсолютно суху наважку (Кудрін С.А., 1963)

Ґрунти	O	H	C		N	P	S	Si	Al	Fe	Ti	Mn	Ca	Mg	K	Na
			гумус	карб.												
Тундрові	47,8	0,25	3,49	не має	0,125	0,105	–	29,7	6,65	3,58	0,24	0,29	2,14	0,90	2,07	1,88
Торф'яні	36,8	5,33	53,33	не має	1,900	0,200	0,240	1,00	0,12	0,50	–	0,05	1,20	0,13	0,30	0,07
Підзолисті: суглинисті супіщані піщані	49,6	0,06	0,66	не має	0,080	0,054	0,031	34,86	6,33	3,02	0,28	0,20	0,78	0,72	2,04	1,28
	50,7	0,05	0,67	не має	0,066	0,022	0,020	39,57	4,31	1,16	–	–	0,58	0,70	1,81	0,90
	52,2	0,04	0,64	не має	0,060	0,022	0,026	43,77	1,72	0,55	–	0,06	0,28	0,09	0,33	0,16
Підзолисто-глейові	49,1	0,08	1,12	не має	–	0,105	0,056	33,85	6,98	3,11	–	0,20	0,80	0,60	2,50	1,43
Сірі лісові	49,3	0,09	1,25	0,04	0,115	0,044	0,076	33,45	6,67	3,80	0,45	0,06	1,24	1,02	1,60	0,76
Черноземи: вилуговані типові звичайні південні	49,9	0,17	2,36	0,1	0,200	0,061	0,018	31,94	6,84	3,79	0,52	0,08	1,22	0,82	1,38	0,68
	48,0	0,22	3,09	0,30	0,200	0,100	0,136	31,28	7,09	3,71	0,36	0,16	2,00	0,97	1,71	0,83
	49,3	0,15	2,05	0,48	0,200	0,070	0,168	31,32	6,88	3,69	0,47	0,05	2,47	1,00	1,32	0,57
	49,4	0,11	1,50	0,67	0,200	0,064	0,220	31,23	6,40	3,04	0,50	0,02	4,20	1,19	0,97	0,44
Каштанові	48,8	0,08	1,15	0,86	0,115	0,067	0,194	29,90	6,53	3,64	0,51	0,18	3,7	1,09	1,58	1,06
Червоноземи	48,4	0,13	1,81	не має	0,110	0,079	–	21,50	14,15	11,50	–	0,18	0,34	0,93	0,23	0,08
Сіроземи	50,0	0,04	0,50	1,24	0,070	0,074	0,080	25,86	7,21	3,89	–	0,20	5,04	1,44	1,80	1,16
Ґрунт в середньому	49,1	0,10	1,40	0,24	–	0,06	0,09	32,94	6,60	3,24	0,38	0,16	1,76	0,92	1,70	1,02
Материнські породи (сугл. и глинисті)	51,0	0,10	не має	0,40	–	0,04	0,03	33,00	6,25	3,30	–	0,10	2,05	0,91	1,91	1,00

O – 49	K – 1,36	P – 0,08
Si – 33	Mg – 0,63	Zn – 0,005
Al – 7,13	Ti – 0,46	Cu – 0,002
Fe – 3,80	C – 2,00	B – 0,001
Ca – 1,37	N – 0,10	Mo – 0,0003
Na – 0,83	S – 0,085	Co – 0,0008

Рис. 2.3. Середній вміст (у вагових відсотках) хімічних елементів у ґрунтах.

Таблиця 2.4

Середній вміст мікроелементів у ґрунтах

Елемент або сполука	Концентрація, мг/кг
Манган	20-5000
Мідь	1-150
Цинк	5-100
Кобальт	0,5-20
Молібден	0,2-10
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	3-15 мг /100г
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1-50 мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100г
K <sup>+</sup>	5-50 мг K <sub>2</sub> O/100г

Такі елементи, як Si, Al, Fe, Mg, K, Na ґрунти успадковують від ґрунтоутворюючої породи, але в процесі ґрунтоутворення вони перерозподіляються по профілю ґрунту. Тому їх середній вміст у метровому шарі подібний до середнього вмісту в материнських породах. Окреме місце займають елементи, що утворюють прості солі (CaSO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>, MgSO<sub>4</sub>, NaCl, NaHCO<sub>3</sub>), їх розподіл по профілю залежить від типу водного режиму зони утворення ґрунту, рельєфу території, рівня залягання ґрунтових вод, рослинності.

## 2.2. Хімічний склад ґрунту.

### Трансформація хімічних елементів у ґрунті

Елементним складом ґрунту називають склад і кількісне співвідношення хімічних елементів у ґрунті.

Елементний склад ґрунту – це основна хімічна характеристика ґрунту, яка необхідна для розуміння його властивостей, генезису і родючості.

Ґрунти містять майже всі природні елементи періодичної системи Д.І. Менделєєва. За вмістом елементів та їх кількісним співвідношенням ґрунти відрізняються від живих організмів, мінералів і гірських порід. У ґрунтах майже всі елементи є обов'язковими і необхідними. Ґрунти містять багато вуглецю і кремнію, що вказує на два фактори ґрунтоутворення – живі організми і ґрунтоутворюючі породи. Особливістю елементного складу є великий діапазон концентрації цих елементів.

Вміст деяких елементів у ґрунтах (в %):

Si 26-44;	Ti 0,2-0,5
Al 1-14;	Mn 0,01-0,3;
Fe 0,5-12;	C <sub>орг</sub> 0,5-4;
Ca 0,5-5;	N 0,05-0,2;
K 0,2-3;	P 0,02-0,1;
Na 0,2-2;	S 0,02-0,2;
Mg 0,1-2;	H 0,04-0,2.

Елементний склад ґрунтів залежить від материнської породи і впливає на механічний склад та властивості ґрунту. Наприклад, в легких ґрунтах велика концентрація кремнію (основна сполука SiO<sub>2</sub>). Багато вуглецю міститься у ґрунтах, які утворились на карбонатних породах. У червоноземах знижений вміст кремнію та підвищений вміст алюмінію і заліза. Накопичення біогенних елементів (C, N, P, S) в ґрунті пов'язане з вмістом гумусу, скелетні елементи (Si, Al, Fe, Mg, K, Na) успадковуються від ґрунтоутворюючої породи.

За вмістом у ґрунті елементи поділяються на:

1) *макроелементи*:

Si і O, вміст яких у сумі складає 80-90%;

Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, вміст яких від десятих долей до декількох процентів;

2) *мікроелементи*: вміст 0,01-0,001% (Ti, N, P, S, H);

3) *ультрамикроелементи*: вміст  $n \times 10^{-4}$ , до них належать (Ba, Sr, V, Rb, Cu, V, Cr, Ni, Co, Li, Mo, Cs, Se та інші).

За геохімічною спорідненістю хімічні елементи поділяють на такі групи:

1) *літофільні* елементи, споріднені до кисню і в умовах біосфери утворюють мінерали типу оксидів, гідроксидів, солей кисневовмістних кислот (Si, Ti, S, P, F, Cl, Al, Se, Na, K, Ca, Mg та інші). Всього 54 елементи;

2) *халькофільні*, схильні утворювати сполуки з сіркою (Cu, Zn, Pb, Cd, Ag, Mn, Fe);

3) *сидерофільні* елементи, які розчиняються в залізних сплавах і дають сплави з залізом (Fe, Co, P, S, Pt, Au, Sn, Mo та інші);

4) *атмофільні елементи* – це елементи земної атмосфери (H, N, C, O, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Cl, Br, I);

5) *біофільні елементи* (C, H, O, N, P, S, Cl, I, V, Ca, Mg, K, Na, V, Mn, Fe, Cu).

Зміна окислювально-відновного стану ґрунтів істотно відбивається на поведінці мікроелементів із перемінною валентністю. Так, манган при окислюванні ( $Mn^{2+} \rightarrow Mn^{4+}$ ) переходить у нерозчинні форми, а хром ( $Cr^{3+} \rightarrow$



$\text{Cr}^{6+}$ ) і ванадій ( $\text{V}^{3+} \rightarrow \text{V}^{5+}$ ), навпаки, набувають рухливості і мігрують. При кислотній реакції збільшується рухливість  $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Co}$  і зменшується рухливість  $\text{Mo}$ . Бор, фтор і йод рухливі в кислому і лужному середовищах. Збільшення концентрації  $\text{CO}_2$  у ґрунтовому розчині призводить до збільшення рухливості  $\text{Mn}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Ba}$  у результаті переходу карбонатів у бікарбонати.

### Хімічні властивості ґрунту

У хімічних реакціях беруть участь не атоми, а іони і молекули, і тому хімія ґрунтів базується не лише на знаннях елементного складу, а і на властивостях молекул.

Ґрунтоутворення відбувається під впливом великої кількості хімічних процесів. Ці процеси мають складний характер. Це зумовлено специфікою ґрунту як природного тіла, а особливо хімічними особливостями ґрунту.

Можна виділити такі хімічні особливості ґрунту:

1) *поліхімізм* – ґрунт містить велику кількість хімічних елементів і речовин. Один елемент може бути представлений декількома сполуками, а одна й та сама сполука може бути в різних кристалічних чи аморфних станах;

2) *гетерогенність і полідисперсність* – ґрунт це багатофазна система з неоднорідними поверхнями зіткнення, на яких відбуваються процеси сорбції і десорбції органічних і мінеральних речовин;

3) *орґано-мінеральні взаємодії*. У ґрунтах формуються не лише прості і комплексні сполуки, а й складні адсорбційні комплекси, які складаються з мінералів і органічних речовин – симплекси;

4) *динамічність ґрунтових процесів* – для ґрунтів характерна добова, сезонна, річна і вікова динаміка. Зміни відбуваються безперервно, що зумовлює зміни хімічного складу ґрунтів;

5) *просторова неоднорідність* пов'язана з зональністю факторів ґрунтоутворення;

6) *нерівноважний стан і термодинамічна незворотність процесів*. Ґрунт – відкрита термодинамічна система через яку постійно проходить потік енергії і речовин, це не дає можливості досягнути рівноважного стану. Крім того, ґрунт має своєрідну кінетику ґрунтово-хімічних процесів в якій поєднуються дуже швидкі і дуже повільні реакції.

### Неорґанічні речовини ґрунту

Ґрунт містить велику кількість неорґанічних сполук. Для мінерального живлення рослин найбільше значення мають сполуки азоту, сірки і фосфору.

**Сполуки азоту.** У ґрунтах найчастіше зустрічаються сполуки азоту з ступенями окислення  $-3$  і  $+5$ .

Мінеральні сполуки азоту представлені нітратами, нітритами, солями амонію. У газовій фазі містяться оксиди азоту і молекулярний азот. У доступній рослинам формі знаходиться 1-3% загальної кількості азоту ґрунту. Доступний для рослин головним чином азот у формі амонію і нітратів. Основним резервом азоту для живлення рослин є органічні речовини.

Трансформація азоту в ґрунті включає фіксацію атмосферного азоту вільноживучими і бульбочковими бактеріями, перетворення азотовмісних сполук органічних решток у гумусові кислоти, амоніфікацію органічних азотовмісних сполук, процеси нітрифікації і денітрифікації, фіксацію

амонійного азоту глинистими мінералами, вимивання сполук азоту з ґрунту. Сукупність цих перетворень це процес кругообігу азоту в природі.

Забезпеченість рослин азотом залежить від швидкості розкладу органічної речовини. Проте не можна отримати високі врожаї тільки завдяки мобілізації природних запасів азоту навіть на дуже родючих ґрунтах. Рослини потребують азот у більших кількостях. Він займає перше місце серед елементів живлення, які рослини поглинають з ґрунту. Тому, підвищена вимога рослин до азоту потребує додаткового поповнення його запасів у ґрунті.

**Фосфор** входить до складу багатьох органічних сполук, необхідних для життєдіяльності організмів. Поглинаючись у великих кількостях рослинами, фосфор накопичується у верхніх горизонтах ґрунту. Валовий вміст його у чорноземах становить 0.35% і більше. У ґрунтах фосфор входить до складу органічних (фітин, нуклеїнові кислоти, нуклеопротиїди, фосфатиди та ін.) сполук та мінеральних (солі кальцію, магнію, заліза та алюмінію).

Фосфор у ґрунті знаходиться в малорухомих формах і тому він малодоступний для рослин. Найбільш благоприємна реакція ґрунту для засвоєння фосфору рослинами слабкокисла (рН 6 – 6.5). В насичених ґрунтах розчинні фосфати кальцію стають більш основними і менш розчинними, перетворюючись надалі в гідроксилапатит.

Основна маса фосфору міститься в органічних речовинах, решта у солях ортофосфорної кислоти ( $H_3PO_4$ ). Найбільше у природі ортофосфатів кальцію.

**Сполуки сірки.** Сірка в ґрунті представлена органічними і неорганічними речовинами. Їх співвідношення залежить від типу ґрунту і материнської породи. Інколи у ґрунтах зустрічається вільна сірка, вона може виділятися з сірковмісних сполук або успадковуватись від материнської породи. Сірка та її сполуки відіграють важливу роль у процесі ґрунтоутворення і живленні рослин. Сірка в ґрунт надходить з добривами. Джерелом сірки, також, є сульфати і сірчана кислота техногенного походження. У ґрунті містяться органічні і неорганічні сполуки сірки. На долю органічних речовин припадає до 70-80% сірки.

**Кисень.** Входить в більшість первинних і вторинних мінералів ґрунтів, є одним з основних елементів органічних речовин і води.

**Кремній.** Найбільш поширена сполука – кварц ( $SiO_2$ ), входить також до складу силікатів. При їх руйнуванні в результаті вивітрювання і ґрунтоутворення кремнезем переходить у розчин у формі аніонів орто- і метакремнієвих кислот, силікатів натрію і калію, частково у формі золю. Деяка кількість розчиненого Si вимивається з ґрунту, інша осідає (при кислій реакції) у вигляді гелів аморфних осадів, які, втрачаючи воду, можуть переходити в кварц вторинного походження. Взаємодіючи з основами та полутораокисями, розчинений і колоїдний Si утворює вторинні силікати.

**Алюміній** знаходиться в ґрунтах у складі первинних і вторинних мінералів у формі орґано-мінеральних комплексів і в поглинутому стані (в кислих ґрунтах). При руйнуванні первинних і вторинних мінералів, що містять Al, звільняється його гідроокис, значна частина якого при вивітрюванні залишається на місці (як малорухома) і лише частково переходить у розчин у вигляді золя. При слабколужній реакції гідроокис алюмінію повністю випадає у вигляді колоїдних осадів – гелів, що

переходять при кристалізації у вторинні мінерали гіббсїт, бемїт . У кислому середовищі (рН < 5) гідроксид Al стає більш рухомий і Al з'являється в ґрунтовому розчині у вигляді іонів  $Al(OH)_2^+$ ,  $Al(OH)^{2+}$ , що негативно позначається на рості рослин. Водорозчинний та колоїдний гідроксид Al, взаємодіючи з органічними кислотами, утворює рухомі комплексні сполуки, у формі яких може переміщуватися по профілю ґрунту.

За вмістом в літосфері алюміній займає третє місце після кисню і кремнію. Він входить до складу 250 мінералів, близько 40% яких становлять алюмосилікати: ортоклаз, альбіт, анортит, каолініт. Включення алюмінію в біогеохімічні цикли залежить від реакції ґрунту: може виступати в розчинній або нерозчинній формі в різних мінерально-органічних сполуках як іон або як колоїд. Форми, в яких виступає цей хімічний елемент, можуть мати характер катіонів, аніонів або виступати як нейтральні молекули. Так, в кислих ґрунтах, де рН < 4,2 переважаючою формою алюмінію є сама активна форма – іон  $Al^{3+}$ . Ця форма найбільш токсична для рослин і діє більш токсично, ніж манган і водень. У міру підвищення реакції ґрунту утворюються все менш токсичні з'єднання алюмінію (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Критичні межі вмісту алюмінію в ґрунті для сільськогосподарських культур (Авдонін І.С., 1965)

Культура	Кількість алюмінію (мг/100 г ґрунту), Знижуюче врожай на:	
	25-50%	50-100%
Овес	11-14	15-18
Кукурудза	7-8	8-10
Ячмінь	7-8	8-10
Пшениця яра	8-10	10-12
Льон-довгунець	8-10	10-12
Гречка	6-7	8-10
Конюшина червона	5-6	7-8
Люцерна	4-5	5-6
Люпин жовтий	6-7	7-8

У ґрунтах, де величина рН 6-8, алюміній знаходиться у важкорозчинних з'єднаннях і тому не впливає на хід біогеохімічного циклу.

Розчинний алюміній гальмує розвиток кореневих систем: відбувається зміна забарвлення на коричневе, пошкоджується точка росту головного кореня і бічних коренів (буріє і завмирає), відбувається огрубіння бічних коренів і кореневих волосків, гальмування клітинного поділу, порушення синтезу білків, вся коренева система стає слабкою, корені робляться коротше, грубіють і переплітаються. Пошкоджена коренева система не може доставляти рослинам необхідну кількість води і поживних елементів. В результаті збільшується ризик настання водного стресу, що особливо проявляється на багаторічних рослинах. Підвищена кількість рухомого алюмінію у ґрунті призводить також до порушення формування генеративних органів у рослин, порушення плодоутворення і обміну речовин, пригнічує ріст рослин. Симптоми токсичності алюмінію схожі на симптоми нестачі фосфору, магнію і кальцію. Спостерігається зменшення листових

пластинок, зниження маси листя, хлоротичні плями на листках, які переходять в жовті смуги (нестача магнію), знебарвлення і почервоніння (багряне забарвлення) листя (нестача фосфору), відмирання точок росту і згортання молодих листків (нестача кальцію).

Надлишок алюмінію в ґрунтовому розчині знижує поглинання фосфору, калію, мангану, заліза, натрію і бору. Особливу проблему становлять наявність його в підорному горизонті, підвищену кислотність якого не можна усунути вапнуванням.

За чутливістю до підвищеного вмісту алюмінію Н.С. Авдонін (1965) виділяє чотири групи рослин:

- високостійкі – тимофіївка лучна і овес;
- середньостійкі – люпин, кукурудза, просо, чумиза;
- підвищено чутливі – горох, ріпа, квасоля, гречка, ячмінь, пшениця яра, льон, турнепс;
- високочутливі – конюшина лучна, буряк столовий і цукровий, люцерна, озима пшениця, жито.

**Калій** відповідає за важливі фізіологічні функції в організмах. Рослинами використовується в великих кількостях, особливо коренеплодами, бараболею, травами, тютюном. Валовий вміст у ґрунтах достатньо високий. У ґрунтах важкого механічного складу 2 % і більше. Менше в легких ґрунтах. Основна частина його входить до складу кристалічної решітки первинних і вторинних мінералів у малодоступних для рослин формах. Міститься в поглинутому стані (обмінний і необмінний) і у формі простих солей. У цій формі він легкодоступний рослинам, але його частка незначна. Основне джерело для рослин – обмінний калій. Його доступність тим більше, чим вище ступінь насиченості ним ґрунтів. Необмінний, або фіксований, калій важкодоступний. Однак між обмінним і необмінним калієм у ґрунті існує певна рівновага. При споживанні обмінного калію його запаси поповнюються за рахунок необмінного. При наявності значної частки калію в малодоступній формі рослини відчувають у ньому нестачу.

**Кальцій і магній** необхідні та незамінні елементи у живленні рослин. Магній входить до складу хлорофілу, а кальцій має велике значення у створенні сприятливих для рослин фізичних, фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту. Знаходяться в кристалічній решітці мінералів, в обмінно-поглинутому стані і у формі простих солей. Са займає перше місце серед поглинутих катіонів, Mg – друге. Рослини зазвичай не відчувають нестачі в Са і Mg, проте багато ґрунтів потребують вапнування або гіпсування в цілях поліпшення їх властивостей. Нестача Са у живленні рослин іноді спостерігається у солонцюватих ґрунтах, тому, що надходження даного елемента у рослини сильно затримується наявністю значної кількості поглинутого натрію. Нестача Mg характерна для дерново-підзолистих піщаних і супіщаних ґрунтів. Ці елементи входять до складу силікатів, алюмосилікатів (польових шпатів, фельдшпатидів, піроксенів, амфіболів, гранітів тощо). Магній присутній в слюдоподібних мінералах: тальк, слюди, хлорити. Вміст валового Са в незасолених ґрунтах не перевищує 1-3%. У засолених ґрунтах кальцій міститься в складі карбонату кальцію і гіпсу ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ). Mg входить до складу глинистих мінералів: хлоритів,

вермикулітів, гідрослюд, тому в меншій мірі, ніж кальцій виноситься з кори вивітрювання. Вміст валового магнію в ґрунтах також невисокий – 1-3%.

**Натрій.** Накопичення натрію у ґрунтах у великих кількостях призводить до засолення ґрунтів хлоритами (NaCl), сульфатами (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) і содою (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Натрій проникаючи в ґрунтовий вбирний комплекс (ГВК) руйнує його (диспергує), сприяє розчиненню. Ґрунти з надмірним вмістом обмінного натрію характеризуються негативними фізико-хімічними, фізичними, фізико-механічними властивостями.

**Mn (манган).** Середній вміст в метровому шарі ґрунту коливається від 0,01-0,02 до 0,15-0,20% і подібний до вмісту P, Ti, S. Для мангану характерні ступені окиснення +2 і +4 – це іонна форма Mn<sup>+2</sup> (оксид MnO). Менш стабільний у ґрунтах Mn<sup>+3</sup>. З'єднання мангану вищих ступенів валентності, тобто Mn<sup>+5</sup>, Mn<sup>+6</sup>, Mn<sup>+7</sup> – в ґрунтах не зустрічаються. Вміст і поведінка його в ґрунтах повністю залежить від окислювально-відновної ситуації. Багато сполук мангану в певних умовах проявляють кислотні властивості, або лужні.

Mn(OH)<sub>2</sub>; Mn(OH)<sub>3</sub>; Mn(OH)<sub>4</sub> – основні властивості.

H<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub>; HMnO<sub>4</sub> – кислотні властивості.

Рухомі сполуки мангану в кислому і в лужному середовищі, нерухомі – в лужному і окислювальному середовищі. У ґрунтах обмінна форма мангану добре поглинається глинистими та гумусовими часточками. Негативна дія мангану проявляється при поєднанні низьких значень рН і відновлювальних умов в ґрунті (недолік кисню, ущільнений ґрунт, гідроморфність). Вміст мангану у ґрунтовому розчині збільшується при підвищенні кислотності в зв'язку з великим гальмуючим впливом водню на поглинання рослинами даного елемента. Токсичність іонів мангану залежить також від мікробіологічної активності в межах ризосфери, кількості доступного кремнію в ґрунті, виду і генотипу рослин. Отруєння позначається на надземних органах рослин сильніше, ніж на коренях.

По відношенню до впливу рухомого мангану на сільськогосподарські рослини Н.С. Авдонін визначив чотири групи:

- дуже високостійкі – тимофіївка лучна;
- високостійкі – овес, чумиза, просо, кукурудза, люпин, турнепс;
- чутливі – горох, гречка, квасоля, ріпа, яра пшениця, ячмінь, буряк столовий;
- високочутливі – люцерна, конюшина лучна, льон, озима пшениця та жито.

Кількість мангану в ґрунті знаходиться у великій залежності від його окультуреності. Систематичне застосування органічних добрив зменшує вміст рухомого мангану до нешкідливого мінімуму. Фосфорні добрива і особливо вапно різко знижують негативний вплив цього елемента.

**Цинк, кадмій, ртуть** при високому вмісті є токсичними для рослин. Ці три метали є найбільш небезпечними при накопиченні в ґрунтах. Всі сполуки кадмію є токсичними. Межі коливань у незабруднених ґрунтах досить великі і складають: для цинку 10-300 мг/кг, для кадмію – від 0,01 до 0,7 мг/кг, для ртуті – від 0,01 до 0,8 мг/кг. Для цих елементів характерна низька розчинність карбонатів, деяких фосфатів і сульфідів. В автоморфних ґрунтах

продуктами накопичення цинку, кадмію і ртуті можуть бути їх карбонати, а в бескарбонатних ґрунтах – фосфати цих металів.

У породах цинк розподілений дуже нерівномірно. Найважливіший мінерал цинку – сфалерит (цинкова обманка), також цинк зустрічається в слюдах і амфіболах. Цинк знаходиться вкрапленнями в кілометровій товщі гранітного шару землі у вигляді свинцево-цинкових руд. Цинк – один з головних біофільних мікроелементів, він входить до складу декількох ферментів і тому бере участь у білковому, вуглеводневому, ліпідному, фосфорному обміні речовин. У його відсутності або нестачі порушується біосинтез вітамінів і ростових речовин. Коефіцієнт біологічного поглинання цинку в 12 разів вище, ніж у свинцю. Велика частина цинку в рослинах зосереджена в легкоруйнуючих тканинах і швидко видаляється з рослини.

У ґрунтах спостерігається біогенна акумуляція цинку. Велика частина цинку перебуває в комплексах з органічною речовиною ґрунту або сорбована плівками гідроксидів заліза. У нейтральних і лужних умовах цинк малорухомий, так як рН випадання гідроксиду цинку в осад – 6,8. Однак при подальшому підвищенні рН цинк знову переходить у розчин за рахунок утворення солей цинкової кислоти – цинкатів. На сірководневому бар'єрі цинк накопичується у вигляді практично нерозчинного сульфідів.

**Кадмій** міститься у сірчанних рудах цинку, свинцю і міді. Джерелом забруднення кадмієм є металургія цинку і свинцю. Істотним джерелом забруднення ґрунтів кадмієм можуть бути фосфорні добрива. Вміст кадмію в суперфосфаті досягає 170 мг/кг (в середньому – 36-40 мг/кг). До 15 мг кадмію на 1 кг міститься у вапняку, від 1 до 170 мг – у калійних добривах, 0,4 мг – у сухій масі гною, до 50 мг – в осадах міських стічних вод, до 180 мг/кг – в сапропелі. Щорічне внесення в ґрунт добрив і меліорантів, які містять кадмій, призводить до його накопичення в ґрунті і рослинах. При цьому до 80% кадмію, внесеного в ґрунт, може утримуватися в орному шарі. Гранично допустима концентрація внесення кадмію в ґрунт з добривами становить до 4 г/га в рік (вміст його в орному шарі – близько 0,55 кг/га). Межі варіювання ГДК для кадмію в ґрунті знаходиться в діапазоні 1-5 мг/кг. Офіційні ГДК для кадмію відсутні. Існує тільки офіційно затверджений фон – 0,5 мг/кг.

За геохімічними властивостями кадмій схожий на цинк, але він легше з'єднується з сіркою і проявляє велику рухливість в природі. У кислому середовищі кадмій характеризується великою мобільністю (рН 4,5-5,5). Зміну реакції ґрунту на близьку до нейтральної або лужну та внесення органічної речовини знижує сорбцію кадмію ґрунтом і поглинання цього металу рослинами.

Кадмій є одним з металів, які зумовлюють найбільші зміни в біологічних властивостях ґрунту, так як негативно діє на кількість ґрунтових мікроорганізмів. Сильна дія кадмію на актиноміцети, менший вплив на зниження чисельності бактерій, і найменший – на чисельність у ґрунтах грибів. Поглинання кадмію рослинами в надлишку викликає фізіологічні зміни: порушення процесів фотосинтезу, транспірації, поглинання макро- і мікроелементів, порушення іонної рівноваги рослин. Більше кадмію накопичують в собі коріння, листя і стебла, менше – фрукти, насіння і бульби рослин.

Симптомами токсичності перенасичення кадмієм є почервоніння жилок, хлоротичні і бурі плями на листових пластинках, викликані зміною хлоропластів, специфічне скручування листя, потовщення і укорочення коренів.

**Ртуть** відрізняється виключно сильною біологічною та хімічною активністю, а також легкістю зміни агрегатного стану з рідкого до газоподібного і навпаки. По таблиці Менделєєва вона належить до елементів підгрупи цинку. Зростання концентрації ртуті в ґрунтах може відбуватися під впливом геологічних факторів і в результаті антропогенної дії. Ртуть, яка надходить в ґрунт накопичується у верхньому горизонті, тому що не піддається вимиванню в глибокі шари, що пов'язано з здатністю ґрунту до її адсорбції. Підвищений вміст ртуті в середовищі є шкідливим для рослин. Ознаки токсичності: хлоротичні плями, побуріння по краях листових пластинок, скорочення і деформація проростків і коренів рослин. На біодоступність ртуті істотно впливають кислотність ґрунту і вміст органічної речовини. Найбільше поглинання ртуті рослинами відбувається при рН 3-5, але органічна речовина в кислих ґрунтах підвищує, а в лужних знижує кількість поглинутого металу. Таким чином, для кислих ґрунтів одним з основних агротехнічних прийомів, що ведуть до утворення важкорозчинних сполук ртуті, є вапнування. ГДК ртуті в ґрунті становить всього 2 мг/кг.

**Миш'як** відноситься до сімейства азоту. Миш'як – напівметал і володіє деякими металевими властивостями, виявляє високу активність, входить до складу понад 200 мінералів (арсенопірит  $\text{FeAsS}$ , нікелін  $\text{NiAs}$ ), найчастіше знаходиться у сульфідах. Середній вміст As в ґрунті близько 5-6 мг/кг, при коливаннях від 0,1-0,2 до 30-40 мг/кг. Миш'як і всі його сполуки дуже токсичні. Серед сполук миш'яку важливі миш'якова  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  і особливо арсенова  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  кислоти і їх солі – арсеніти і арсенати відповідно. Арсенати аналогічні фосфатам по загальним властивостям і за хімічною поведінкою в ґрунтах. У нейтральному і лужному середовищах арсенати осідають з гідроксидами заліза і алюмінію або адсорбуються на їх поверхні. В ґрунті сполуки та мінерали миш'яку легко розчиняються, особливо в кислому середовищі у відновлювальних умовах. Накопичення миш'яку можливо і при використанні мінеральних і органічних добрив, забруднених цим елементом. У подвійному суперфосфаті вміст миш'яку може досягати 300, аміачній селітрі – 60 мг/кг. З нітратами, сульфатами, сечовиною в ґрунт потрапляє від 1 до 10 г/га миш'яку. Токсична концентрація миш'яку в ґрунті, прийнята за кордоном, відповідає 50 мг/кг. Офіційна ГДК в Україні на вміст миш'яку в ґрунті становить 2,0 мг/кг. Вапнування, викликаючи підвищення рН ґрунту, впливає на пониження рухливості миш'яку в даному середовищі, а значить, на зменшення поглинання миш'яку рослинами. Великий вплив на мобільність миш'яку здійснює органічна речовина, яка сприяє його детоксикації. Добрива, багаті сполуками сірки, можуть обмежити доступність миш'яку шляхом зв'язування його в слабозчинні і маломобільні сульфати. Збагачення ґрунту фосфатами сприяє утворенню слабозчинних сульфатів миш'яку, які менш шкідливі для навколишнього середовища і ґрунтів.

**Свинець.** Цей елемент є високо токсичним: пригнічує ферментативні реакції, вступаючи в хімічну взаємодію з білками і облягаючи їх; підвищені концентрації становлять загрозу для здоров'я людини; дія свинцю

проявляється в захворюваннях нервової системи, печінки, нирок та інших органів. Різке збільшення вмісту свинцю спостерігається в ґрунтах поблизу автомобільних доріг. Найбільший вплив на стан свинцю в ґрунтах надають такі аніони:  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . Потрапляє в ґрунт Pb порівняно легко та утворює гідроксид в умовах нейтральної і лужної реакції. Якщо ґрунт містить розчинні фосфати, то  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  переходить поступово в  $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$  або інші важкорозчинні фосфати. Ці сполуки визначають рівень концентрації Pb у ґрунтових розчинах.

Свинець перебуває в мінеральних добривах, вапні та гної, досягаючи в деяких добривах до 300 мг/кг, гної – до 10 мг на 1 кг сухої маси. Частка випадання свинцю з опадами – 11-38 %.

**Ванадій.** Середній вміст ванадію до 100 мг/кг при коливаннях від 20 до 500 мг/кг. Відома значна кількість ванадієвмістних мінералів різних класів, у тому числі оксиди (алаїт, монтрозеїт), сульфід (сульваніт  $\text{Cu}_3\text{VS}_4$ ), ванадати (карнотіт), різні силікати. У ґрунтах ванадій може перебувати як в складі первинних мінералів, так і в різних вторинних. Ванадат-іон адсорбується гідроксидами Fe і Al, зв'язується органічними речовинами (особливо в лужних ґрунтах), а також утворює нерозчинні сполуки з важкими металами.

**Фтор.** Високий вміст фторидів викликає суттєві зміни хімічних властивостей ґрунту: зміщення рН в лужний бік, збільшується вміст водорозчинних органічних речовин, знижуються окисні потенціали, відбувається мобілізація сполук заліза і мангану. Все це несприятливо відбивається на показниках біологічної активності ґрунтів. Забруднення ґрунтів фтором становить значну небезпеку для ґрунтового покриву, знижує родючість ґрунтів, викликає їх деградацію.

**Хлор.** У ґрунтах накопичуються солі HCl – хлориди. Всі наявні в ґрунті хлориди натрію, калію, кальцію, магнію і більшості мікроелементів легко розчиняються. Винятки становлять хлорид срібла і деякі сполуки ртуті. Рівень вмісту хлоридів коливається в широких межах – від 1-10 мг/кг в ґрунтах гумідних областей до цілих відсотків в засолених ґрунтах (солончаках, солонцях). Гранично допустима концентрація хлоридів в ґрунтах становить 0,01% або 0,3 мг-екв / 100г ґрунту. Хлориди є найбільш токсичними солями.

**Мікроелементи** – це елементи, вміст яких в ґрунті виражається в кількостях  $n \times 10^{-3}$  –  $n \times 10^{-10}$  %. Багато з цих речовин у малих концентраціях необхідні для нормального розвитку організмів, але в підвищених кількостях спричиняють токсичну дію.

До числа мікро- і ультрамікроелементів відносяться всі елементи 5-, 6- і 7-го періоду системи Д.І. Менделєєва, велика частина елементів 4-го періоду і деякі елементи 2-го періоду.

Вчення про мікроелементи було створено працями багатьох вітчизняних і зарубіжних вчених (В. Вернадський, А.П. Виноградов, К.К. Гедройц, Д.Н. Прянишников, В.В. Ковальський, В.А. Ковда, Р. Мітчел, А. Пейлж, Дж. Ходсон, Н.Г. Зирін).

Мікроелементи відіграють важливу біохімічну і фізіологічну роль в житті рослин, тварин і людини. На частку всіх мікроелементів припадає менше 1%. Середній вміст деяких мікроелементів в ґрунті і в інших елементах біосфери приведено в таблицях 2.6, 2.7.



Часто з поняттям токсичності – пов'язують поняття «*важкі метали*». Це помилка, так як в групу «важкі метали» часто потрапляють: Cu, Zn, Co, Mo, Mn, Fe та інші елементи, так необхідні живим організмам для нормальної їх життєдіяльності (рис. 2.4-2.6). Але є група металів, яка негативно впливає на ґрунт і рослини. Це ртуть – Hg, кадмій – Cd, свинець – Pb. Їх вважають найбільш небезпечними забруднювачами навколишнього середовища.

Відома приуроченість мікроелементів до первинних мінералів: Co, Zn, Ni – до авгіту, рогової обманки, біотиту, магнетиту; Cu – до біотиту, апатиту, граніту, авгіту, польового шпату; B – до турмаліну; Pb – авгіту, апатиту, мусковіту (Парфьонова Є.І., Ярілова Е.А., 1962).

авгіт – Ni, Co, Zn, Sc, Cr, V, Pb, Cu, Ga; апатит – Sr, F, Pb, рідкоземельні елементи; біотит – Rb, Ba, Ni, Co, Sc, Li, V, Zn, Cu, Ga, F, Sr, Cs, Cr; граніт – Cr, Ga, Y, V, Zr, Be; диопсид – Cr, V, Ni, Sr, Ba, Sc; ільменіт – Co, Ni, Cr, V;

магнетит – Zn, Co, Ni, Cr, V; мусковіт – F, Rb, Ba, Sr, Ga, V; олівін – Ni, Co, Li, Zn, Cu, Mo, Pb; ортоклаз – Rb, Ba, Sr, Cu, Ga; рогова обманка – Ni, Co, Se, Li, V, Zn, Cu, Ga, Cr, Sr; ставролен – Zn; сфалерит – Zn, Cd, Cu, Sn, In, Ga, Hg; титаніт – V, Sn; рідкоземельні елементи, Cr, Zr, F; турмалін – B, Li, F, Ga, Sn, Be, Cu, Cs, Ba, Cr; циркон – Zn, Hf, Y, Ce, Nb, Ta, Th, U, Sn, Be; шпинель – Cr, V, Se, Zr, Cu, Ni, Co, Sn; епідот – Sr, Cr.

Таблиця 2.6

Середній вміст деяких елементів в біосфері, мг/кг  
(Виноградов А.П., 1950)

Елемент	Літосфера	Ґрунт	Рослина (зола)
Li	32	30	11
Be	4	6	2
B	12	1	400
F	660	200	10
Na	25000	6300	20000
Mg	18700	6300	70000
P	930	800	70000
S	470	850	50000
Ti	4500	4600	1000
V	90	100	61
Cr	83	200	250
Mn	1000	850	750
Co	18	10	15
Ni	58	40	50
Cu	47	20	200
Zn	85	50	900
Se	0,05	0,01	-
Mo	1,1	2	20
I	0,4	5	50
Au	0,004	-	1
U	2,5	1	0,5

Таблиця 2.7

Середній вміст мікроелементів в деяких ґрунтоутворюючих породах, мг/кг  
(Ковда В.А., 1985)

Породи	Mn	Co	Cu	Zn	B	Mo	I
Основні магматичні	2200	45	140	130	5	1,4	0,5
Кислі магматичні	600	5	30	60	17	1,9	0,4
Сланці	670	23	57	80	100	2	1
Морські глини	до 8000	до 38	до 130	50	230	0,7-0,9	до 200
Леси и лесовидні суглинки	500	15	25	70	50	3,3	0,7-1,1
Озерно-льодовикові важкі суглинки і глини	800	10	25	54	-	-	1
Покривні суглинки	600	10	23	49	18	3,1	0,9-1,0
Суглиниста морена	600	9	20	47	22	2,9	0,9
Супіщана і піщана морена	350	6	12	28	20	0,8	0,1
Флювіогляціальні, озерні і давньоалювіальні піски	200	2	5	14	10	0,8	0,1

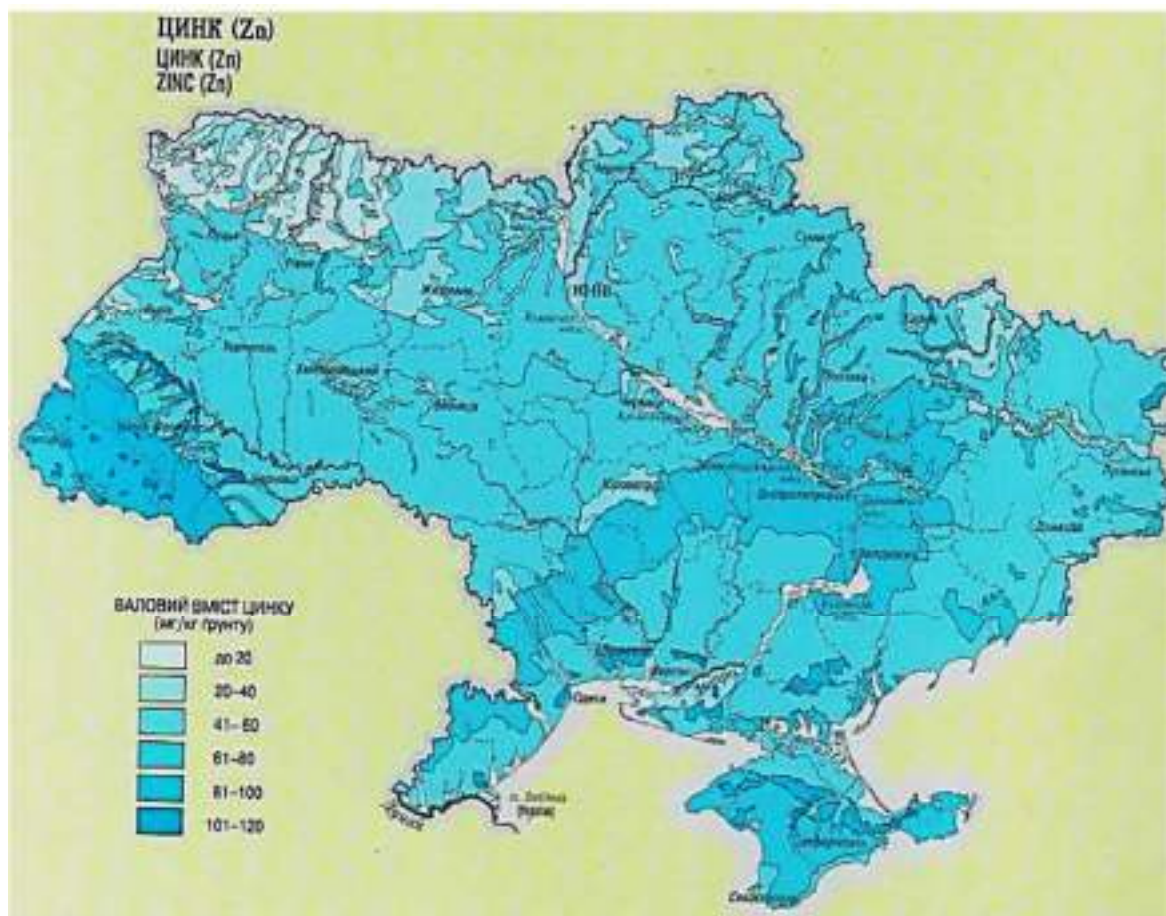


Рис. 2.4. Валовий вміст цинку в ґрунтах України

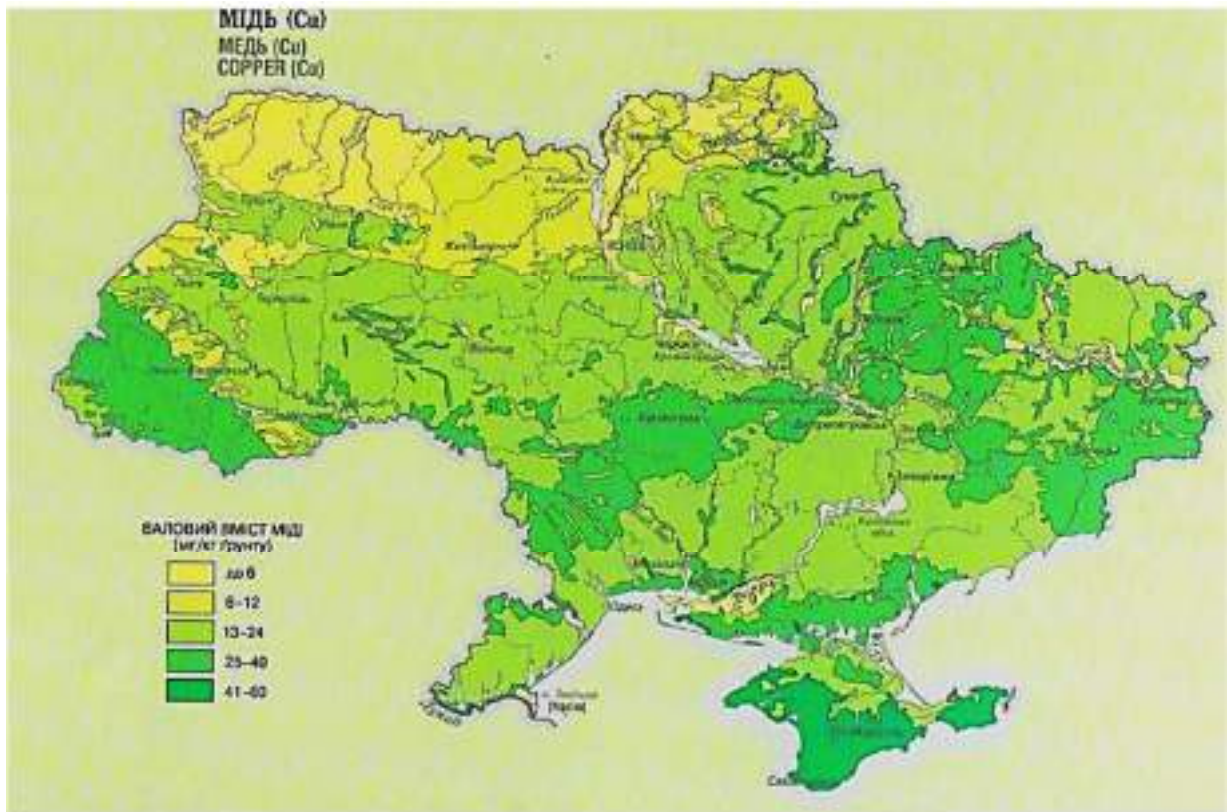


Рис. 2.5. Валовий вміст міді в ґрунтах України

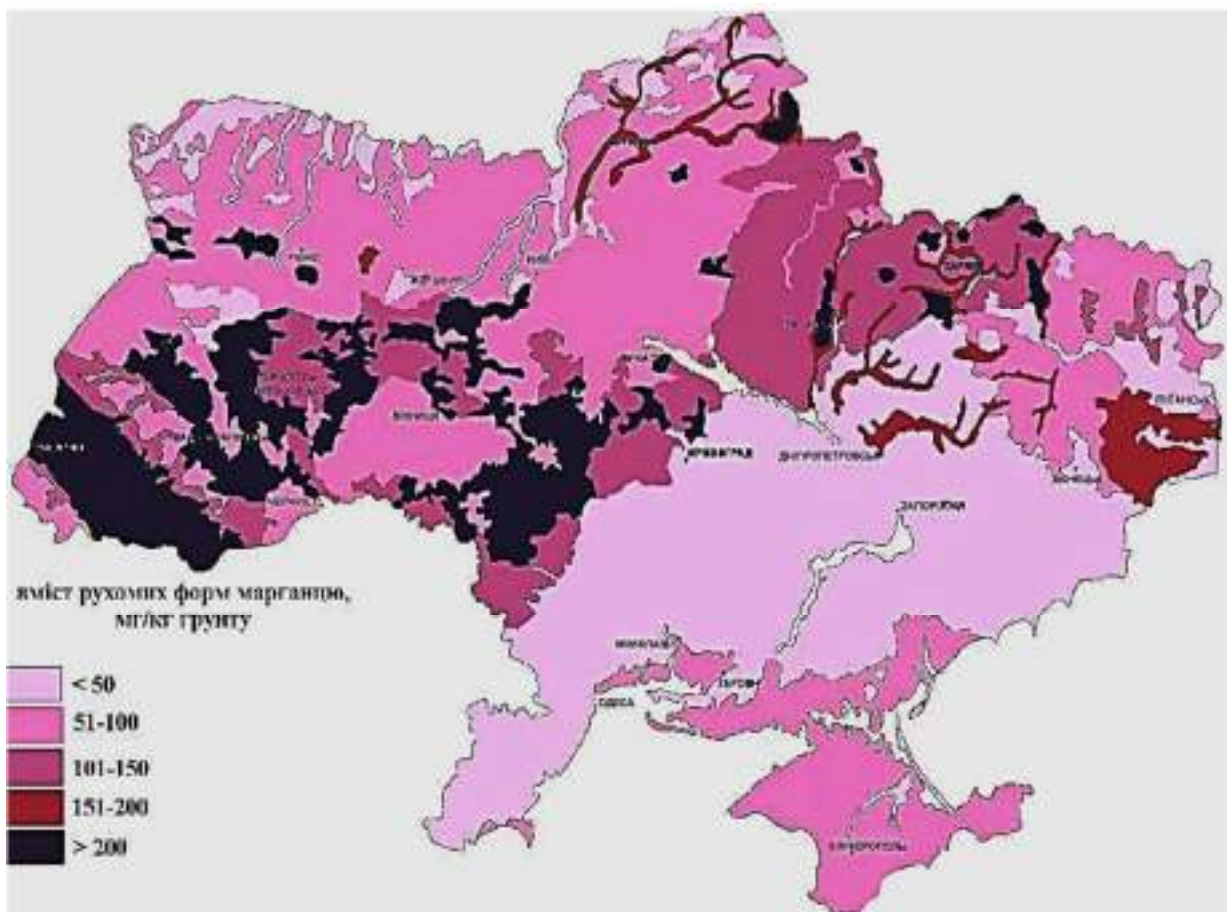


Рис. 2.6. Валовий вміст марганцю в ґрунтах України

## Органічні речовини ґрунту

До складу органічної речовини ґрунту відноситься сукупність рослинних і тваринних решток, які знаходяться на різних стадіях розкладу та специфічна органічна речовина – гумус.

Органічні речовини суттєво впливають на ґрунтоутворюючий процес, оскільки живі організми є одним із факторів ґрунтоутворення. Основну роль у накопиченні органічних решток відіграють зелені рослини. Вони приймають участь у фотосинтезі, в результаті якого утворюються органічні речовини. Після відмирання рослин синтезовані ними органічні речовини надходять у ґрунт.

Роль зелених рослин полягає ще й в тому, що своєю життєдіяльністю вони зумовлюють біологічну міграцію мінеральних речовин, а разом з мікроорганізмами – біологічний кругообіг речовин у природі. Чим інтенсивніший кругообіг, тим родючіші ґрунти.

Велику роль у накопиченні органічних речовин відіграють мікроорганізми. Діяльність мікроорганізмів протилежна діяльності зелених рослин – зелені рослини синтезують органічні речовини з мінеральних речовин, а мікроорганізми розкладають органічні речовини, синтезовані зеленими рослинами. Розвиток мікроорганізмів в ґрунті пов'язаний з органічними речовинами – чим більше у ґрунті рослинних решток, тим більше мікроорганізмів. Найбільше мікроорганізмів у верхніх шарах ґрунту – в прикореневій зоні рослин.

## Радіоактивність ґрунтів

Обумовлена вмістом у них радіоактивних елементів. Розрізняють природну і штучну радіоактивність. Природна радіоактивність визивається природними радіоактивними елементами, що завжди в тих або інших кількостях присутні в ґрунтах і ґрунтоутворних породах. Природні радіоактивні елементи підрозділяються на 3 групи (рис. 2.7).

*Першу групу* складають елементи, всі ізотопи яких радіоактивні. До них належать ряди урану-радію-торію й актінію. Найбільше значення з цієї групи мають  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ .

*До другої групи* належать ізотопи звичайних елементів, які мають радіоактивні властивості. До них належать  $^{40}\text{K}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{96}\text{Zr}$  і ін. Калій обумовлює найбільшу природну радіоактивність.

*Третя група* включає радіоактивні ізотопи, що утворюються в атмосфері під дією космічних променів:  $^3\text{H}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{14}\text{C}$ .

Всі природні радіоактивні елементи є в основному довго живучими ізотопами із періодом напіврозпаду  $10^8$ - $10^{16}$  років. Вони випромінюють  $\alpha$  і  $\beta$ -частинки і  $\gamma$ -промені. Природна радіоактивність в основному обумовлюється вмістом урану, торію, радію й ізотопу  $^{40}\text{K}$ .

Валовий вміст *природних радіоактивних ізотопів* в основному залежить від ґрунтоутворюючих порід ґрунту. Ґрунти, що сформувалися на продуктах вивітрювання кислих порід, містять радіоактивних ізотопів

більше, ніж сформовані на основних і ультраосновних породах; важкі ґрунти містять їх більше, ніж легкі.



Рис. 2.7. Схема класифікуючого групування радіоактивності ґрунтів.

У ґрунтах природні радіоактивні елементи присутні в ультромікроконцентраціях в межах  $n \dots 10^{-4}$  –  $n \dots 10^{-12}\%$ . На земній кулі зустрічаються райони з підвищеним рівнем природної радіоактивності ґрунтів. Природно-радіоактивні речовини в підвищених концентраціях виявляються в місцях їх видобутку, техногенного використання та захоронення. Вміст природних радіонуклідів у ґрунті змінюється як в горизонтальному, так і у вертикальному напрямку. У горизонтальному (меридіональному) напрямі спостерігається зростання концентрацій їх від підзолистих ґрунтів до сіроземів: ґрунти болотні → підзолисті → дерново-підзолисті → сірі лісові → черноземи → каштанові → сіроземи (табл. 2.8 , рис. 2.8).

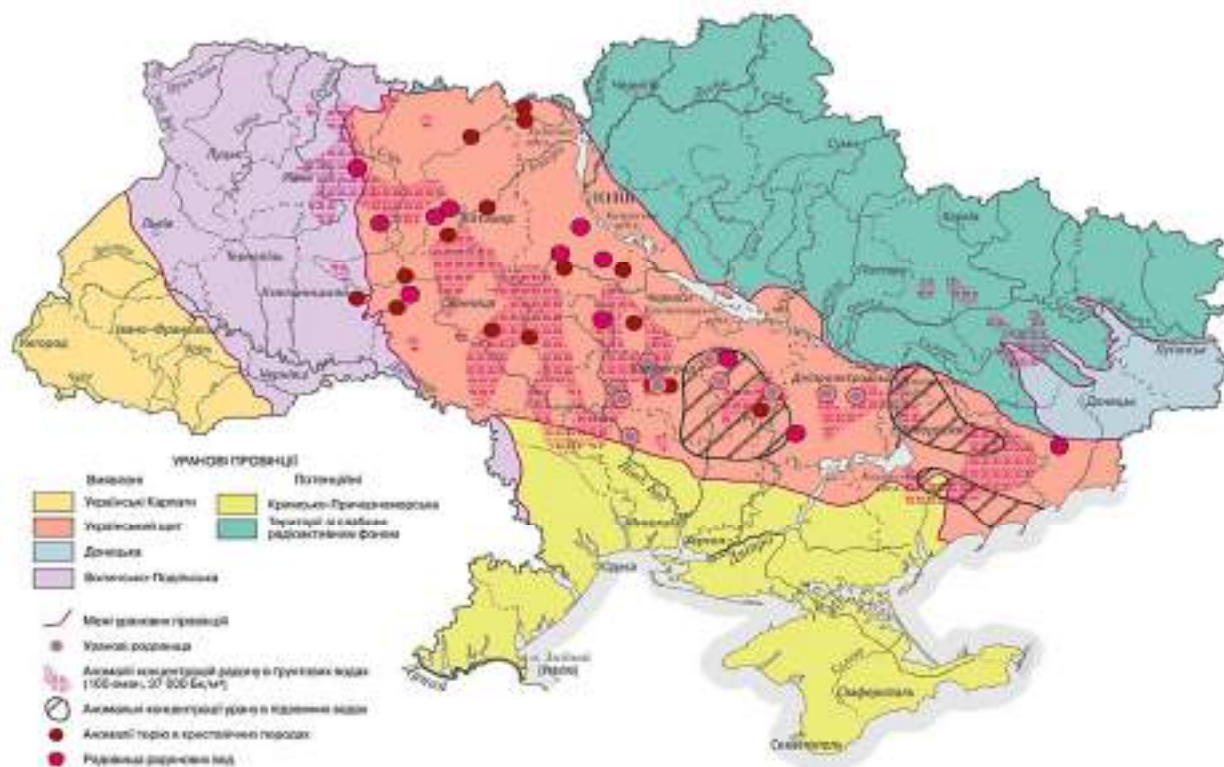


Рис. 2.8. Карта природної радіоактивності ґрунтового покриття України  
Таблиця 2.8

Концентрація основних природних радіоізоотопів в ґрунтах  
(Ковриго В.П., 2008)

Ґрунти	Концентрація, Бк/кг		
	$^{40}\text{K}$	$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$
Болотні	110	8	8
Підзолисті	180	11	15
Дерново-подзолисті	360	18	27
Сірі лісові	450	22	32
Черноземи	500	26	44
Каштанові	700	32	45
Сіроземи	810	38	60
Середньосвітлове значення для ґрунтового покриття	450	32	32

Особливість розподілу радіоактивності в вертикальній площині (за генетичними горизонтами) залежить від характеру ґрунтоутворюючого процесу. У дерново-карбонатних ґрунтах найбільш високий вміст природних радіонуклідів відзначається в гумусових горизонтах і поступово зменшується при переході до материнської породи. У черноземах, темно-сірих лісових, каштанових, напівпустельних і пустельних ґрунтах, формування яких не пов'язано з активним перетворенням і пересуванням компонентів твердої фази, розподіл природних радіоактивних елементів по ґрунтовому профілю відрізняється слабкою диференціацією. У лісостепових ґрунтах і ґрунтах

степових областей профільна диференціація вмісту радіоактивних елементів збігається з типовими профільними закономірностями змін по гранулометричному складу, вмісту оксидів заліза і алюмінію.

Опідзолення, осолодіння, лесиваж, осолонцювання призводять до виносу природних радіонуклідів з елювіальних (верхніх) горизонтів в ілювіальні з подальшою акумуляцією, де концентрація радіонуклідів зростає в 1,5-3 рази в порівнянні з ґрунтоутворюючою породою. Уран осідає на глейових бар'єрах, в зв'язку з чим відбувається збагачення цим елементом гідроморфних ґрунтів.

**Штучна радіоактивність** обумовлена надходженням у ґрунт радіоактивних ізотопів, що утворюються в результаті атомних термоядерних вибухів, у виді відходів атомної промисловості, у результаті аварій на атомних підприємствах. Найбільшу небезпеку в цьому відношенні викликають ізотопи  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$ , оскільки саме вони обумовлюють штучну радіоактивність, характеризуються тривалим періодом піврозпаду (близько 30-ти років), мають високу енергію випромінювання і здатні активно включатися в біологічний кругообіг. Загальним для  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  є досить повне їхнє поглинання твердою фазою ґрунту, тому основна їх кількість (80-90%) закріплюється у верхньому горизонті (5-9 см) (рис. 2.9-3.1).

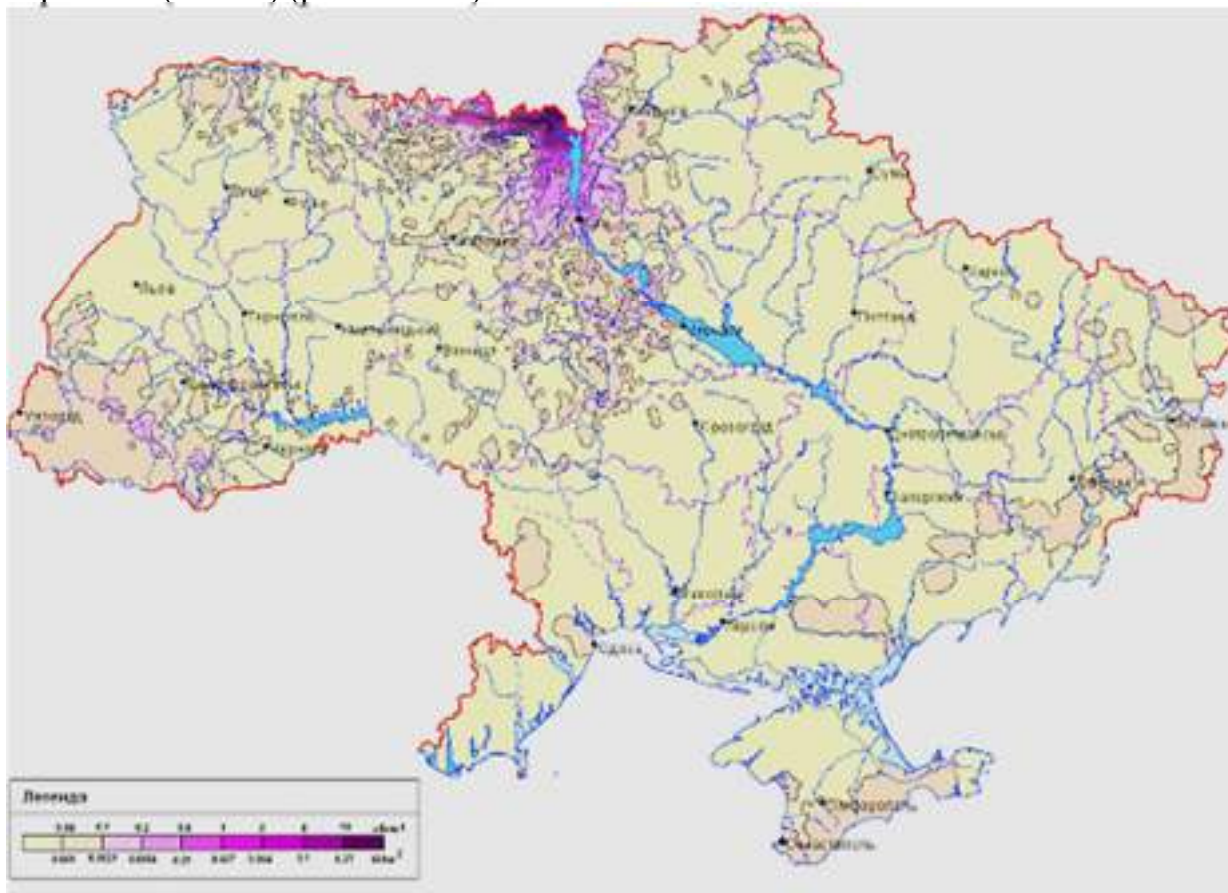


Рис. 2.9. Сумарне забруднення ґрунтового покриття України ізотопами плутонію.

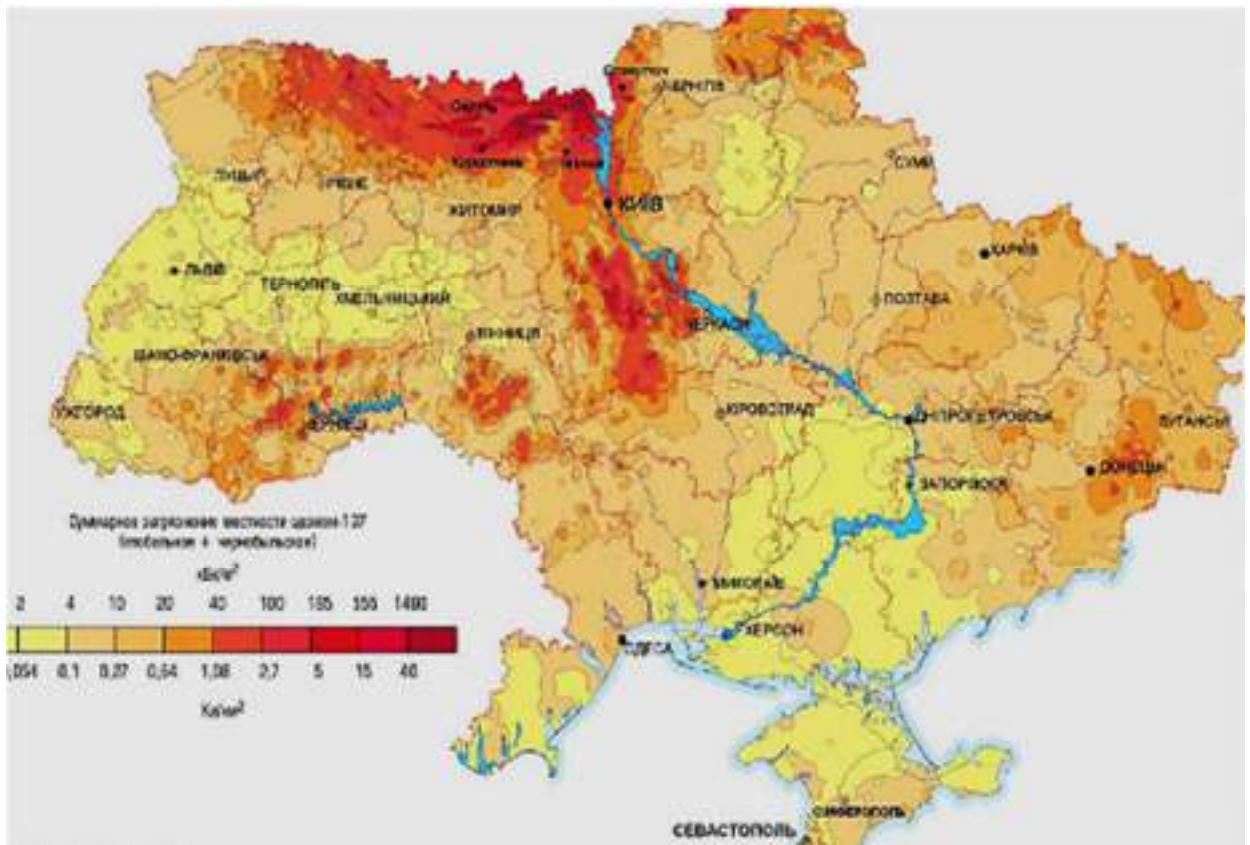


Рис. 3.0. Сумарне забруднення ґрунтового покриву України цезієм

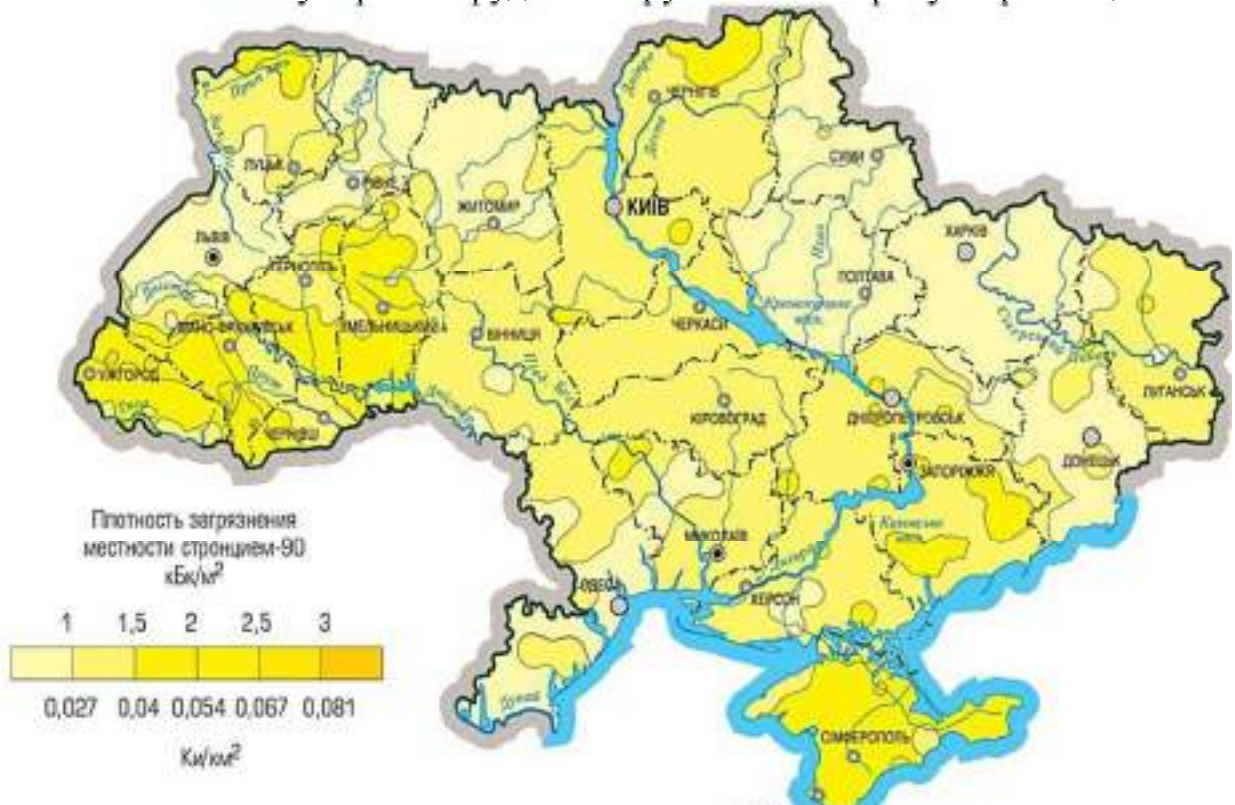


Рис. 3.1. Сумарне забруднення ґрунтового покриву України стронцієм



При цьому найбільшу сорбцію мають ґрунти з високим вмістом гумусу, багаті мулистою фракцією і з монтморилонітовим і гідрослюдним складом глинистих мінералів.

В даний час відомо понад 1300 штучних радіонуклідів, з яких найбільшу небезпеку становлять ізотопи  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ . Період напіврозпаду у стронцію – 28 років, цезію – 30 років. Вони відрізняються високою енергією випромінювання і здатні активно включатися у біологічний кругообіг.

Штучні (техногенні) радіонукліди умовно розділені на три групи:

– **радіоактивні продукти ділення** (найбільш значущі з яких  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{131}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ );

– **продукти наведеної активації** (в тому числі  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ );

– **трансуранові елементи** (серед яких найбільш довгоживучі  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{239}\text{Np}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{244}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{242}\text{Cm}$ ,  $^{243}\text{Cm}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ ).

Штучна радіоактивність може виникати при внесенні фосфорних добрив (часто містять ізотопи урану), а також зольними викидами теплових електростанцій, працюючих на вугіллі і горючих сланцях, що містять уран, радій, торій, полоній. Радіоелементи розносяться вітром, дощовими і талими потоками, розширюючи зони радіоактивних забруднень ґрунтового покриву та природних вод, піддаючи радіоактивному опроміненню живі організми. При роботі АЕС у навколишнє середовище надходять інтенсивно мігрують продукти розпаду –  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ , а також нукліди з наведеною активністю –  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ .

Вміст радіонуклідів у ґрунті збільшується при внесення меліорантів, органічних і мінеральних добрив, що містять радіоактивні речовини. Так, активність 1 кг фосфорних добрив складає: суперфосфату – 120 Бк, збагаченого концентрату – 70 Бк. При середніх дозах внесення цих добрив (60 кг/га) у ґрунт додатково поступають радіонукліди, активність яких за такої норми добрива дорівнює  $1,35 \cdot 10^6$  Бк. Підвищується радіоактивність ґрунту при вапнуванні за рахунок  $^{48}\text{Ca}$ , концентрація якого в природній суміші ізотопів кальцію становить 0,19 %.

Радіоактивне забруднення ґрунту не впливає на рівень родючості, але призводить до накопичення радіонуклідів в продукції рослинництва. Однак зі збільшенням рівня родючості концентрація радіонуклідів у врожаї знижується за рахунок збільшення біомаси врожаю. Посилення антагонізму між іонами радіонуклідів і внесених солей у вигляді добрив або меліорантів (Ca – Sr, K – Cs) перешкоджає надходженню стронцію і цезію у рослини.

В даний час ґрунт є основним джерелом надходження радіонуклідів у сільськогосподарську продукцію (Рекомендації, 1991). Більшість штучних радіонуклідів утримується компонентами твердої фази ґрунту, завдяки чому вони акумулюються у верхній частині ґрунтового профілю. У ґрунтах легкого гранулометричного складу радіонукліди проникають глибше, ніж на

важких ґрунтах, в результаті чого вони можуть досягати рівня ґрунтових вод і вступати з ними в річкову мережу.

На фіксацію радіонуклідів впливають вміст гумусу, гранулометричний і мінералогічний склад, реакція середовища. По мірі збільшення вмісту органічної речовини і ступеня дисперсності ґрунтових частинок сорбція  $^{90}\text{Sr}$  посилюється. У сорбції  $^{137}\text{Cs}$  основну роль відіграють глинисті мінерали, особливо ілліт, вермикуліт. При підкисленні середовища рухливість штучних радіонуклідів зазвичай зростає, а в нейтральних і лужних ґрунтах знижується. Основна кількість стронцію і цезію, поглинута рослинами, накопичується в їх надземній масі, а інші радіонукліди – в коренях.

В цілому найбільш висока сорбція радіонуклідів відзначається у ґрунтах важкого гранулометричного складу з високим вмістом гумусу і мінералів типу вермикуліту, монтморилоніту, гідрослюд. У таких ґрунтах відбувається міцне закріплення штучних радіонуклідів компонентами ГВК, що запобігає залученню їх до міграційних процесів і надходженню в рослини.

Виробнича діяльність людини, зокрема переорювання угідь, призводить до досить рівномірному розподілу радіонуклідів в межах орного шару. Оранка з обертанням шару ґрунту обумовлює переміщення радіонуклідів у глиб ґрунту, а внесення добрив і вапна різко знижує надходження їх у культурні рослини (в 4-5 разів).

За своїми властивостями  $^{90}\text{Sr}$  близький до кальцію, а  $^{137}\text{Cs}$  до калію. Тому поведінка цих радіоізоотопів подібна до поведінки кальцію і калію. Значна частина радіонуклідів цезію і стронцію закріплюється ґрунтами за типом обмінного поглинання, хоча  $^{137}\text{Cs}$  здатний і до необмінного поглинання.

Міграція радіонуклідів також залежить від міцності зв'язків із ґрунтом. У легких ґрунтах вона виражена сильніше, ніж у важких. Збір, аналіз та узагальнення даних радіологічного обстеження орних земель України показали, що станом на 1.01.2015 р. забруднення цезієм-137 на рівні понад 37 кБк/м<sup>2</sup> на сільськогосподарських угіддях України поширене на 462 тис. га, з них – орних земель 346 тис. га. Забруднені площі є на території 12 областей, де було обстежено 8,8 млн га. Найбільші площі угідь, забруднених цезієм-137, поширені в областях: Житомирській – 156 тис. га, Черкаській – 76, Рівненській – 52, Чернігівській – 52, Вінницькій – 50, Київській – 34 тис. га. Стосовно забруднення сільськогосподарської продукції найнебезпечнішими ґрунтами є: торфовища, торфоголейові та торфовоболотні ґрунти. На таких ґрунтах коефіцієнти переходу цезію-137 з ґрунту в рослинність у десятки разів перевищують відповідні значення порівняно до мінеральних ґрунтів. До найвразливіших мінеральних ґрунтів на Поліссі відносяться дерново-підзолисті ґрунти легкого гранулометричного складу (піщані й супіщані), які через недостатнє забезпечення поживними речовинами, зокрема калієм та

кальцієм, низький вміст глинистих мінералів, кислу реакцію ґрунтового розчину мають високий коефіцієнт переходу радіонуклідів з ґрунту в рослинність. Тобто, у цих ґрунтах послаблені процеси необмінного поглинання радіонуклідів ґрунтом та відсутні антагоністи накопичення радіонуклідів у рослинах.

Забруднення ґрунту стронцієм на сільськогосподарських угіддях України спостерігається у значно більших масштабах, ніж цезієм. У межах 0,74- 5,55 кБк/м<sup>2</sup> стронцієм-90 забруднено 4,6 млн га, що становить 52 % від обстеженої площі. Територія сільськогосподарських угідь Вінницької, Київської, Черкаської та Чернігівської областей суцільно забруднена радіостронцієм. Таке інтенсивне поширення цього радіонукліду на території України зумовлене насамперед глобальними викидами стронцію-90 під час випробувань ядерної зброї в атмосфері.

Забруднення угідь стронцієм-90 внаслідок Чорнобильської катастрофи було менш інтенсивним і поширилося, в основному, в межах зони відчуження та на прилеглих до неї територіях, проте в аерозольних випадках стронцій поширився і значно далі. Загалом нині радіаційна ситуація на забруднених територіях порівняно з раннім поставарійним періодом покращилась. Це відбулося за рахунок:

- природних автореабілітаційних процесів (радіоактивного розпаду, фіксації та перерозподілу радіонуклідів у ґрунті);
- проведення комплексу контрзаходів, спрямованих на посилення біогеохімічних бар'єрів з метою блокування радіонуклідів у ґрунтах, що забезпечує зниження радіаційного забруднення продуктів харчування місцевого виробництва;
- посиленого радіоекологічного моніторингу ґрунтів та сільськогосподарської продукції, її радіологічного контролю і чіткого дотримання рекомендацій з ведення сільськогосподарського виробництва.

#### ***Динаміка поглинання та міграції радіоактивних елементів в ґрунтах.***

Вміст в ґрунтах радіоактивних елементів незначний і тому вони не впливають на зміну основних властивостей ґрунту: реакцію ґрунтового розчину, рухомість елементів живлення рослин тощо. Важливе значення для характеристики ґрунтів має гранична концентрація радіоактивних речовин, які надходять з ґрунту в рослинні організми, розподіл їх по профілю та швидкість самоочищення ґрунту від радіоактивного забруднення. В основному переміщення радіонуклідів відбувається за рахунок біологічного перемішування ґрунтової маси, просіювання часток радіоактивного пального крізь пори ґрунту та руху ґрунтової вологи, яка містить розчинені і колоїдні форми радіоактивних елементів.

Потрапляючи у ґрунт, частки радіоактивного пального зазнають хімічних змін, в результаті чого виникають обмінні і необмінні форми сполук. Обмінні форми вбираються ГВК в кількості, яка зумовлена ємністю вбирання цього ґрунту. Оскільки ґрунти Київського та Житомирського

Полісся мають низьку ємність вбирання, обмінні форми  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  вбираються неповністю. В цих ґрунтах швидкість вилуговування  $^{90}\text{Sr}$  більша, ніж швидкість його закріплення колоїдами. Частина їх в розчиненому стані мігрує в нижні горизонти ґрунту. При випаданні таких сполук на ґрунти з високою ємністю вбирання (сірі лісові, чорноземи, каштанові) вони майже повністю будуть закріплюватися ґрунтом. Необмінні форми сполук мігрують в нижні горизонти дуже повільно. Рухомість радіоактивних елементів в ґрунтах неоднакова. За цією властивістю вони утворюють такий ряд:  $^{90}\text{Sr} > ^{106}\text{Ки} > ^{137}\text{Cs} > ^{144}\text{Cs} > ^{129}\text{I} > ^{239}\text{Pl}$ .  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  за хімічними властивостями є аналогами Са і К. Тому поведінка їх в біологічному кругообігу речовин подібна до поведінки зазначених елементів. Кореневі системи рослин однаково засвоюють як кальцій, так і стронцій, як калій, так і цезій. Щоб зменшити засвоєння рослинами зазначених радіоактивних ізотопів, слід підвищувати концентрацію Са і К внесенням мінеральних добрив.

Розподіл радіоактивних елементів по профілю ґрунту залежить від механічного складу і водного режиму ґрунту. На глинистих і суглинкових ґрунтах з непромивним режимом основна частина радіонуклідів антропогенного походження протягом багатьох років зберігається у верхньому (до 10 см) шарі ґрунту. Отже, швидкість вертикальної міграції на таких ґрунтах дуже низька. Значно швидше мігрують радіонукліди вглиб піщаних ґрунтів. За 10-15 років вони проникають на глибину до 40-50 см. При досягненні рівня ґрунтових вод вони починають мігрувати горизонтально і можуть потрапити в гідрографічну мережу.

Радіонукліди, що випали на поверхню ґрунту, виносяться за межі забрудненої території поверхневим стоком води. За даними Ф. А. Тихомирова (1988), на рівнинних територіях гумідних ландшафтів поверхневий і ґрунтовий стоки  $^{90}\text{Sr}$  за рік становлять 0,4 % загального його запасу, а в гірських районах – до 5 %. Він підрахував, що період напівочищення орного горизонту з урахуванням радіоактивного розпаду становить приблизно 0,4-0,7 періоду піврозпаду цих елементів ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ), тобто 10-20 років. Радіоактивні ізотопи  $^{14}\text{C}$  та  $^{129}\text{I}$ , які увійшли до складу гумусу, залишаються в ґрунті на сотні років.

Отже, самоочищення ґрунтів від радіоактивного забруднення залежить від тривалості життя радіоактивних ізотопів та їх міграційної здатності. Прискорити цей процес можна вивезенням з поля біомаси рослин, яка засвоїла з ґрунту радіоактивні елементи.

**Охорона ґрунтів від забруднення радіоактивними речовинами.** До радіоактивних елементів, які можуть забруднювати ґрунт і є найбільш небезпечними належать:  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{295}\text{U}$  й особливо елементи з тривалим періодом розкладу, як, наприклад,  $^{137}\text{Cs}$  (50 років) і  $^{90}\text{Sr}$  (27 років).

Потенційними джерелами радіоактивного забруднення можуть бути аварії або нещасні випадки на атомних установках. Проте іонізуюче випромінювання у природі існує та існувало раніше. Це пов'язано із космічною радіацією, яка заповнює всі міжзоркові та навіть міжгалактичні

простори. Крім іонізуючого випромінювання космічних елементів, людина піддається впливу телурових компонентів, викликаних наявністю у земній корі багатьох радіоактивних елементів, які постійно випромінюють радіацію.

У 50-80 роках важливим джерелом радіоактивного забруднення ґрунтів було випробування атомних бомб, а в 1986 році – аварія на ЧАЕС.

Радіоактивні елементи у ґрунті мігрують переважно двома способами. Перший зумовлюється переміщенням їх у результаті господарської діяльності людини, а другий – фізико-хімічними властивостями як ґрунту, так і окремих ізотопів. Істотне значення у цьому процесі мають: форма сполук, в яких перебувають радіонукліди, наявність у ґрунті іонів, близьких за хімічними властивостями до радіоізотопів, рН середовища, кількість опадів та деякі ґрунтово-кліматичні умови. Так, із крутих схилів радіонукліди разом з частками ґрунту можуть змиватися поверхневими стоками і накопичуватися у низинах та водних джерелах.

У ґрунті, особливо в його верхньому горизонті, концентруються радіоактивний стронцій ( $^{90}\text{Sr}$ ) і цезій ( $^{137}\text{Cs}$ ), звідки вони потрапляють у рослини або до тварин.

#### **Токсичні хімічні елементи та важкі метали**

**Токсичні хімічні елементи** (фтор, хлор, сірка, миш'як) – це елементи, вміст яких в значних кількостях в ґрунтах негативно впливає на розвиток рослин (табл. 2.9).

**Важкі метали** (свинець, ртуть, хром і ін.), Накопичуючись в ґрунті, поглинаються рослинами, що призводить до погіршення якості продуктів харчування, коли їх вміст перевищує санітарні норми. Важкі метали міцно утримуються колоїдними комплексами ґрунтів, тому їх концентрація в розчині невелика. Вміст і властивості деяких елементів представлені в таблиці. Отже, виділяються наступні особливості хімічного складу ґрунтів:

1. **Поліхімізм.** Ґрунт містить великий набір елементів: в ґрунтах практично всі вхідні в їх склад хімічні елементи в тій чи іншій мірі є обов'язковими і необхідними.

2. **Різноманітні форми сполук окремих елементів.** Один і той же елемент представлений декількома з'єднаннями, а одна і та ж речовина може бути в різних кристалічних або аморфних станах.

3. **Високий вміст C і Si,** що відображає одночасний вплив двох чинників ґрунтоутворення: рослинного і тваринного світу, з одного боку, і ґрунтоутворюючих порід – з іншого.

4. **Великий діапазон концентрацій.**

5. **Мінливість (динамічність) складу в часі.**

Ці особливості хімічного складу ґрунтів підкреслюють самостійну хімічну природу ґрунтів, що відрізняє їх від гірської породи. Хімічний склад ґрунтів постійно змінюється відповідно до безперервності процесів вивітрювання і ґрунтоутворення.

Середній вміст елементів в ґрунтах, мг / кг по М.Б. Кіркхему (Орлов Д.С., 1992)

Елемент	Загальний вміст	Рухомі форми	Примітка
Ag	0.1 (0,1-5)	0,02 (0,01-0,05)	Міцно пов'язаний з органічними і мінеральними компонентами, в рослинах зазвичай менше 0,01 мг/кг
As	6 (0,1-40)	2,7 (0,03-11)	Акумуляється в мулистій фракції, токсичний для ссавців
Au	1	–	–
B	10 (2-130)	1,9 (0,01-130)	Накопичується в засолених і лужних ґрунтах; токсичний при підвищеній концентрації, але при дефіциті знижується врожай
Ba	500 (100-3500)	138 (4-3500)	Зустрічається поблизу гірничих видобутків, де може бути токсичним
Be	6 (0,1-40)	–	Діє подібно Al, не накопичується в рослинах
Br	5 (1-10)	–	Зазвичай пов'язаний з органічною речовиною
Cd	0,5 (0,01-0,7)	0,06 (0,01-0,5)	Один з найбільш токсичних елементів
Cl	100	10 (7-50)	Звичайний в засолених і лужних ґрунтах
Co	8 (1-40)	1,1 (0,001-15,4)	Підвищений вміст у ґрунтах, розвинених на базальтах і серпентинах; при дефіциті можливі захворювання жуйних
Cr	100 (5-3000)	0,3 (0,01-3,9)	Акумуляється в коренях, підвищений вміст у ґрунтах, розвинених на базальтах і серпентинах
Cs	6 (0,3-25)	–	–
Cu	20 (2-100)	2,9 (0,02-19,2)	Міцно зв'язується гумусом, можливі прояви дефіциту, рідше – токсичності
F	200 (30-300)	–	Фіксується глинистими мінералами і апатитом; при дефіциті – зубні захворювання, при підвищених рівнях токсичний для травоядних

Hg	0,03 (0,01-0,8)	–	З'єднання леткі, один з найбільш токсичних елементів
I	5	0,01	Сильно зв'язується гумусом, при дефіциті у людини розвивається хвороба зобу
In	0,1	–	Родинний алюмінію
Li	30 (7-200)	–	–
Mn	850 (100-4000)	110 (15-170)	У слабо дренованих і кислих ґрунтах можливо прояв токсичності; при дефіциті (нейтральні, лужні, добре гумусовані ґрунти) можливо безпліддя у ссавців
Mo	2 (0,2-5)	0,9 (0,001-4,8)	На ґрунтах, збагачених Мо, трави можуть бути токсичними для тварин, але при дефіциті знижуються врожаї
Ni	40 (5-5000)	18 (0,1-403)	При надлишку затримує ріст рослин
Pb	10 (2-200)	4,4 (0,05-46)	Накопичується в карбонатних ґрунтах, інтенсивно сорбується гумусом, один з найбільш токсичних елементів
Ra	$0,8 \cdot 10^{-6}$ ( $0,3 \cdot 2 \cdot 10^{-6}$ )	–	За хімічною поведінкою схожий з кальцієм
Sc	7 (10-25)	–	Схожий з алюмінієм
Se	0,2 (0,01-38)	0,1 (0,005-9,1)	Хімічні селенати схожі з сульфатами; збагачені корені можуть бути токсичні для ссавців
Sn	10 (2-200)	1,4 (0,04-6,8)	Інтенсивно сорбується гумусом
Sr	300 (50-1000)	–	Схожий з Ва і Са
Tl	0,1	–	Схожий з алюмінієм, міцно фіксується в ґрунті, у нейтральних ґрунтах не токсичний до 100 мг/кг
U	1 (0,9-9)	–	Зв'язується органічною речовиною тонкими фракціями
W	1	–	Схожий з Мо; помірно токсичний для рослин
Zn	50 (10-300)	9,6 (0,01-200)	При дефіциті знижуються врожаї; рідше токсичність проявляється в районах рудопрояви

Оцінюючи роль окремих елементів у ґрунтоутворенні, виділяють групу елементів, що грають конституційну роль, тобто тих елементів, які входять в структуру решітки мінералів або молекул тих компонентів, з яких реально складається маса ґрунту. В першу чергу це такі елементи, як Si, Al, O, які складають основу ґрунтових силікатів і алюмосилікатів; C, H, N, O – найважливіші компоненти органічної речовини. Мікроелементи, при їх найважливіших фізіологічних функціях, помітної конституційної ролі в ґрунтах не грають.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. У чому виявляється схожість і відмінність ґрунтів і порід за хімічним складом?
2. Які елементи переважають у ґрунтах?
3. Зазначте форми різних сполук елементів і їх рухливість.
4. Який валовий вміст азоту, фосфору, калію, сірки, кальцію, магнію в ґрунтах? Зазначте форми їхніх сполук і рухливість.
5. Як впливає хімічний склад ґрунтів і порід на ґрунтоутворення?
6. Розповісти про мікроелементи, їхнє значення для живлення рослин.
7. Чим викликається природна і штучна радіоактивність?
8. У чому схожість і відмінність ґрунтів і порід за хімічним складом?
9. Від чого залежить елементний склад ґрунтів?
10. Який існує зв'язок між хімічним складом ґрунту і характером ґрунтоутворювальних процесів?
11. Опишіть валовий хімічний склад основних ґрунтів.
12. В яких основних формах знаходяться хімічні елементи в ґрунтах?
13. Які елементи відносять до макроелементів?
14. Які групи елементів можуть міститися в твердій фазі ґрунтів?
15. У чому полягають особливості хімічного складу твердої фази ґрунтів?
16. Які хімічні елементи переважають у ґрунтах?
17. Як відображається хімічний склад ґрунтів на їх родючості?
18. Чому в земній корі і в ґрунтах переважають мінерали, що містять кисень, кремній і алюміній?
19. Як реагують рослини на підвищений вміст алюмінію і мангану в ґрунті?
20. Опишіть умови, при яких може посилитися негативний вплив алюмінію і мангану на рослину.
21. Назвіть групи рослин по чутливості до алюмінію і мангану.
22. Які елементи в ґрунтах можуть бути токсичними?
23. Які джерела токсичних елементів в ґрунтах?
24. Як підвищений вміст токсичних елементів впливає на властивості ґрунтів?
25. Що є джерелом природних радіоактивних елементів в ґрунті?
26. Від чого залежить вміст природних радіонуклідів у ґрунтоутворюючих породах?



# РОЗДІЛ 3. ВЧЕННЯ ПРО ГЕНЕЗИС І ЕВОЛЮЦІЮ ҐРУНТІВ, ПРИНЦИПИ КЛАСИФІКАЦІЇ ҐРУНТІВ

## 3.1. Сучасне уявлення про ґрунт його генезис та еволюцію

В сучасній науці **ґрунт** (від нім. Grund – земля, основа) розглядається як самостійне природно-історичне органо-мінеральне тіло, що виникло у поверхневому шарі літосфери Землі в результаті тривалого впливу біотичних, абіотичних і антропогенних факторів, має специфічні генетико-морфологічні ознаки і властивості, що створюють умови для росту і розвитку рослин.

**Варіанти визначення ґрунту.** Ґрунт – біокосне природно-історичне тіло, що має вертикальну будову профіля, і є поліфункціональною і полікомпонентною відкритою багатофазною структурною системою в поверхневому шарі кори вивітрювання гірських порід, що володіє родючістю, і є комплексною функцією гірської породи, клімату, біологічних факторів, рельєфу та часу.

Визначення ґрунтової школи США: **ґрунт** – це природне тіло, що складається з твердих (мінеральних і органічних) речовин, рідини і газів, утворюється на поверхні землі, має горизонтальне поширення і характеризується одним або двома послідовними горизонтами або шарами, які відрізняються від вихідного матеріалу в результаті накопичення, виносу, зміни і перетворення енергії та матерії і здатне підтримувати коріння рослин в природному середовищі.

За **світовою реферативною базою ґрунтових ресурсів (WRB)**, ґрунт – будь-який матеріал у межах 2 м від поверхні Землі, що контактує з атмосферою (за винятком ділянок із суцільним льодом, водних тіл, глибших 2 м, живих організмів).

**До основних ознак ґрунту відносять:**

Верхній неглибокий шар земної кори

Результат взаємодії живих організмів з гірськими породами

Процеси утворення і розвитку ґрунту включаються в складні кругообіги речовин і енергії

Природне утворення з унікальним складом речовин

Складна просторова організація з диференціацією ознак, властивостей і процесів

Загальною і найважливішою ознакою ґрунту є його здатність забезпечувати умови створення урожаю органічною речовиною.



Рис 3.1. Діаграма основних функцій ґрунтів.

Б. Г. Розанов (1988) виділив **п'ять глобальних функцій ґрунту** (рис. 3.1.).

1. **Ґрунт забезпечує існування життя на Землі.** Майже всі живі організми суші одержують елементи мінерального живлення з ґрунту. Ґрунт є основою для закріплення вищих рослин, його населяють мікроорганізми, нижчі рослини, тваринні організми. Отже, ґрунт одночасно є наслідком і умовою їх існування. В цьому полягає діалектична єдність біосферних процесів.

2. **Ґрунт є сферою постійної взаємодії великого геологічного і малого біологічного кругообігу речовин на Землі.** В ґрунті відбуваються процеси вивітрювання мінералів і гірських порід. Продукти вивітрювання частково виносяться атмосферними опадами в гідрографічну сітку, а звідти у Світовий океан, де вони утворюють осадові породи, які внаслідок тектонічних явищ можуть знову опинитись на поверхні Землі і зазнати вивітрювання. За такою схемою відбувається великий геологічний кругообіг речовин.

Одночасно водорозчинні елементи засвоюються з ґрунту рослинами через ланцюг трофічних ланок знову повертаються в ґрунт. Так здійснюється малий біологічний кругообіг речовин.

3. **Ґрунт здійснює регулювання біосферних процесів на Землі.** Завдяки динамічному відтворенню родючості в ґрунті і на його поверхні підтримується висока насиченість живими організмами.

4. **Ґрунт регулює хімічний склад атмосфери і гідросфери.** Фізичні, хімічні і біологічні процеси, які відбуваються в ґрунті (дихання живих

організмів, «дихання» ґрунту, міграція хімічних елементів), підтримують певний склад приземного шару атмосферного повітря та визначають хімічний склад континентальних вод.

5. **Ґрунт здійснює акумуляцію активної органічної речовини і хімічної енергії.** Основною формою органічної частини ґрунту і носієм енергії є гумус. За даними В. А. Ковди (1970), у трав'янистих ландшафтах суші запаси енергії в гумусовому горизонті ґрунту в 20 – 30 разів більші запасів енергії в рослинній біомасі. Акумуляовані в ґрунті органічна маса і енергія економно витрачаються для підтримання життя і кругообігу речовин у природі.

### Загальна схема ґрунтоутворення

– вивітрювання гірської породи з утворенням нових (вторинних) мінералів і вивільненням в доступні форми елементів зольного живлення рослин (рис. 3.2);

– використання з материнської породи, а згодом і з ґрунту, елементів мінерального живлення і їх трансформація в складні органічні сполуки;

– накопичення у верхніх шарах породи рослинних і тваринних решток, їх мінералізація та гуміфікація з вивільненням елементів зольного та азотного живлення;

– взаємодія мінеральних і органічних речовин з утворенням складних орґано – мінеральних сполук різного ступеня рухомості;

– переміщення з током води і закріплення по профілю ґрунту, що утворюється, мінеральних, орґано – мінеральних і органічних сполук, в результаті чого формуються генетичні горизонти.

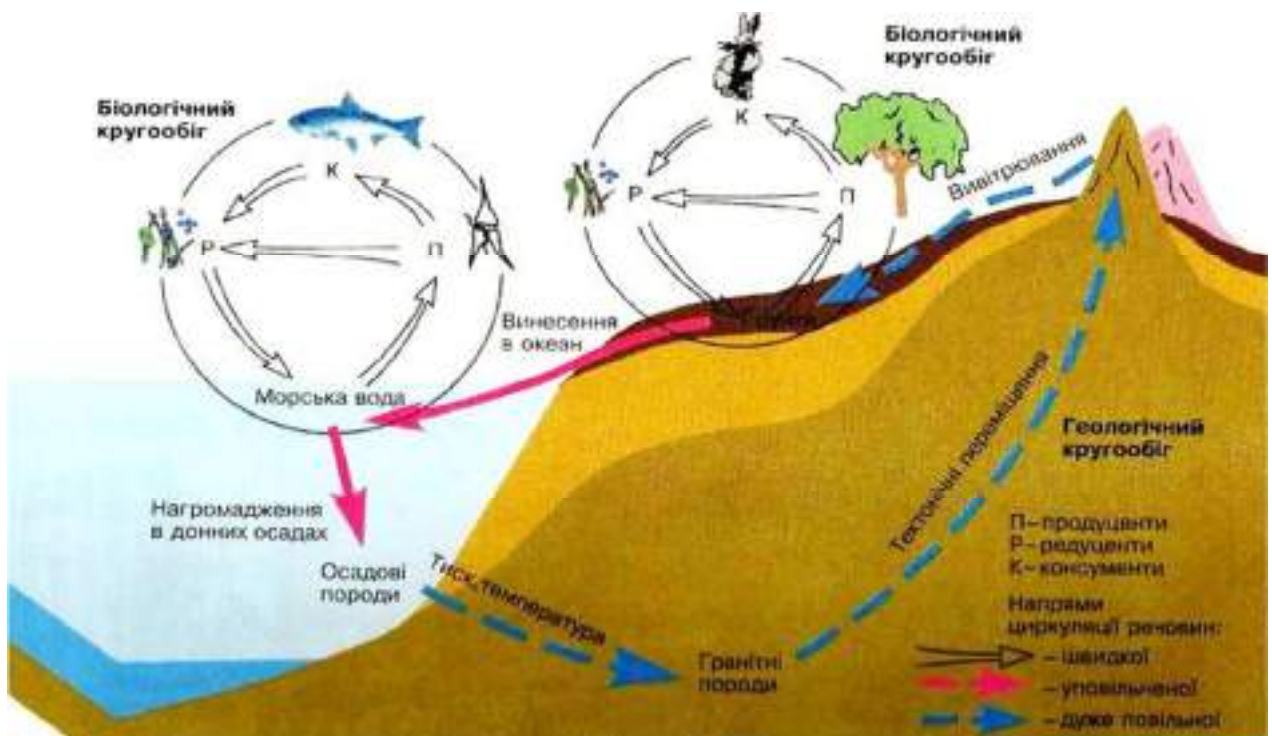


Рис. 3.2. Загальна схема біохімічного кругообігу в біосфері

**Вивітрювання (гіпергенез)** – процес руйнування гірських порід і мінералів під впливом деяких природних факторів (повітря, води, коливання температури, живих організмів). При цьому утворюються інші породи і синтезуються нові мінерали. Вивітрювання – це сукупність складних і різноманітних процесів, кількісних і якісних змін гірських порід. Горизонти гірських порід, змінені процесами вивітрювання, називають **корою вивітрювання** (потужність від кількох сантиметрів до 2-10 м) (рис. 3.3).

Вивітрювання нічого спільного з діяльністю вітру немає, хоч і співзвучне йому. Термін “вивітрювання” увійшов в геологічну літературу від невідомого німецького слова “das Wetter” – погода.

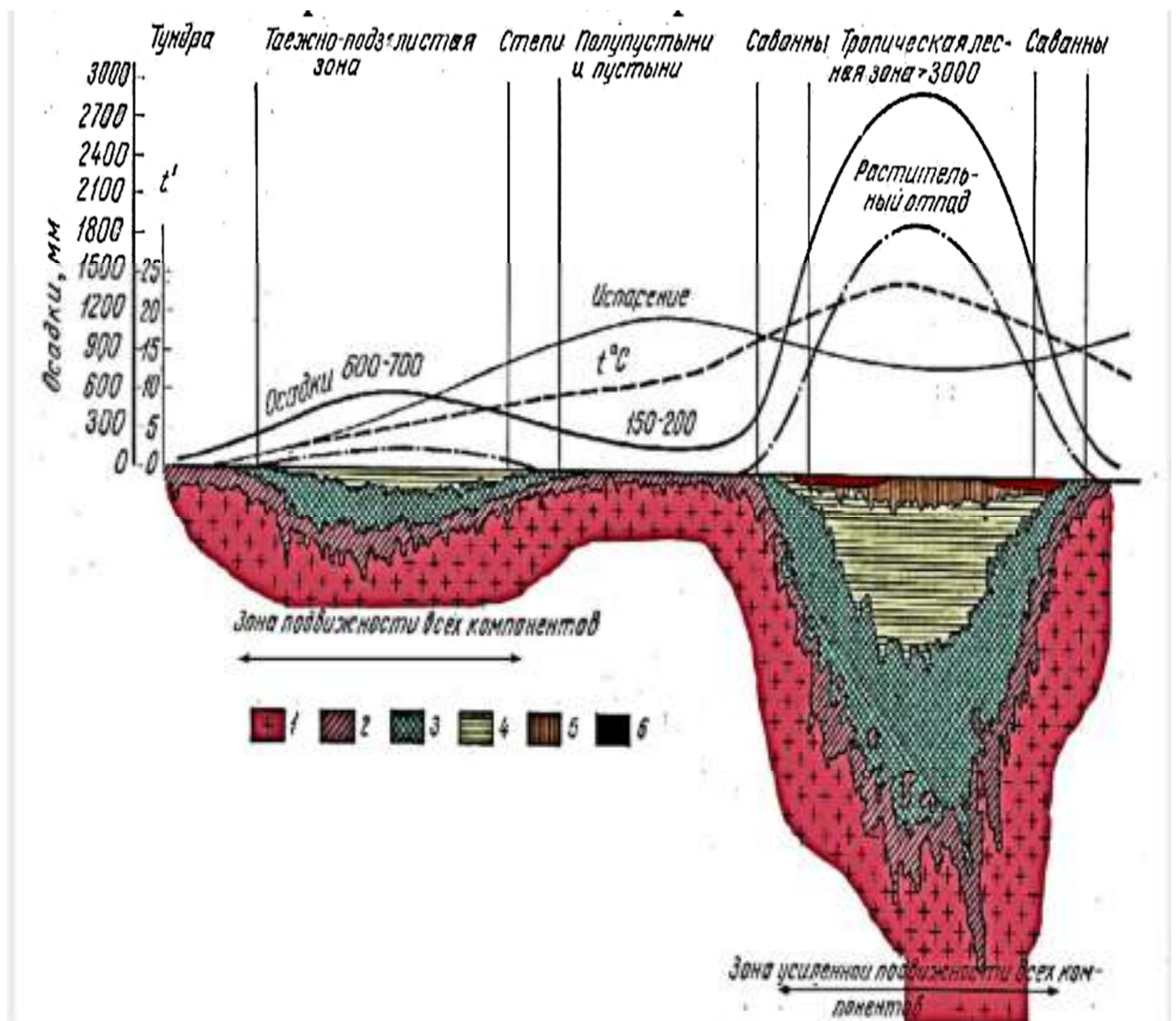


Рис. 3.3. Схема утворення кори вивітрювання в умов різних ландшафтних зон (мовою оригіналу).

Вивітрювання – єдиний процес, але для зручності його розуміння виділяють три його форми: фізичну, хімічну, біологічну.

**Фізичне вивітрювання** – механічне подрібнення гірських порід і мінералів без зміни їх хімічного складу.

Відбувається під впливом фізико-механічних факторів: зменшення тиску після виходу породи на поверхню; бічний тиск на уламок породи, зумовлений адсорбованою водою, льодом, корінням рослин і кристалами солей; коливання температури і різниця коефіцієнтів лінійного розширення мінералів, які входять до складу даної породи; руйнівна діяльність водних потоків, льодовиків, що рухаються, зсувів, вітру.

Внаслідок фізичного вивітрювання гірська порода набуває нових властивостей. Вона втрачає суцільність, стає подрібленою, проникною – пропускає крізь себе повітря, воду. Значно збільшується загальна поверхня уламків одиниці об'єму породи, що сприяє інтенсифікації хімічних процесів.

**Хімічний склад породи не змінюється.**

Деякі екзогенні мінерали (галіт, гіпс, мірабіліт, карналіт та ін.) утворюються в результаті осадження мінеральних солей на дні морів, озер і мілководних лагун у періоди інтенсивного випаровування води чи зниження її температури, коли розчин стає перенасиченим солями.

**Хімічне вивітрювання** (рис. 3.4) – процес хімічного руйнування гірських порід і мінералів, який супроводжується утворенням нових сполук.

Найважливішими факторами цього процесу є: розчинення у воді мінеральних сполук, їх гідроліз; окислення – відновлення; карбонатизація; коагуляція тощо.

Вода – універсальний розчинник на планеті. Розчинення мінералів водою прискорюється з підвищенням температури і насиченням її вуглекислим газом, який підкислює середовище. За таких умов хімічне вивітрювання відбувається значно швидше. Цим пояснюється наявність різноманітних кір вивітрювання в різних широтах земної кулі. Руйнування гірських порід в субтропічному і тропічному поясах йде в кілька разів швидше, ніж в помірному і полярному.

У процесах хімічного вивітрювання велике значення має гідроліз – хімічна реакція взаємодії води з мінералами. *Наприклад*, гідроліз ортоклазу відбувається за такою схемою:  $KAlSi_3O_8 + H_2O \rightarrow HAlSi_3O_8 + KOH$ . водень заміщує калій, а останній з іоном OH – утворює луг, який, в свою чергу, посилює руйнування мінералу.

Постійна наявність в розчинах вугільної кислоти зумовлює карбонатизацію – утворення карбонатів. *Наприклад*, з олівіна в результаті реакції карбонатизації утворюються магнезит, опал и сидерит.

Під впливом процесів хімічного вивітрювання порода збагачується вторинними мінералами і набуває таких властивостей, як в'язкість, пластичність, вологоємність, вбирна здатність та інші.

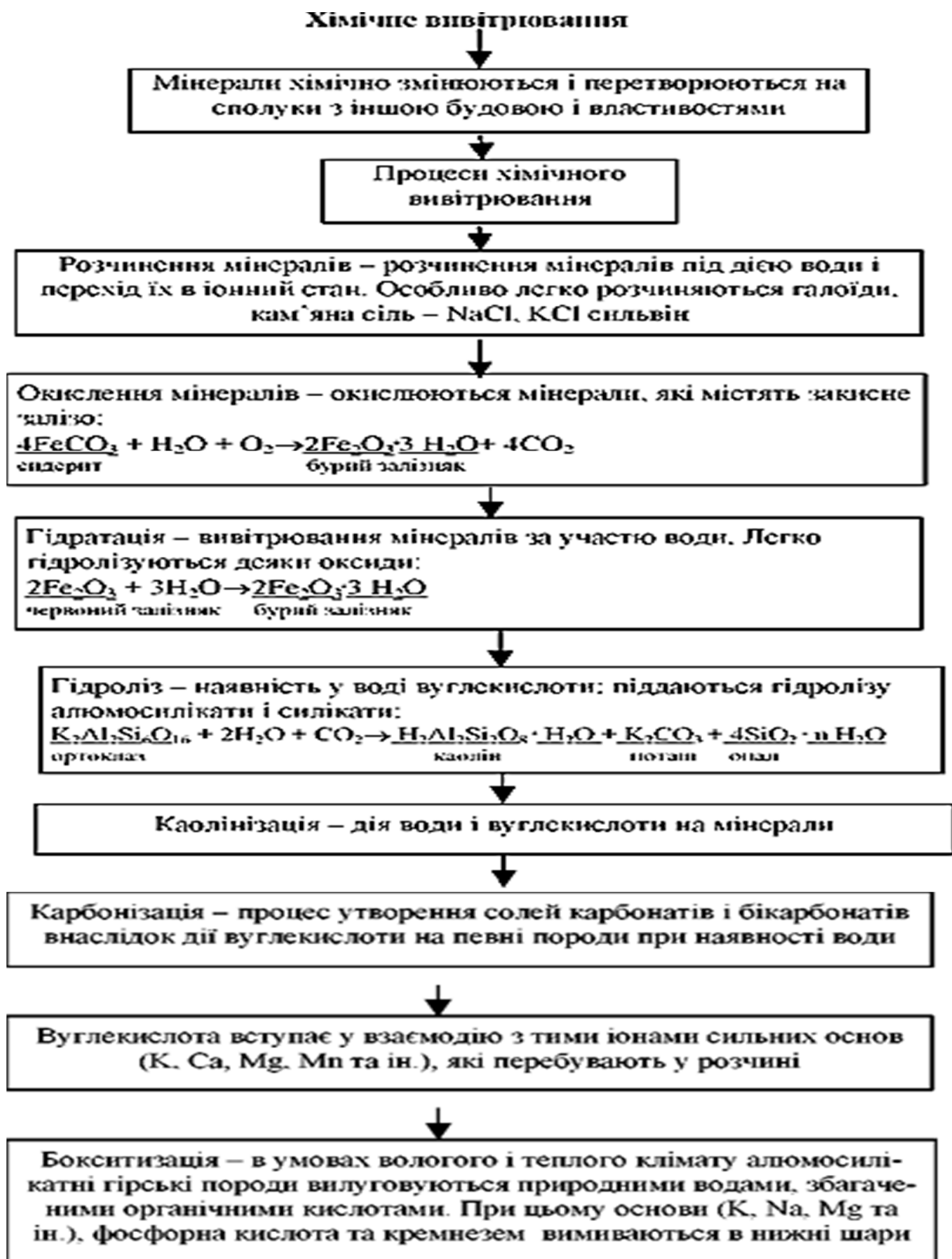


Рис. 3.4. Загальна класифікація схеми хімічного вивітрювання.

**Біологічне вивітрювання** – механічне руйнування і зміна хімічного складу гірських порід під впливом живих організмів та продуктів їх життєдіяльності. Відбувається під впливом таких факторів:

– засвоєння рослинами і мікроорганізмами елементів мінерального живлення;

– хімічних сполук, що утворилися при житті і після смерті організмів (кислоти, гумус, мінеральні солі тощо);

– реакцій окислення і відновлення з участю мікроорганізмів.

В природі практично немає чисто абіотичних (безжиттєвих) процесів механічного і хімічного вивітрювання.

Геохімічними дослідженнями доведено, що при вивітрюванні кислих порід формуються піски і супіски, середніх – суглинки і основних – важкі суглинки і глини.

Отже, **основними ґрунтоутворюючими породами** є продукти вивітрювання гірських порід.

### **Геологічний і біологічний кругообіги речовин**

Процес ґрунтоутворення базується на міграції і трансформації хімічних сполук як по вертикалі (в межах профілю), так і по горизонталі (в межах ґрунтового покриву планети в цілому або педосфери). Хід цих процесів здійснюється за певними закономірностями, що були описані В.І. Вернадським.

До зародження життя на Землі мав місце лише великий геологічний кругообіг речовин між сушею та океаном. В ньому вода, що випаровується з поверхні океану, а потім у вигляді атмосферних опадів поступає на поверхню суші, руйнуючи пухкі породи і переносючи продукти руйнування, а з ними зольні елементи живлення рослин в річки, моря та океани.

Вчення про біологічний кругообіг речовин у ґрунті розробив В.Р. Вільямс на підставі наукових ідей В.І. Вернадського про роль живих організмів у біохімічних процесах на нашій планеті.

Малий біологічний кругообіг протилежний геологічному. Рослинні організми, засвоюючи елементи живлення, вивільняють їх з великого геологічного кругообігу, переводять у форму органічних сполук власного тіла, звідки вони не можуть бути вимитими. Таким чином, деякі елементи надовго виключаються з глобального геохімічного потоку, неодноразово беручи участь в безперервних перетвореннях речовин земної поверхні.

### **Загальні аспекти та закономірності процесів ґрунтоутворення**

**Ґрунтоутворення** – складний процес взаємодії малого біологічного та великого геологічного кругообігів речовин та потоків енергії в межах кори вивітрювання гірських порід, що призводить до утворення ґрунту, його розвитку та еволюції.

**Суть процесу ґрунтоутворення** полягає у тому, що в наслідок біологічного кругообігу речовин ґрунтоутворююча порода взаємодіє з живими організмами та продуктами їх життєдіяльності.

Взаємодія біологічного і геологічного кругообігів проявляється через різні протилежно спрямовані процеси. Які відбуваються в ґрунті при його формуванні. Б.Г. Розанов наводить 13 таких процесів:

Руйнування первинних і вторинних мінералів – їх неосинтез.

Біологічна акумуляція елементів у ґрунті – засвоєння хімічних елементів організмами ґрунту.

Гідрогенна акумуляція елементів в ґрунті – геохімічне винесення елементів з ґрунту.

Розкладання органічних сполук – синтез нових органічних сполук.

Вбирання іонів з розчину твердою фазою ґрунту – перехід іонів з твердої фази в розчин.

Розчинення речовин – випадання речовин в осад.

Пептизація колоїдів – коагуляція колоїдів.

Низхідний рух розчинів – висхідний рух розчинів.

Зволоження ґрунтової маси – висихання ґрунтової маси.

Набрякання ґрунту – просідання ґрунту.

Нагрівання ґрунту – охолодження ґрунту.

Окислення – відновлення.

Фіксація азоту – денітрифікація.

**Генезис ґрунтів** – походження, утворення, розвиток ґрунтів і всіх належних їм особливостей (будова, склад, властивості та сучасні режими).

Засновник генетичного ґрунтознавства В. В. Докучаєв поклав початок вченню про фактори ґрунтоутворення. Він **уперше** встановив, що **ґрунт як природне тіло формується в результаті тісної взаємодії таких факторів: клімату, рослинності, ґрунтотворних порід, рельєфу місцевості і віку країни (часу).**

Під **факторами ґрунтоутворення** розуміють зовнішні відносно до ґрунту компоненти природного середовища, під впливом і за участю яких виникає ґрунт (рис. 3.5).

Початок вченню про фактори ґрунтоутворення покладено В.В. Докучаєвим, який відобразив цей процес у вигляді функціональної залежності ґрунту від клімату, гірської (материнської, ґрунтоутворюючої породи), рослинних та тваринних організмів, рельєфу і часу формулою:

$$П = f(КГОРТ)$$

де: П – ґрунт; К – клімат; Г – материнська порода; О – організми; Р – рельєф; Т – час.

Визнання також отримала теорія В.Р. Вільямса про провідну роль в процесах ґрунтоутворення біологічного фактора, і перш за все, зелених рослин.

На сьогоднішня докучаєвську формулу доповнюють шостим – антропогенним фактором. Перелічені фактори в їх різноманітному



сполученні створюють велику кількість типів ґрунтів, а комбінації останніх – мозаїчність ґрунтового вкриття.



Рис. 3.5. Комплекс чинників ґрунтоутворення

**Клімат** – статистичний багаторічний режим погоди в тій чи іншій місцевості.

Найважливішими параметрами клімату по відношенню до ґрунтоутворення є тепло та волога. За допомогою цих параметрів формується гідротермічний режим ґрунту – тепло- та вологообмін між ґрунтом та атмосферою (рис 3.6 а, б).

Для характеристики клімату за температурними умовами використовують суму середньодобових температур повітря понад 10°C за вегетаційний період.

Розрізняють групи клімату (рис. 3.7, табл. 3.1):

- холодний (полярний),
- помірно-холодний (бореальний),
- помірно-теплий (суббореальний),
- теплий (субтропічний),
- жаркий (тропічний).

Кожному поясу відповідає певна рослинність та типи ґрунтів.

Клімат поділяють на 6 груп за умовами зволоження:

- дуже вологі (екстрагумідний),
- вологі (гумідний),

- напіввологі (семігумідний),
- напівсухі (семіарідний),
- сухий (арідний)
- дуже сухий (екстраарідний).

Природно-кліматичні умови України дуже різноманітні, що визначає різну сприятливість територій для сільськогосподарського виробництва та забезпечення протікання різноманітних процесів у ґрунтах (рис. 3.6).

У межах зон, особливо широтних (Полісся, Лісостеп і Степ), спостерігається значний діапазон коливань гідротермічних умов унаслідок значної протяжності з заходу на схід і з півночі на південь, що визначає необхідність більш детальної характеристики природно-кліматичних умов на рівні підзон.

Шифр	Квітень-липень		Серпень-вересень		Листопад-березень опадн, мм	Температура січня, °С	Опади за рік, мм
	опадн, мм	ГТК	опадн, мм	ГТК			
ПЛ	Поліська лісова дерново-підзолистих і оглеєних ґрунтів						
	200-270	1,08-1,50	100-140	1,03-1,50	150-180	-7,9- -4,5	500-630
ЛС	Лісостепова чорноземів типових, опідзолених і сірих лісових ґрунтів						
	190-340	1,00-1,90	75-160	0,72-1,70	130-220	-7,9- -3,8	450-760
С	Степова Північна і Південна чорноземів звичайних і південних						
	145-210	0,67-1,00	60-90	0,42-0,81	120-210	-7,9- -0,7	370-520
СС	Сухостепова каштанових солонцюватих ґрунтів та солонців						
	100-145	0,47-0,70	50-60	0,40-0,50	120-140	-4,4- -2,0	310-390
КрПЛС	Кримська передгірно-лісостепова дерново-карбонатних ґрунтів						
	200-220	1,00-1,16	65-80	0,56-0,68	160-215	-2,0- -0,7	460-540
КрЛ	Кримська лісова буроземних ґрунтів						
	140-220	0,73-1,20	65-105	0,90-1,00	200-360	+0,3- +2,8	540-670
КрГС	Кримська гірсько-лучна чорноземоподібних ґрунтів						
	200-280	1,30-1,50	80-110	1,00-1,30	200-650	-3,7- -3,0	670-1100
КрКЛ	Кримська ксерофітно-лісова коричневих ґрунтів						
	90-160	0,40-0,60	60-75	0,40-0,50	150-400	+0,4- +3,8	350-650
ПКЛ	Прикарпатська лісова буроземно-підзолистих кислих поверхнево оглеєних ґрунтів						
	330-360	1,90-2,20	140-170	1,45-1,80	140-190	-5,4- -3,9	670-760
КЛ	Карпатська лісова буроземних кислих ґрунтів						
	400-420	2,40-2,70	180-200	2,20-2,30	210-400	-5,4- -4,7	900-1100
КГС	Карпатська гірсько-лучна буроземних кислих ґрунтів						
	450-500	2,70-4,90	200-240	2,70-3,60	210-500	-7,9- -5,4	980-1350
ЗКЛ	Закарпатська лісова буроземно-підзолистих поверхнево оглеєних ґрунтів						
	315-340	1,60-1,90	130-150	1,40-1,60	300-400	-4,8- -3,7	850-930
ЗКНЛ	Закарпатська низинна лісова лучно-буроземно-підзолистих ґрунтів						
	270-280	1,15-1,35	115-130	1,10-1,20	210-300	-3,6- -2,9	650-730

Рис. 3.6. Природно-кліматичні зони України і параметри їхніх гідротермічних умов

Класифікація типів кліматів за сумою температур понад 10°C

Група кліматів	Сума температур понад 10°C
Холодні (полярні)	≤600
Помірно-холодні (бореальні)	600–2000
Помірно-теплі (суббореальні)	2000–3800
Теплі (субтропічні)	3800–8000
Жаркі (тропічні)	≥8000

Групування ґрунтів за зволоженістю території

Група кліматів	КЗ
Дуже вологі (екстрагумідні)	>1,33
Вологі (гумідні)	1,33–1
Напіввологі (семигумідні)	1–0,55
Напівсухі (семіарідні)	0,55–0,33
Сухі (арідні)	0,33–0,12
Дуже сухі (екстраарідні)	<0,12

Рис. 3.7. Типологія клімату

Таблиця 3.1

### Планетарні термічні пояси

Пояс	Середньорічна температура, °С	Радіаційний баланс, кДж/см <sup>2</sup> ·год	Сума активних температур за рік, °С
Полярний (холодний)	(–23)–(–15)	< 42	< 600
Бореальний (помірно холодний)	(– 4)–(+ 4)	42–48	600–2000
Суббореальний (помірно теплий)	+ 10	84–209	2000–4000
Субтропічний (теплий)	+ 15	209–251	4000–8000
Тропічний (жаркий)	+ 32	251–335	>8000

При класифікації за основу беруть коефіцієнт зволоження (КЗ) – відношення річної кількості опадів до випаровування.

Серед факторів ґрунтоутворення важливе значення належить клімату. Тому, різноманіття водних режимів ґрунтів має велике значення в процесах ґрунтоутворення. Водні режими обумовлюють суттєві відміни в протіканні фізичних, хімічних, біологічних процесів в ґрунтах, впливають на процеси міграції речовин тощо. Певні співвідношення температурних умов та умов зволоження зумовлюють формування різних типів рослинності, швидкість утворення та розкладу органічної речовини, швидкість процесів гіпергенезу порід та, відповідно, процесів ґрунтоутворення. Суміщення температурних

показників та показників зволоження, ускладнене перемішуванням повітряних мас в приповерхневому шарі атмосфери за загальними законами циркуляції, створює гідротермічні умови формування ґрунтів.

Дослідженням гідротермічних умов формування ґрунтів присвячені праці Г.М. Висоцького, Б.Б. Полинова, М.І. Будико, В. Р. Волобуєва та ін. Оригінальним підходом до вирішення цієї проблеми стала концепція гідротермічних рядів, яку розробив В. Р. Волобуєв (1963). В своїх дослідженнях Волобуєв довів загальнопланетарний зв'язок між атмосферними опадами, середньорічними температурами, радіаційним балансом, випаровуванням і особливостями ґрунтового покриву. Базуючись на аналізі кореляційних зв'язків співвідношень цих метеопказників, було встановлено гідротермічні умови формування основних типів ґрунтів і виділено їх кліматичні ареали. За співвідношеннями надходжень тепла та вологи ґрунти класифікуються на дві категорії (рис. 3.8):

– **ґрунти із пригніченими біологічними процесами**, тобто, такі які сформувалися в регіонах з низьким зволоженням меншим 500 мм за рік, але знаходяться в різних термічних поясах. До цієї категорії належать, наприклад, сіроземи пустель, каштанові і тундрові ґрунти.

– **ґрунти сформовані у теплих і помірних, тропічних широтах** в чітких обмежених термічних умовах, але в широкому кількісному діапазоні атмосферних опадів від 600 мм за рік до 5000 мм за рік. Наприклад, бурі лісові ґрунти, жовтоземи субтропіків і латеритні вологих тропіків.

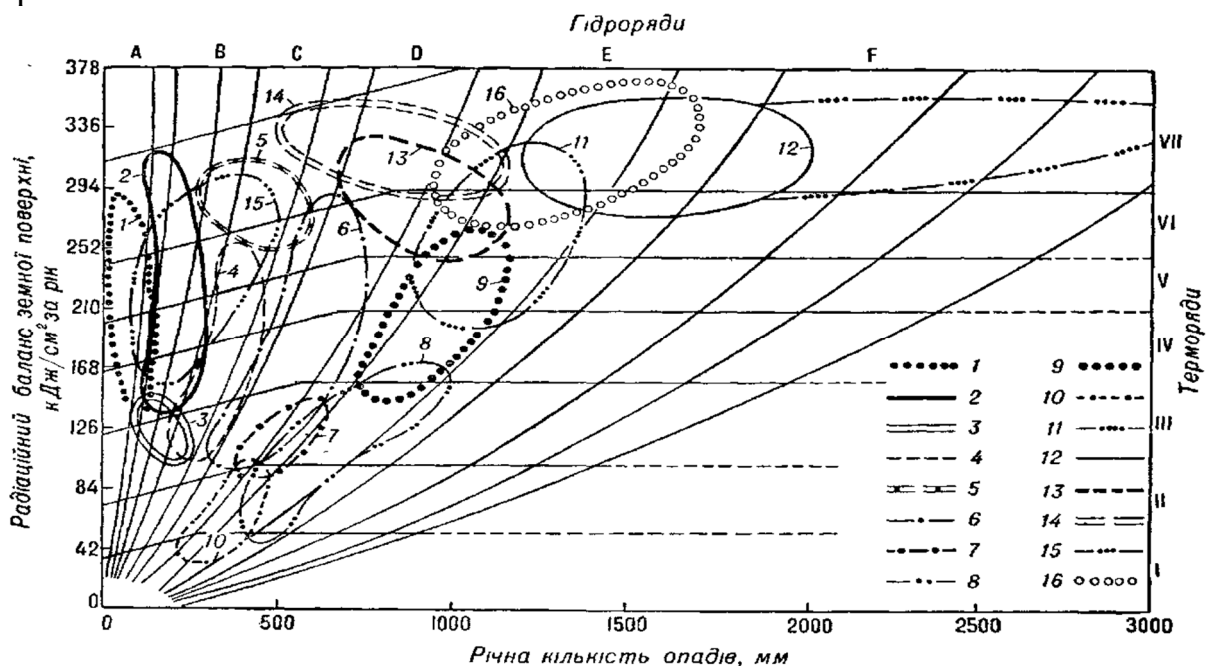


Рис. 3.8. Кліматичні ареали основних типів ґрунтів світу і гідротермічна система (за В.Р. Волобуєвим, 1963): 1 – піски пустель; 2 – сіроземи; 3 – бурі ґрунти напівпустель; 4 – каштанові ґрунти; 5 – каштанові ґрунти Африки; 6 – чорноземи; 7 – сірі лісові; 8 – підзолисті ґрунти; 9 – бурі лісові; 10 – тундрові ґрунти; 11 – жовтоземи; 12 – червоноземи; 13 – коричневі ґрунти сухих лісів і

чагарників (Африка); 14 – чорні тропічні ґрунти; 15 – бурі ґрунти тропічних напівпустель; 16 – червоно-бурі ґрунти саван.

На графіку позначено ряди зволоження (гідроряди) і термічні ряди. Гідроряди об'єднують ґрунти, які формуються в різних термічних умовах, але в умовах майже однакового зволоження. Терморяди, навпаки, об'єднують ґрунти, які формуються в умовах різного зволоження, але в близьких термічних умовах. Всього позначено сім гідрорядів: пустинний (А), сіроземний (В), каштановий (С), чорноземний (D), три підзолистіх (Е, F, G) і сім терморядів: арктичний (I), субарктичний (II), помірно холодний (III), помірний (IV), помірно теплий (V), субтропічний (VI) і тропічний (VII).

Описаний вплив клімату через прогрівання та охолодження ґрунтів, а також промочування та висушування визначається як прямий. Але вплив клімату відмічається ще й як побічний – вплив клімату на рослинність. Чим краще клімат, тим кращі формуються рослинні формації і тим більше органічної речовини поступає у ґрунт.

**Фактор організмів** залежить від клімату, який визначає характер зелених рослин, мікроорганізмів, тварин, що населяють біогеоценоз. Основна роль у ґрунтоутворенні належить зеленим рослинам – творцям органічної речовини і мікроорганізмам – її руйнівникам.

Розрізняють наступні рослинні формації: дерев'яниста, лучно-трав'яниста, степова, пустельна, мохово-лишайникова. Рослинні формації у сукупності з мікроорганізмами по різному впливають на утворення ґрунтів.

Наприклад: чорноземи – ґрунти трав'янистих степів. Наслідком поселення на чорноземах лісів є опідзолення чорноземів. Мохово-лишайникова рослинність має обмежену біомасу, яка після відмирання попадає тільки на поверхню ґрунту, мохи мають високу вологоємність, що сприяє перезволоженню, консервації рослинних залишків, утворенню торфу.

Основну біомасу на земній кулі створює вища рослинність, тому саме вона відіграє найважливішу біологічну роль у ґрунтоутворенні (табл. 3.2, рис 3.9). Зелені рослини – єдине першоджерело органічної речовини в ґрунті. Головна їх функція – забезпечення біологічного кругообігу речовин, тобто поглинання з ґрунту елементів живлення і води, синтез органічної маси, повернення її у ґрунт після закінчення життєвого циклу.

Характер участі рослин у ґрунтоутворенні різноманітний і залежить від типу рослинності. У ґрунтознавстві для характеристики впливу рослин на ґрунтоутворення **розрізняють такі рослинні формації:**

– група дерев'янистих формацій: тайгові ліси, широколистяні ліси, вологі субтропічні та вологі тропічні ліси;

– група перехідних дерев'янисто-трав'янистих формацій: ксерофітні ліси й чагарники, савани;

– група трав'янистих формацій: суходольні й заболочені луки, трав'яні прерії, степи помірного поясу, субтропічні чагарникові степи;

– група пустельних формацій – суббореальних, субтропічних і тропічних;

– група лишайниково-мохових формацій: тундри, болота.

Фітомаса, утворена вищими рослинами, дуже мінлива і залежить від типу рослинності та умов її формування. Біомаса деревних рослин змінюється:

збільшується від високих широт до більш низьких, а трав'янистої рослинності лук і степів знижується від лісостепу до сухих степів.

Опад і органічні речовини, утворені рослинами, надходять у ґрунт. Під дією живих організмів вони розкладаються, мінералізуються до вугільної кислоти, води, газів або перетворюються у гумус. У гумусній оболонці землі зосереджено кількість енергії, що дорівнює біомасі суші.

Таблиця 3.2

Біомаса організмів Землі

Показники	Континенти			Океани			Сума біомаси на планеті
	рослини	тварини і мікроорганізми	всього	рослини	тварини і мікроорганізми	всього	
$\text{т} \cdot 10^{12}$	2,4	0,02	2,42	0,0002	0,003	0,0032	2,4232
%	99,2	0,8	100	6,3	93,7	100	

Рослинні угруповання	Загальна біомаса	Біомаса коренів	Щорічний приріст	Щорічний опад	Запаси нерозкладених залишків
Тундра	5	3.5	1	1	3.5
Тайга	280	63.6	6.1	4.7	44.8
Лісові болота	37	4	3.4	2,5	100
Змішаний ліс	400	96	9	6.5	15
Лучний степ	25	17	13,7	13.7	12
Сухий степ	10	8,5	4.2	4.2	1.5
Пустелі	4.3	3.8	1.2	1.2	-
Субтропіки	410	82	24,5	21	1 0



Рис. 3.9 а. Участь рослинних формацій у малому колообігу речовин та процесах ґрунтоутворення.

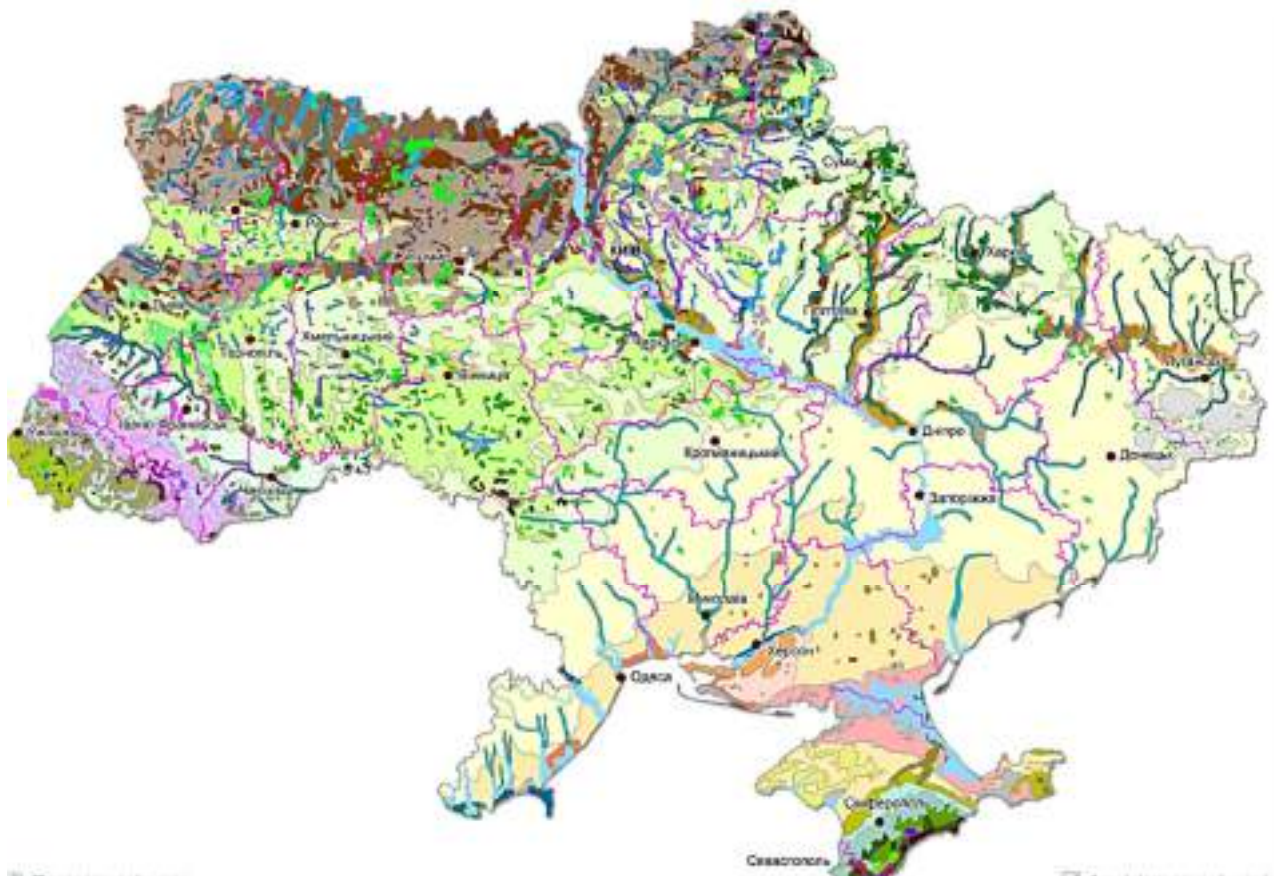


Рис. 3.9 б. Тип рослинних формацій України, який зонально вплинув на формування ґрунтового покриву України

Розшифровка до рисунка 3.9 б:

**Лісова рослинність. Ліси височин і рівнин**

**Хвойні та широколистяно-хвойні ліси**

- Соснові із сосни звичайної (*Pinus silvestris*) місцями в поєднанні з дубово-сосновими лісами, болотами і луками
- Сільськогосподарські землі на місці соснових лісів, іноді в поєднанні з луками
- Дубово-соснові, рідше грабово-дубово-соснові із сосни звичайної (*Pinus silvestris*), дуба звичайного (*Quercus robur*) та граба звичайного (*Carpinus betulus*), місцями в поєднанні з сосновими лісами
- Сільськогосподарські землі на місці дубово-соснових лісів, місцями в поєднанні з луками
- Дубово-соснові борових терас річок
- Сільськогосподарські землі на місці дубово-соснових лісів борових терас річок
- Липово-дубово-соснові ліси
- Сільськогосподарські землі на місці липово-дубово-соснових лісів

**Листяні ліси**

- Березові з берези бородавчастої (*Betula verrucosa*)
- Вільхові з вільхи клейкої (*Alnus glutinosa*)

**Широколистяні ліси**

- Букові, дубово-букові та грабово-букові
- Сільськогосподарські землі на місці букових, дубово-букових і грабово-букових лісів
- Дубові з дуба звичайного (*Quercus robur*)
- Грабово-дубові з дуба звичайного (*Quercus robur*) та граба звичайного (*Carpinus betulus*), часто в поєднанні з похідними грабовими лісами
- Кленово-липово-дубові з дуба звичайного (*Quercus robur*), липи серцелистої (*Tilia cordata*) і клена гостролистого (*Acer platanoides*)

- Дубові з дуба скельного (*Quercus petraea*). місцями в поєднанні з буково-дубовими і буково-грабовими
- Сільськогосподарські землі на місці дубових, грабово-дубових та інших широколистяно-дубових лісів

#### Карпатські гірські і передгірні ліси

- Темнохвойні ялинові (*Picea abies*), місцями з домішкою ялиці білої (*Abies alba*) та їх поєднання з темнохвойно-широколистяними лісами
- Темнохвойні, переважно з ялиці білої (*Abies alba*), місцями в поєднанні з темнохвойно-широколистяними лісами
- Широколистяно-темнохвойні з ялини європейської (*Picea abies*). ялиці білої (*Abies alba*) і бука лісового (*Fagus sylvatica*)
- Сільськогосподарські землі лісового поясу в поєднанні з луками
- Букові з бука лісового (*Fagus sylvatica*)
- Сільськогосподарські землі на місці букових лісів
- Дубові передгірні з дуба звичайного
- Сільськогосподарські землі на місці передгірних дубових лісів

#### Кримські гірські ліси

- Соснові з сосни Палласа (*Pinus pallasiana*)
- Дубові з дуба пухнастого (*Quercus pubescens*) з домішкою грабінника (*Carpinus orientalis*), ялівцю високого (*Juniperus excelsa*), іноді в поєднанні з ксерофитними чагарниками
- Дубові з дуба скельного (*Quercus petraea*)
- Грабово-дубові з дуба звичайного (*Quercus robur*) та граба звичайного (*Carpinus betulus*)
- Букові з бука кримського (*Fagus taurica*), з домішкою граба звичайного і сосни Палласа (*Pinus pallasiana*)
- Сільськогосподарські землі на місці широколистяних лісів у поєднанні з шибляком і низькоствольними лісами
- Ксерофитні чагарники, низькоствольні ліси з ялівцю високого і штучні насадження
- Чагарникові співтовариства з дуба пухнастого, грабінника та інших порід
- Низькоствольні ліси з ялівцю високого

#### Степова рослинність

##### Лучні степи

- Заповідні ковилово-типчакково-різнотравні (*Stipa joannis*, *S. stenophylla*, *Festuca sulcata*, *Bromus riparius*) і лучно-степове різнотрав'я
- Сільськогосподарські землі на місці лугових степів і остепнених луків
- Сільськогосподарські землі на місці кам'янистих передгірнокримських лучних степів
- Кримські гірські різнотравно-злакові лучні степи і остепнені луки (яйли)

##### Справжні різнотравно-типчакково-ковилові степи

- Заповідні різнотравно-типчакково-ковилові
- Сільськогосподарські землі на місці різнотравно-типчакково-ковилових степів
- Сільськогосподарські землі на місці кам'янистих різнотравно-типчакково-ковилових степів Донецького кряжу, на схилах в поєднанні з цими степами
- Сільськогосподарські землі на місці різнотравно-типчакково-ковилових степів (*S. pontica*, *S. tessingiana*) у поєднанні з кам'янистими степами
- Сільськогосподарські землі в поєднанні з кам'янистими різнотравно-типчакково-ковилового степу
- Сільськогосподарські землі на місці різнотравно-типчакково-ковилових (*F. beckeri*, *S. borysthena*) псамофітних степів, терас річок


##### Типчакково-ковилові степи

- Заповідні типчакково-ковилові (*S. ucrainica*, *S. lessingiana*)
- Сільськогосподарські землі на місці типчакково-ковилових степів
- Сільськогосподарські землі на місці псамофітних типчакково-ковилових степів


##### Пустельні степи


- Полинно-типчакково-ковилові (*Artemisia boschntakiana*, *S. capillata*, *S. lessingiana*) в комплексі з солонцями (здебільше розорані)



 Полинно-злакові (*Artemisia taurica*, *F. suicata*, *S. lessingiana*, *Agropyron pectiniforme*). місцями в комплексі з солонцями (здебільше розорані)

#### **Лучна рослинність**

 Карпатські високогірні (*Nardus stricta*, *F. supina*, *Carex semperuirens*, *Juncus trifidus*) у поєднанні з чагарниками (*Vaccinium myrtillus*, *Rhododendron kotschyl*) і місцями зі стлаником (*Alnus viridis*, *Juntperus sibirica*, *Ptnus mughus*)


 Заплавні, місцями в поєднанні з лісами, чагарниками, болотами і сільськогосподарськими землями

 Заплавні солонцюво-солончакові в поєднанні з сільськогосподарськими землями

 Сільськогосподарські землі в поєднанні з дубовими лісами і заплавними луками Закарпатської низовини

 Різнотравно-злакові (*Fiytrigia pseudocaesia*) подів і сільськогосподарські землі на їх місці


 Сільськогосподарські землі на місці кримських різнотравно-злакових луків


 Сільськогосподарські землі в поєднанні з лучно-солончаковою і солонцевою рослинністю терас річок

#### **Болотна рослинність**

 Високотравні болота (*Phragmites communis*, *Typha angustifolia*) тривало заплавні луки і деревно-чагарникова рослинність низин Дніпра, Дунаю та інших річок (плавні)

 Низинні трав'яні і трав'яно-мохові, місцями а поєднанні з лісовими болотами і луками

 Перехідні та верхові сфагнові, лісові сфагнові


 Сільськогосподарські землі і сіяні луки на місці осушених болот

#### **Галофільна і лучно-галофільна рослинність**

 Рослинність солончаків (*Halocnemum strobilaceum*, *Salicornia herbacea*, *Suaeda prostrata ma inui*), місцями в комплексі з солонцевою (*Artemisia boschniakiana*, *Camphorosma monspeliacum*, *Limonium alufaceum ma inui*)

 Лугово-солончакова в поєднанні з рослинністю пісків морського узбережжя, перевисипів, кос, островів

#### **Псамофїтна рослинність**

 Рослинність пісків, місцями в комплексі з піщаними степами, дубовими (*Quercus robur*), березовими (*Betula borysthenica*). вільховими гайками і посадками сосни

Кожен тип формації відіграє свою певну роль у ґрунтоутворенні, тому що характеризується особливостями складу органічної речовини, надходженням її до ґрунту, процесами її розкладу, взаємодією з мінеральною частиною ґрунту.

**Лісова рослинність**, як сказано вище, переважає за своєю біомасою, являє собою складний багаторівневий біогеоценоз, має багаторічний життєвий цикл, щорічно відмирає незначна частина її біомаси, в основному – у вигляді поверхневого опаду; азот і зольні елементи зосереджені в багаторічній біомасі, вилучені з біологічного кругообігу; опад утворює лісову підстилку, при розкладі якої утворюються кислі сполуки, які вимиваються вниз по профілю й активно взаємодіють із мінеральною частиною ґрунту. Фізичне випаровування води в лісах незначне, панує низхідний потік вологи, в результаті відбувається вилуговування і вимивання продуктів ґрунтоутворення з профілю, ступінь якого залежить від типу лісу (рис. 3.10).

Роль і значення хвойного та листяного лісів у процесі ґрунтоутворення різні. У хвойному лісі опад розкладається повільно, утворюючи підстилку типу мор; розкладання підстилки відбувається під дією грибів, гумус утворюється фульватний, ґрунтоутворення йде по типу підзолотворення, формуються висока кислотність, ненасиченість основами, низька

гумусованість, малий вміст поживних елементів, особливо азоту й фосфору, низька родючість ґрунтів.

У *мішаних* і, особливо, у *широколистяних* лісах у кругообіг залучається в 2-3 рази більше кальцію, магнію, азоту та фосфору, ніж у хвойних. З опадом листя щорічно надходить в 4-5 разів більше кальцію і магнію, ніж із хвоєю. У мішаних лісах листяний опад більш м'який, містить високу кількість кальцію і магнію, багатий азотом; мінералізація відбувається протягом річного циклу, основи нейтралізують кислотність, синтезується гумус гуматно-фульватного типу; формуються сірі лісові і бурі лісові ґрунти, менш кислі, ніж підзолисті; підвищується насиченість основами, вміст азоту, формується вищий рівень родючості; посилюється біоактивність.



Рис. 3.10. Розвиток корневих систем деревної рослинності у профілі ґрунту

**Трави** мають меншу сумарну біомасу, скорочений життєвий цикл (1-3 роки). Під трав'яною рослинністю джерелом утворення гумусу є корені, надземна маса значно менша; гідротермічні умови здатні стимулювати швидкий розклад органічних решток. Вони збагачені азотом, зольними елементами, які щорічно повертаються у верхню частину профілю (рис 3.11) – формується «м'який» гумус, насичений кальцієм, гуматного типу. Такі умови сприяють формуванню чорноземів зі значним вмістом гумусу, високим рівнем родючості, а також лучних, лучно-болотних, дернових та інших типів родючих ґрунтів.

**Мохово-лишайникова** рослинність має обмежену біомасу, яка після відмирання попадає тільки на поверхню ґрунту, мохи мають високу вологоємність, що сприяє перезволоженню, консервації рослинних залишків, утворенню торфу (рис. 3.12).

Тип рослинної асоціації визначає швидкість, об'єм, характер і хімізм біологічного кругообігу елементів. Наприклад, ємність біологічного кругообігу у трав'янистих ценозах нижча, ніж у лісових асоціаціях, але

інтенсивність кругообігу у перших значно вища, більш швидкий кругообіг окремих елементів у циклі біологічного кругообігу. Залежно від хімічного складу решток, що мінералізуються, утворюється визначений тип біологічного кругообігу у різних рослинних асоціаціях. Так, для ялинкових насаджень він визначається як кальцієво-азотний, для широколистяних лісів – як азотно-кальцієвий, для злакових луків – як азотно-кальцієвий, а для галофітної рослинності – як хлоридно-натрієвий. Рослинність, впливаючи на напрямок ґрунтоутворення, є досить чітким індикатором зміни ґрунтових умов. Так, поширення ареалу вологолюбної рослинності збігається з границями контурів ґрунтів гідроморфного й напівгідроморфного рядів.



Рис. 3.11. Розвиток корневих систем трав у профілі ґрунту (верхня позиція). Нижня позиція: Волокниста мережа коренів, що представлена багаторічними травами у ґрунтовому профілі (зліва), підтримує різноманітну мікробну спільноту через вивільнення вуглецю і формування активної його кількості, у порівнянні з обмеженим зростанням кореня, який представлений кукурудзою (праворуч).



Рис. 3.12. Мохово-лишайникові асоціації у тундрі.

Отже, рослинність – основний фактор ґрунтоутворення. З нею пов’язана акумуляція поживних елементів у верхніх шарах ґрунту, а також утворення гумусу. Рештки рослин у ґрунті є необхідною умовою розвитку ґрунтових мікроорганізмів. Кислі кореневі виділення, рослини підсилюють процес вивітрювання. Все це процес прямого впливу рослин на ґрунтоутворення. Вплив рослин на ґрунтоутворення може бути опосередкованим. Наприклад, рослинний покрив може змінювати кліматичні умови на певних ділянках.

Оскільки рослинний покрив на землі має чітко виражену зональність, то це є однією з причин зональності ґрунтового покриву.

**Ґрунтова фауна та ґрунтоутворення.** Поряд з рослинністю істотно впливають на процеси ґрунтоутворення численні представники ґрунтової **фауни** – безхребетні, хребетні, які населяють різні горизонти ґрунту і живуть на його поверхні. За розмірами ґрунтового фауну можна поділити на чотири групи (Bachelier, 1963):

– **мікрофауна** – організми, розміри яких менші 0,2 мм. Головними з них є протозоа, нематоди, різоподи, ехінококи, які живуть у вологому ґрунтовому середовищі (рис. 3.13);

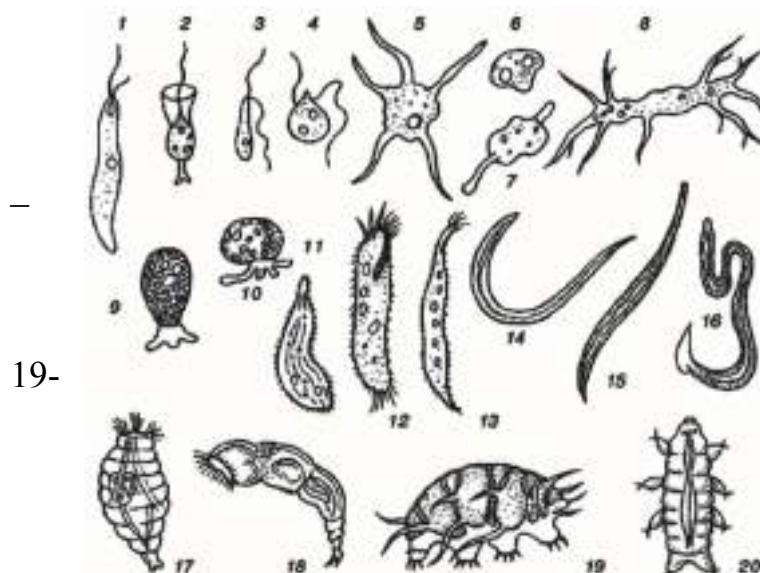
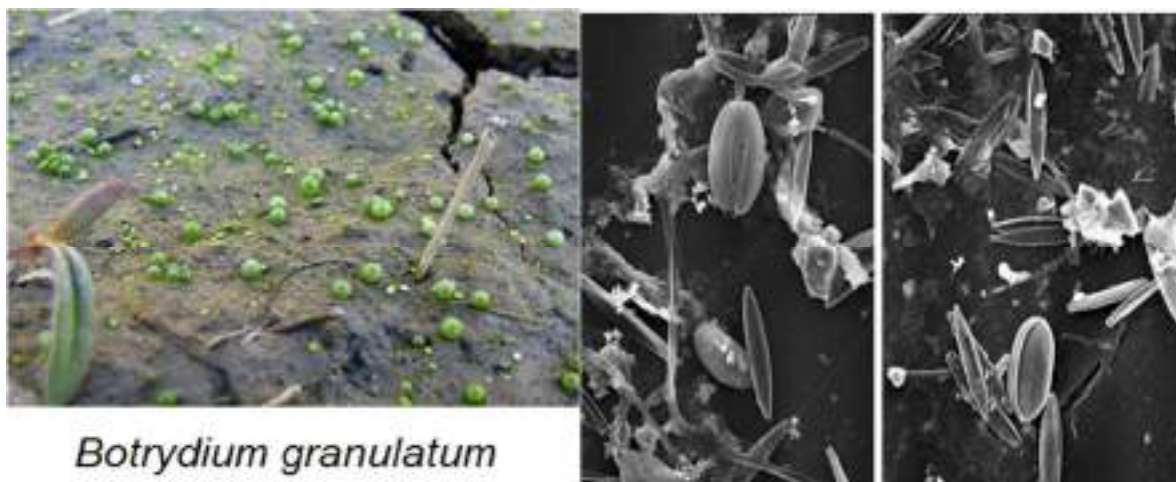


Рис. 3.13. Мікрофауна ґрунту (Чернова, Білова, 2004): 1-4 – джгутикові, 5-8 – голі амеби, 9-10 – черепашкові амеби, 11-13 – інфузорії, 14-16 – круглі черви, 17-18 – коловертки, 20 – тихоходи.

До мікрофауни у сучасному ґрунтознавстві відносять також мікроскопічні ґрунтові водорості (рис 3.14), гриби та ґрунтові бактерії. Біорізноманіття ґрунтових водоростей становить близько 2000 видів. Кількість клітин в 1 г ґрунту становить від 5 тис. до 1,5 млн. Біомаса в шарі 0-10 см може досягати сотень кілограм на 1 га. Кількість клітин в 1 г ґрунту становить від 5 тис. до 1,5 млн. Біомаса в шарі 0-10 см може досягати сотень кілограм на 1 га.



*Botrydium granulatum*

Рис. 3.14. Водорості на поверхні та у водній витяжці ґрунту.

Біорізноманіття ґрунтової мікофлори оцінюється більш ніж близько 100 тис. видів *грибної мікофлори*. Основні редуценти рослинних залишків у ґрунті, мікоризоутворювачі, лігнізуючі гриби - піонерні організми на гірських породах (рис. 3.15). *Ґрунтові бактерії* найбільш численна група мікроорганізмів – кілька мільярдів особин в 1 г ґрунту. Основні редуценти залишків тваринного походження, симбіонти-азотфіксатори і ін. (рис. 3.16, 3.17).



Рис. 3.15. Арбускулярна мікориза в товщі ґрунту (моделювання).

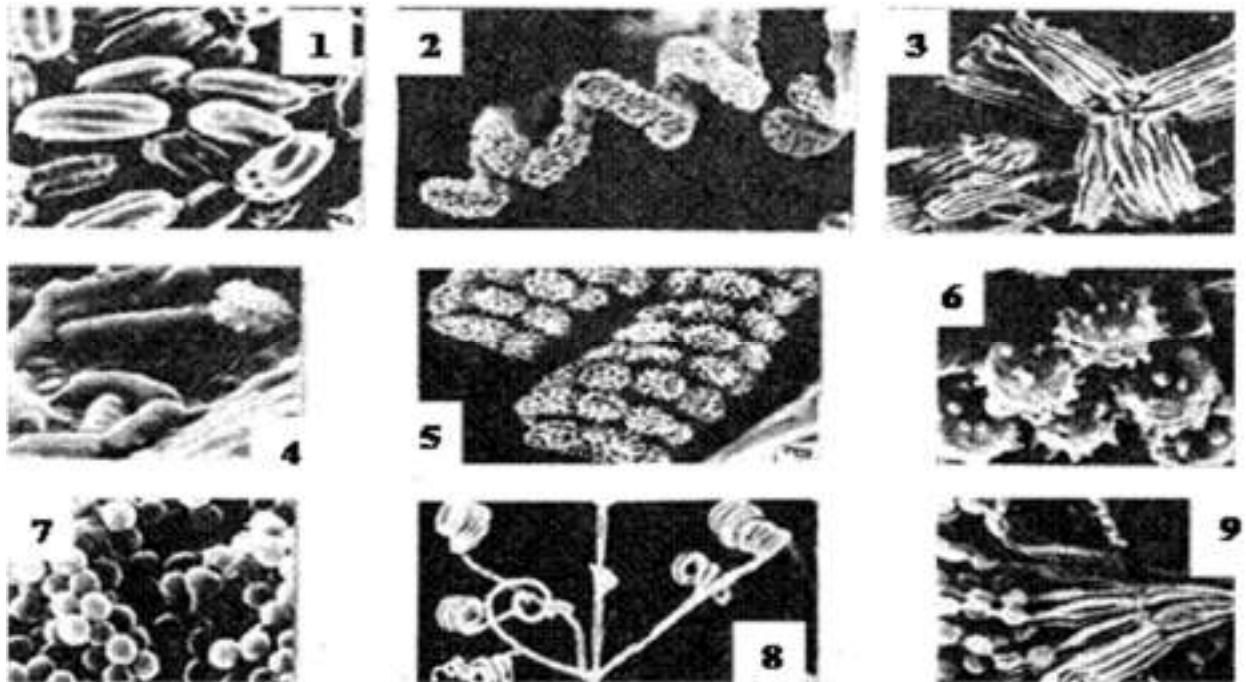


Рис. 3.16. Ґрунтові мікроорганізми під скануючим мікроскопом: 1-спори бацит; 2,5-спороносці стрептоміцетів; 3-конідієносець *Aspergillus*; 4-спороутворююча бактерія; 6-конідії *Penicilium*; 7-аспорогенна бактерія; 8-*Streptomyces* sp.; 9-конідієносець *Penicilium*.

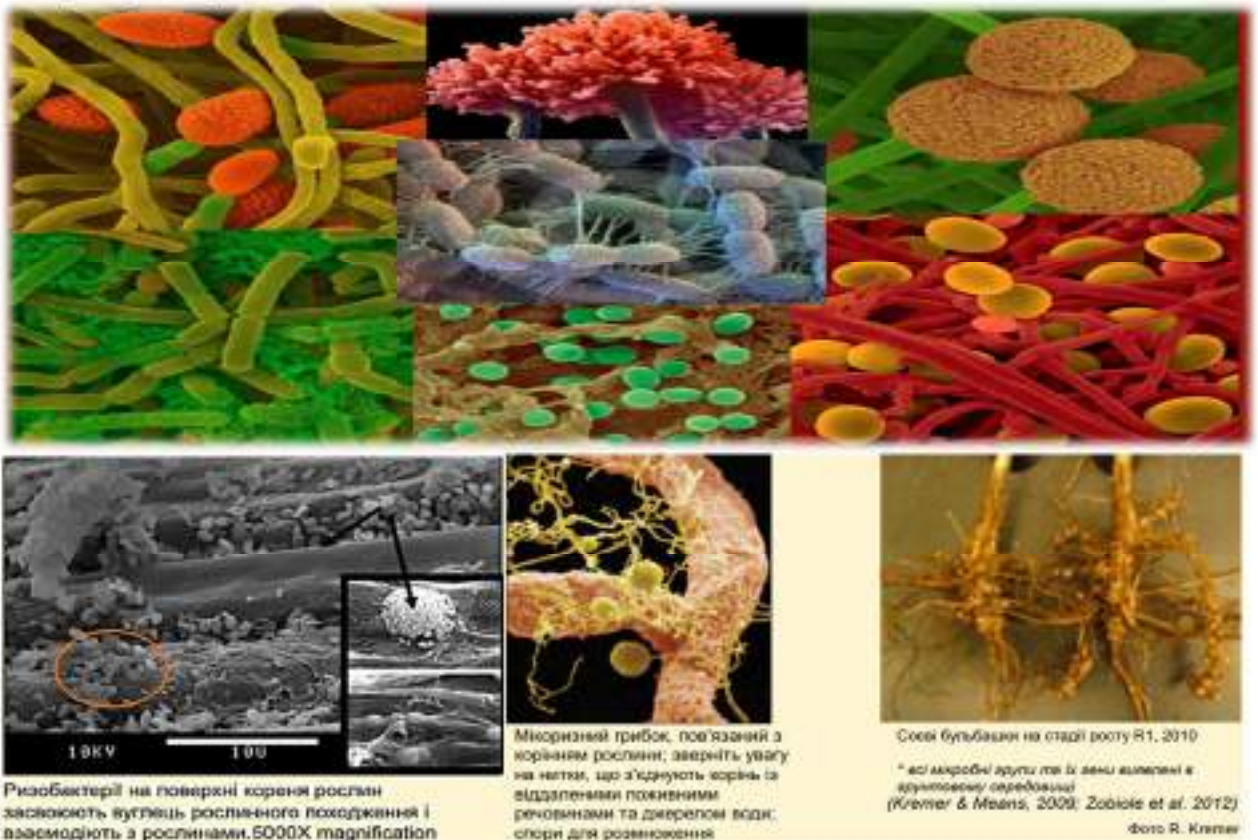


Рис. 3.17. Різноманітність ґрунтових організмів у ґрунті необхідна для виконання важливих функцій.

У ґрунті постійно виявляють гнилосні спороутворюючі аероби: *Bac. mycoides*, *Bac. subtilis*, *Bac. mesentericus*, *Bac. megatherium*; гнильні неспороутворюючі аероби і факультативні анаероби: *Ps. fluorescens*, *Pr. vulgaris*, *Bact. aquatilis*, *Bact. flavum*; гнильні анаероби: *Cl. sporogenes*, *Cl. putrificum*, *Cl. perfringens*; азотфіксуючі, нітрифікуючі, сіро- і залізобактерії; із сапрофітних коків: *Micr. albus*, *Micr. candidans*, *Micr. cereus flavus*, *Sarcina ureae* і ін. (рис. 3.17). Крім перерахованих вище мікроорганізмів в ґрунті живуть актиноміцети, цвілеві гриби, дріжджі, найпростіші.

– **мезофауна** – організми, розміри яких від 0,2 до 4 мм: маленькі комахи, специфічні черви, що пристосувалися жити у ґрунті, де досить вологе повітря (рис. 3.18);

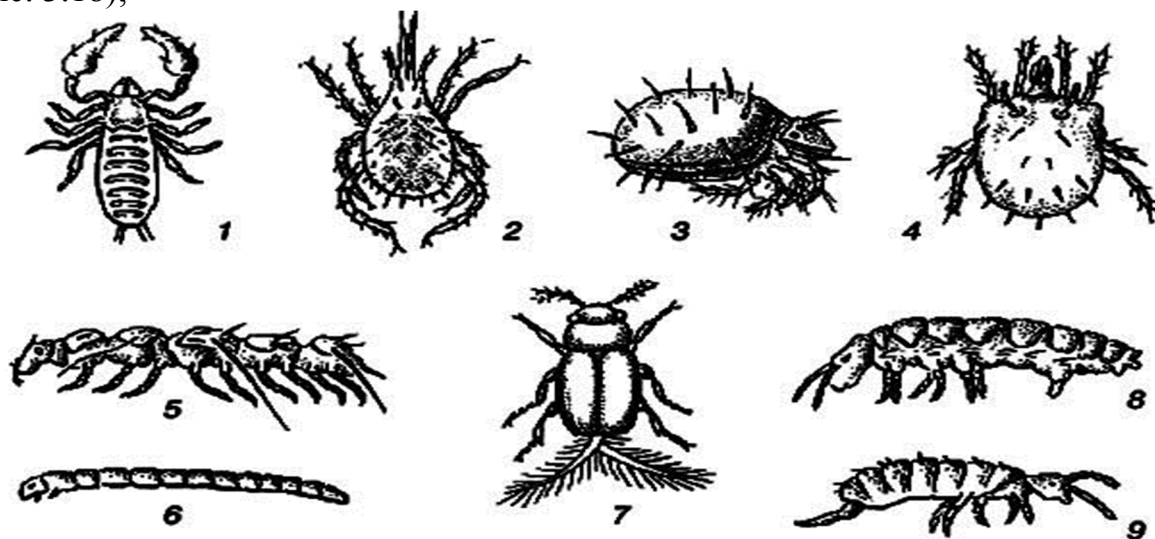


Рис. 3.18. Мезофауна ґрунту (Чернова, Былова, 2001): 1 – псевдоскорпiон, 2 – гамазовий клiщ, 3-4 – панцирнi клiщi, 5 – багатонiжка, 6 – личинка комара-хiрономiди, 7 – жук iз родини Ptiliidae, 8-9 – колемболи.

– **макрофауна** – складається з тваринних органiзмiв розмiром вiд 4 до 80 мм: землянi черви, молюски, комахи (мурахи, термiти) (рис. 3.19);

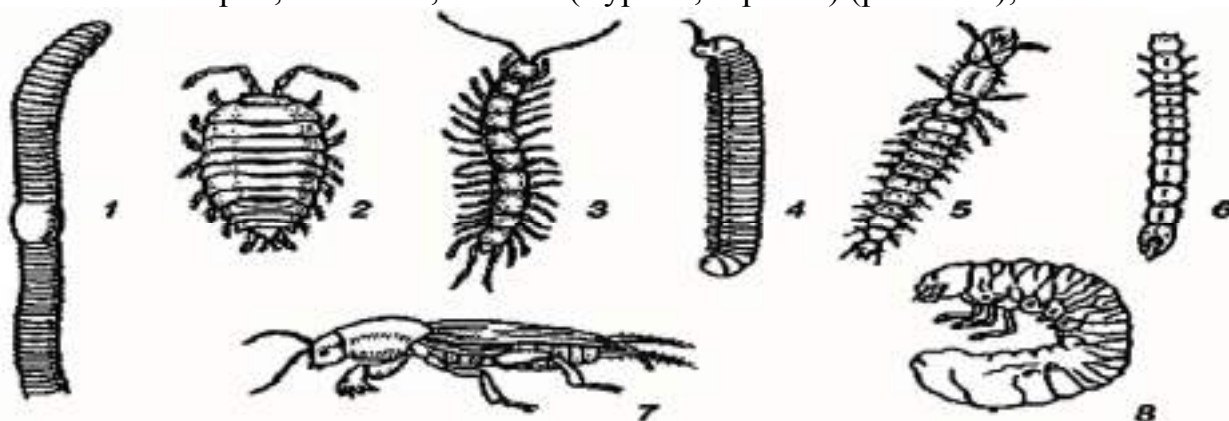


Рис. 3.19. Макрофауна ґрунту (Чернова, Былова, 2001): 1 – дощовий черв, 2 – мокриця, 3 – губонога багатонiжка, 4 – двопарнонога багатонiжка, 5 – личинка туруна, 6 – личинка жука-ковалика, 7 – вовчок, 8 – личинка пластинчатовусого жука.

– **мегафауна** – тварини більші 80 мм: великі комахи, краби, скорпіони, гадюки, черепахи, маленькі і великі гризуни, лисиці, борсуки та інші тварини, які риють у ґрунтах ходи, нори.

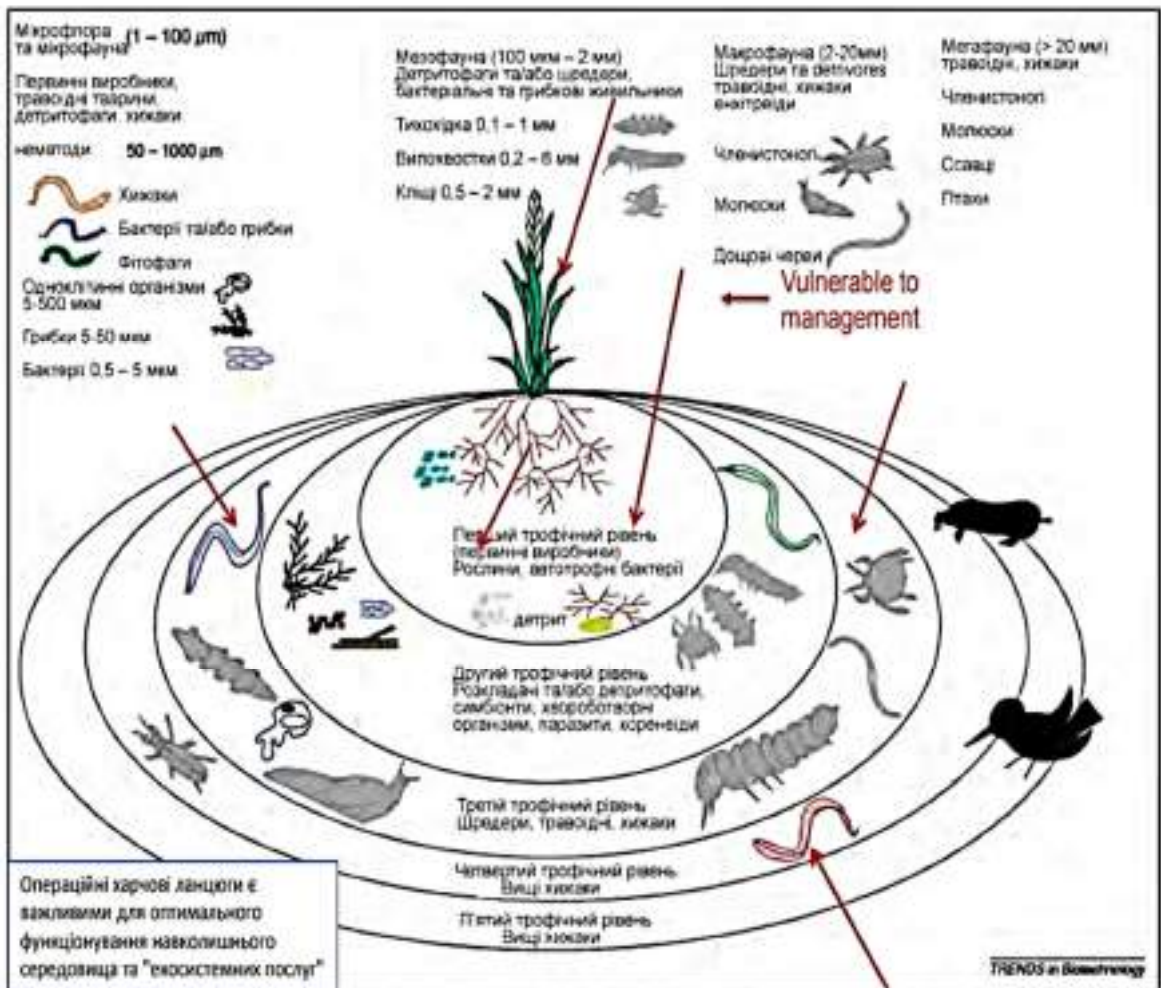


Рис. 3.20. Загальна схема ґрунтового харчового ланцюга.



Землеріючі тварини, роблячи в землі свої ходи, перемішують органічні речовини з мінеральними, підвищують водо- і повітропроникливість ґрунту, що прискорює розкладання органічних решток.

Прикладом надзвичайно інтенсивної дії на ґрунт є робота дощових черв'яків (рис 3.21). На площі 1 га черви щорічно пропускають через свій кишечник у різних ґрунтово-кліматичних зонах від 50 до 600 т дрібнозему. Разом з мінеральною масою поглинається і перероблюється величезна кількість органічних решток. *Копроліти* – продукти життєдіяльності дощових черв'яків – по масі з площі 1 га складають в середньому 25 т в рік. діяльність дощових черв'яків сприяє створенню в поверхневих гумусових горизонтах ґрунтів дрібнозернистої і грудкуватої структури.



Рис. 3.21. Дощові черв'яки у ґрунті.

*Головною функцією тварин* є споживання, первинне і вторинне руйнування органічної речовини. Значна частина органічних решток перш ніж потрапити в ґрунт, розкладається в органах травлення тварин.

*Друга функція ґрунтових тварин* виражається у накопиченні в їх тілах елементів живлення і, головне, у синтезі азотовмісних сполук білкового характеру. Після їх розкладу до ґрунту надходять елементи, енергія. Тварини впливають на переміщення маси ґрунту, на формування мікро- і нанорельєфу.

***Роль мікроорганізмів у ґрунтоутворенні.*** Винятково важливе значення для процесів ґрунтоутворення мають *мікроорганізми*. їм належить основна роль у глибокому і повному руйнуванні органічних речовин, деяких первинних і вторинних мінералів. Кожному типові ґрунтів, кожній ґрунтовій відмінності властивий свій специфічний профільний розподіл мікроорганізмів. При цьому чисельність мікроорганізмів, їх видовий склад відображають важливі властивості ґрунту. Основна маса мікроорганізмів зосереджена у межах верхніх 20 см товщі ґрунту. Біомаса грибів і бактерій в

орному шарі ґрунту складає до 5 т/га. Мікроорганізми беруть активну участь у процесі гумусоутворення, який за своєю природою біохімічний. Великий вплив мають мікроорганізми на склад ґрунтового повітря, на цикли перетворення азотовмісних сполук. Одна з важливих ланок у циклах перетворення азоту – фіксація його ґрунтовими мікроорганізмами.

Ґрунт є не лише місцем життя величезної кількості найрізноманітніших мікроорганізмів, а й продуктом їхньої життєдіяльності, у ґрунті мікроби знаходять всі умови для розвитку: вологу, поживні речовини, захист від згубної дії прямої сонячної радіації тощо. Завдяки цим сприятливим умовам кількість мікробів у ґрунтах величезна – від 200 млн. мікробів у 1 г глинистого ґрунту до п'яти і більше мільярдів у 1 г чорнозему. Ґрунт – основне джерело, звідки мікроорганізми надходять у зовнішнє середовище – повітря й воду.

Мікрофлора ґрунту дуже різноманітна. У її складі нітрифікуючі, азотфіксуючі, денітрифікуючі бактерії, сірко- і залізобактерії, целюлозорозкладачі, різні пігментні бактерії, мікоплазми, актиноміцети, гриби, водорості, найпростіші тощо. Кількісний і якісний склад мікрофлори різних ґрунтів змінюється залежно від хімічного складу ґрунту, його фізичних властивостей, реакції середовища, вмісту в ньому повітря, вологи й поживних речовин. На склад і кількість мікробів у ґрунті істотно впливають кліматичні умови: пори року, методи обробітку ґрунту, характер рослинного покриву та багато інших факторів. Наявність в 1 г ґрунту (верхнього шару чорнозему) кількох мільярдів бактерій, актиноміцетів, до мільйона спор грибів і багатьох інших мікроорганізмів свідчить про велику біогенність ґрунту. Є дані про те, що в орному шарі окультуреного ґрунту на площі 1 га може міститися 5-6 т мікробної маси.

Серед різноманітної мікрофлори в ґрунті є і патогенні бактерії, проте ґрунт у цілому – несприятливе середовище для життя більшості патогенних бактерій, вірусів, грибів і найпростіших. У ґрунті водночас з мінералізацією органічних речовин відбуваються процеси бактеріального самоочищення – відмирання не характерних для ґрунту сапрофітних і патогенних бактерій.

Значна роль мікроорганізмів і в руйнуванні та новоутворенні мінералів. Вона пов'язана, в першу чергу, з мікробними циклами калію, заліза, алюмінію, фосфору та сірки. Руйнування та синтез мінералів забезпечують залучення елементів у біологічний кругообіг та його взаємодію з великим геологічним кругообігом речовин. Найвищою мінералодеструктивною здатністю володіє мікрофлора ґрунтів підзолистого типу.

Мікроорганізми беруть участь не лише в розсіюванні елементів, що містяться в мінералах, а й у мінералоутворенні. Зокрема, мікроорганізми утворюють боксити (гідроксид алюмінію), відкладаючи алюміній по периферії клітин, а також при руйнуванні алюмосилікатів. Окрім алюмінію, у ґрунтах відбувається новоутворення сульфідних, карбонатних, фосфатних, залізистих і силікатних мінералів.

Карбонатні мінерали в едафотопях – продукти біогенного походження. Кальцити утворюються при осадженні кальцію вуглекислою, що виділяється при диханні, бродінні та неповному окиснювальному розкладі органічних сполук. Кремнієві мінерали нерідко утворюються при життєдіяльності діатомових водоростей.

Роль мікроорганізмів у процесах перетворення аморфного кремнезему у вторинний кварц зводиться до вивільнення фітолітів від органічних речовин. Подальша кристалізація – процес суто хімічний.

Сульфіди трансформуються сіркобактеріями, зокрема *Thiobacillus ferrooxidans*. У кислому середовищі ці бактерії окиснюють первинні сульфіди, з яких утворюються нові вторинні мінерали, наприклад, з антимоніту ( $Sb_2S_3$ ) утворюється сенармоніт, який у подальшому окиснюється до  $Sb_2S_5$  за участю *Stibiobacter senarmontii*.

**Фактор материнської (грунтоутворчої) породи** мінералогічний, гранулометричний, хімічний склад породи дуже впливають на напрямок та інтенсивність грунтоутворення. Наприклад, засоленість материнських порід легкорозчинними солями може бути причиною вторинного засолення ґрунтів, їх осолонцювання.

**За генезисом ґрунтоутворюючі породи поділяються на такі категорії:** елювіальні, делювіальні, пролювіальні, алювіальні, озерні, льодовикові, леси й лесоподібні суглинки, еолові й морські (рис. 3.22, табл. 3.3).

**Елювіальними породами, або елювієм** називаються продукти вивітрювання вихідних гірських порід, які залягають на місці їх утворення. Сучасний елювіальний покрив часто називають корою вивітрювання. Елювій і кора вивітрювання є синонімами. Ці породи найбільш розвинуті на площинних вододільних просторах. На схилах елювій відсутній. На пухких породах він мало відрізняється за складом і властивостями від вихідної породи. Колір його залежить від вихідної породи й характеру вивітрювання. Характерними ознаками елювію є: тісний зв'язок із вихідною породою; поступовий перехід до неї при спостереженні на вертикальному розрізі.

**Делювіальними відкладами, або делювієм** називаються наноси, які утворилися в нижніх частинах схилів унаслідок змиву дощовими й сніговими водами продуктів руйнування порід із верхніх частин цих схилів і, частково, – вододілів. Ознаки: шаруватість і деяка сортованість механічних часток, які входять до його складу: більші осідають вище по схилу, найдрібніші – біля підніжжя схилу. Зустрічається делювій нешаруватий. Механічний склад – піщаний, супіщаний, суглинковий, глинистий – залежить від механічного складу вихідних порід. У місцях, де важко провести межу між делювієм та елювієм, їх об'єднують загальною назвою елювіально-делювіального утворення.

**Пролувіальні відклади** утворюються в гірських областях тимчасовими потоками (селями), які володіють такою силою, що разом із дрібноземом

виносять значну кількість несортваного крупноуламкового матеріалу, відкладають його біля підніжжя гір, у міжгірних долинах, в устях річкових долин, утворюючи характерні конуси. Делювій і пролювій широко розповсюджені в гірських і передгірних областях і служать материнськими породами для різних типів ґрунтів.

Таблиця 3.3

Основні ґрунтоутворювальні породи України

Породи	Характерні ознаки	Поширення
1. Елювіальні породи або елювій	Добре помітна шаруватість. За гранулометричним складом піщані,	Гірські породи, рівнинні плато
2. Делювіальні породи або делювій	Відкладається у вигляді похилого шлейфу, на поверхні шлейфу накопичується грубий матеріал, а в кінці – пілуватий, глинистий. Характерна відсортваність, добре виражена шаруватість	Наноси на схилах дощових і талих вод; широко поширені в передгірських областях
3. Пролувій	Характерна відсортваність	Гірські райони, підніжжя гір
4. Алювіальні породи або алювій	Осади, які утворилися при розливі річок, суглинистий та глинистий. Характерна горизонтальна шаруватість, наявність мінеральних зерен та включення органічних залишків	На різних заплавах ґрунтах
5. Озерні відклади	За гранулометричним складом глинисті, мулуваті, піщані, за вмістом матеріалів біологічного походження (сапропелі, діатоміт). Чітко виражена шаруватість	Степова зона України, Лівобережжя, між ріками Дніпро і Молочна, а на Правобережжі між Дніпром і Інгулом
6. Льодовикові або моренні відклади	Продукт вивітрювання різних порід. Характерні особливості: не відсортвані, неоднорідний гранулометричний склад, наявність валунів; червоно-буре, жовто-буре забарвлення. При оглеєнні колір морени може мати сіро-сизий відтінок. За хімічним складом: безкарбонатні, карбонатні	На Поліссі - майже скрізь, Лісостеп

7. Флювіогляційні або воднольодовикові відклади	Характерна особливість: відсортованість, шаруватість, немає валунів, безкарбонатні. За гранулометричним складом піщані: бідні на гумус, мала вологоємкість	Тільки на Поліссі
8. Покривні суглинки	Жовто-буре забарвлення, добре виражена відсортованість, немає валунів. За гранулометричним складом: важкі і середні пилюваті суглинки. Слабка водопроникність, висока капілярність, безкарбонатні. Розвиваються підзолисті, дерново-підзолисті ґрунти, а також сірі лісові ґрунти	Полісся, Лісостеп
9. Леси і лесовидні суглинки	Пальове та бурувато-пальове забарвлення, карбонатність, пилювато-суглинковий механічний склад, пористість, добра водопроникність	Степ, Лісостеп
10. Еолові відклади	Дія вітрів. Відсортованість, не промиті водою, не шаруваті. Ці наноси утворюють особливі форми рельєфу: пагорби, дюни, бархани	Наносні піски по терасах річок

**Алювіальні відклади** – це осад проточних вод або заплавні наноси, відкладені при розливах рік. До них належать відклади на дні проточних озер і дельтові відклади. Відрізняються доброю сортованістю матеріалу за величиною частинок.

Нерідко серед цих відкладів зустрічаються лінзи торфу, включення залишків рослинних і тваринних організмів, прісноводних і наземних молюсків, деколи кістки хордових. Відрізняються шаруватістю, є прожилки оглеєних і оруднених горизонтів. Типи алювію: русловий, заплавний, старичний. Алювіальні наноси служать материнською породою для різних заплавних ґрунтів, які володіють високою родючістю.

**Озерні відклади** заповнюють пониження давнього рельєфу й відрізняються оглиненням і шаруватістю, важким гранулометричним складом із великим умістом мулистої фракції. Спостерігаються прошарки сапропеліту, торфу, оглеєння, засолення.

**Льодовикові відклади** представлені моренами, флювіогляціальними та льодовиково-озерними відкладами.

**Моренами** називається відклади пухкого уламкового матеріалу, який утворився льодовиком, що рухався. Морена складається із суміші глинистих часток, піску, гравію, щебеню й валунів різного розміру. Виділяють основні,

бокові або кінцеві морени. Серед основної розрізняють поверхневу, внутрішню й донну.

**Флювіогляціальні або водно-льодовикові відклади** зв'язані з діяльністю потужних льодовикових потоків. Витікаючи з-під льодовика, потоки води перемішували моренний матеріал, перевідкладали його за краєм льодовика. Вони характеризуються сортованістю, шаруватістю, безкарбонатністю, не містять валунів, переважно піщані й піщано-галечникові. Ці породи широко розповсюджені на Поліссі. Ґрунти, які сформувалися на цих відкладах, відрізняються низькою родючістю. Вони бідні гумусом, поживними речовинами, володіють низькою вологоємністю. У замкнутих улоговинах, коли флювіогляціальні відклади підстелені глинами, виникає заболочення, формуються болотно-підзолисті ґрунти.

**Покривні суглинки** поширені в зоні льодовикових відкладів і розглядаються як відклади прильодовикових розливів талих вод. Вони значно розповсюджені в центральних областях Нечорноземної зони Російської Федерації. Для них властиве залягання на морені. Характеризуються жовто-бурым кольором, добре вираженою сортованістю, великим умістом пилюватої фракції, не містять валунів. Переважно безкарбонатні. На цих материнських породах утворилися підзолисті, дерново-підзолисті, а також сірі лісові ґрунти.

**Леси і лесоподібні суглинки** мають різний генезис. Їх загальними рисами є: палевий або бурувато-палевий колір, карбонатність, пилювато-суглинковий гранулометричний склад із перевагою крупнопилюватої фракції (0,05-0,01 мм), борошністість, шпаруватість, пухке складення, мікроагрегованість, добра водопроникність. За хімічними й фізико-хімічними властивостям ці породи найбільш сприятливі для розвитку рослин. На них формуються високо родючі чорноземні ґрунти, а також сіроземи, каштанові, сірі лісові. Леси найбільш поширені в Україні й у Середній Азії. Лесоподібні суглинки розташовуються в льодовикових і зовнішньо-льодовикових областях, серед покривних суглинків: лісостепові, степові райони. Вони менш карбонатні, зустрічаються також і безкарбонатні.

**Еолові відклади** утворюються внаслідок акумулятивної дії вітру, яка проявляється особливо інтенсивно в пустелі. До еолових відкладів належать сортовані піщані наноси, які утворюють горби, дюни, бархани.

**Морські відклади** формуються внаслідок переміщення берегової лінії морів, явищ трансгресії й регресії. Ці явища нерідко спостерігалися в четвертинний період. Відклади характеризуються шаруватістю, сортованістю та значною акумуляцією солей. Зустрічаються у Прикаспійській та інших приморських низинах. На них утворюються засолені ґрунти.

Значення материнської (ґрунтоутворюючої) породи як фактора ґрунтоутворення полягає в тому, що вона є середовищем в якому проявляється діяльність живих організмів і тим вихідним матеріалом з якого



Рис. 3.22. Типи відкладів (послідовно зліва-направо і зверху-вниз): елювій, делувій, пролувій, колювій, алювій, озерно-алювіальні, морени, еолові, покривіні суглинки, леси, водно-льодовикові, морські.

формується ґрунт. Ґрунтоутворююча порода не лише інертна основа ґрунту, вона бере участь в процесах ґрунтоутворення.

**Материнські породи істотно впливають на** гранулометричний, хімічний і мінералогічний склад ґрунтів; фізичні, фізико-механічні властивості; водно-повітряний, тепловий і поживний режими. Вони є матеріальною основою ґрунту і передають йому свої властивості. Особливо це помітно на ранніх стадіях ґрунтоутворення. Первинний ґрунт відображає ознаки кори вивітрювання. З віком взаємозв'язки поступово зменшуються. Рівень ґрунтової родючості залежить від складу і властивостей материнських порід. Від хімічного складу гірської породи залежить якість ґрунту, насамперед, чим більше хімічних елементів у породі, тим кращим буде ґрунт, і навпаки.

Велике значення має механічний склад породи. Від нього залежать фізичні властивості ґрунту, щільність, водний, повітряний і тепловий режими, глибина залягання ґрунтових вод.

**Найбільш цінні ґрунтоутворюючі породи** – карбонатні леси, лесовані суглинки, менш цінні – безкарбонатні суглинки. Бідні материнські породи – кварцові піски.

**Рельєф** – являє собою сукупність різного роду нерівностей земної кори, дуже істотно впливає на місцевий клімат (мікrokлімат), а також на перерозподіл сонячної радіації, тепла та вологи, що забезпечує просторову неоднорідність ґрунтового вкриття. Пряме значення рельєфу полягає у розвитку ерозійних процесів, непряме виявляється через перерозподіл тепла, світла і води. Приклад – автоморфні ґрунти, сформовані в умовах вододілу і гідроморфні, які залягають у пониженнях і зазнають впливу ґрунтових вод. Оцінити роль рельєфу у ґрунтоутворенні можна при врахуванні сумісної дії всіх факторів ґрунтоутворення в границях конкретної місцевості.

Наприклад, у гумідних і субгумідних регіонах при переважанні зволоження над випаровуваністю, в понижених ділянках рельєфу формуються болотні, лучно-болотні, дерново-глейові, болотно-підзолисті ґрунти.

Рельєф – своєрідний фактор ґрунтоутворення. Його значення у формуванні і географічному поширенні ґрунтів велике і різноманітне. Він виступає як головний фактор перерозподілу сонячної радіації і опадів. Залежно від експозиції і крутизни схилів впливає на водний, тепловий, поживний і сольовий режими ґрунту, визначає структуру ґрунтового покриву і є основою ґрунтової картографії.

В практиці польових ґрунтових досліджень прийнято користуватись такою систематикою типів рельєфу:

- 1) макрорельєф;
- 2) мезорельєф;
- 3) мікрорельєф;



4) нанорельєф.

Кожний з цих типів рельєфу відіграє певну роль в ґрунтоутворенні і географії ґрунтів, у формуванні структури ґрунтового покриву (рис. ).



Рис. 3.23. Основні типи форм макрорельєфу.

**Макрорельєф** (рис. 3.23) – крупні форми рельєфу, які визначають загальний вигляд великої території земної поверхні: гірські хребти, плоскогір'я, долини тощо. Виникнення форм макрорельєфу пов'язане головним чином з тектонічними явищами в земній корі. Форми макрорельєфу впливають насамперед на перерозподіл сонячного тепла та атмосферних опадів на великих територіях і зумовлюють горизонтальну і вертикальну зональність ґрунтів. На великих рівнинах відбувається зміна біокліматичних зон, для яких характерні певний тип рослинності, тип водного та температурного режимів. Таким чином, певне поєднання факторів ґрунтоутворення набуває зонального характеру. В результаті формуються ґрунтові зони і під зони, що є проявом закону горизонтальної зональності.

Гірські системи також здійснюють перерозподіл атмосферних опадів, що зумовлює зміну рослинних і ґрунтових зон. Високі гори є бар'єром на шляху теплих вологих повітряних мас. Тому на навітрені схили випадає велика кількість опадів, а на схилах протилежної експозиції формується посушливий клімат. Зрозуміло, що ґрунтовий покрив вологих і сухих схилів неоднаковий.

Крім перерозподілу сонячного тепла і атмосферних опадів в гірських районах на ґрунтоутворення впливає абсолютна висота місцевості. Зі зміною висоти місцевості змінюються всі кліматичні фактори: температура, вологість повітря, кількість опадів, тиск, інсоляція тощо. З підняттям у гори розріджується атмосфера, у повітрі зменшується вміст водяних парів і пиловатих часток, збільшується сонячна радіація, надходження

ультрафіолетових променів і одночасно випромінення тепла. Такі зміни кліматичних умов зумовлюють диференціацію рослинності і ґрунтів, тобто виникнення природної зональності. Ґрунтові зони, які закономірно змінюють одна одну, утворюють вертикальні ґрунтові структури.

**Мезорельєф** – це форми середніх розмірів за висотою і протяжністю (кілька квадратних кілометрів). Прикладом таких форм є яри, балки, улоговини, тераси, долини струмків, горби тощо. Виникли вони в результаті геологічних процесів денудації, утворення континентальних відкладів тощо (рис. 3.24).



Рис. 3.24. Мезорельєфні утворення: яр, горби.

**Мікрорельєф** – це дрібні форми рельєфу, які займають незначні площі і є деталями крупних форм. Сюди належать горбочки, пониження, купини, невеликі западини, спучування, карстові воронки, берегові вали тощо (рис. 3.25).

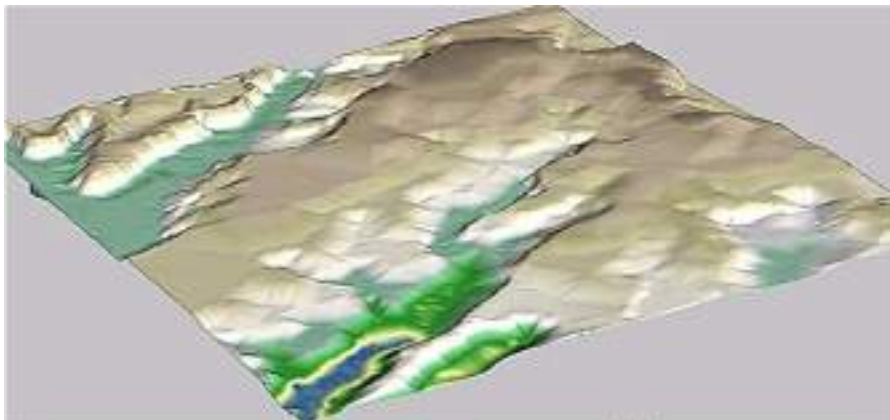


Рис. 3.25.  
Трьохвимірне  
зображення  
мікрорельєфу поля.

Елементи мезо- і мікрорельєфу перерозподіляють сонячну енергію і вологу атмосферних опадів на даній території. Перерозподіл сонячної енергії визначається наявністю схилів неоднакової крутизни і експозиції. Північні схили у всі пори року на всій території Північної півкулі дістають менше тепла, ніж південні, і тому холодні. Різниця температури ґрунту влітку між північним і південними схилами при однаковій їх крутизні може досягати 5-8. Особливості теплового режиму на схилах різних експозицій неоднаково впливають на їх водний режим і характер рослинності. Це зумовлює формування різнотипних ґрунтів. На південних схилах ґрунти формуються в умовах відносно меншого зволоження і більш контрастного температурного режиму. У зв'язку з цим на південних схилах, як правило, розвивається землеробство, а північні схили залишаються неосвоєними.

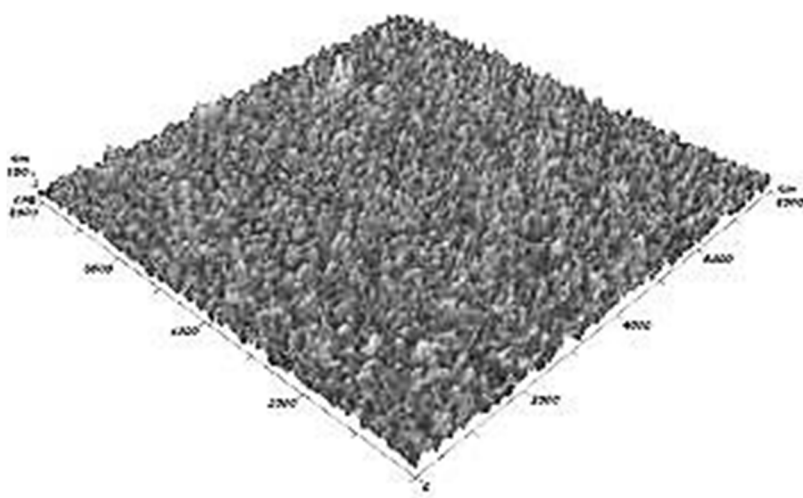


Рис. 3.26.  
Нанорельєф поля  
(поверхня ґрунтового  
покриву).

Нерівності рельєфу зумовлюють стікання поверхневих вод. Вода атмосферних опадів стікає по схилах з підвищених елементів рельєфу в понижені. В результаті підвищені ділянки втрачають частину вологи, а ґрунти понижених одержують їх додатково.

З перерозподілом вологи по елементах рельєфу пов'язана міграція твердих і водорозчинних продуктів вивітрювання і ґрунтоутворення. Стікаючи по схилах дощові і талі води несуть з собою частки ґрунту і розчинені сполуки, які акумулюються на понижених ділянках. Таким чином, ґрунтоутворення на різних елементах рельєфу відбувається в різних гідротермічних і геохімічних умовах.

За положенням на рельєфі і характером перерозподілу атмосферних опадів виділяють три групи ґрунтів, які називають *генетичними рядами зволоження* (рис. 3.27).

На підвищених елементах рельєфу в умовах вільного стоку поверхневих і при глибокому заляганні ґрунтових вод, тобто в автономних ландшафтно-геохімічних умовах, під впливом низхідного руху води по профілю формуються автоморфні ґрунти.

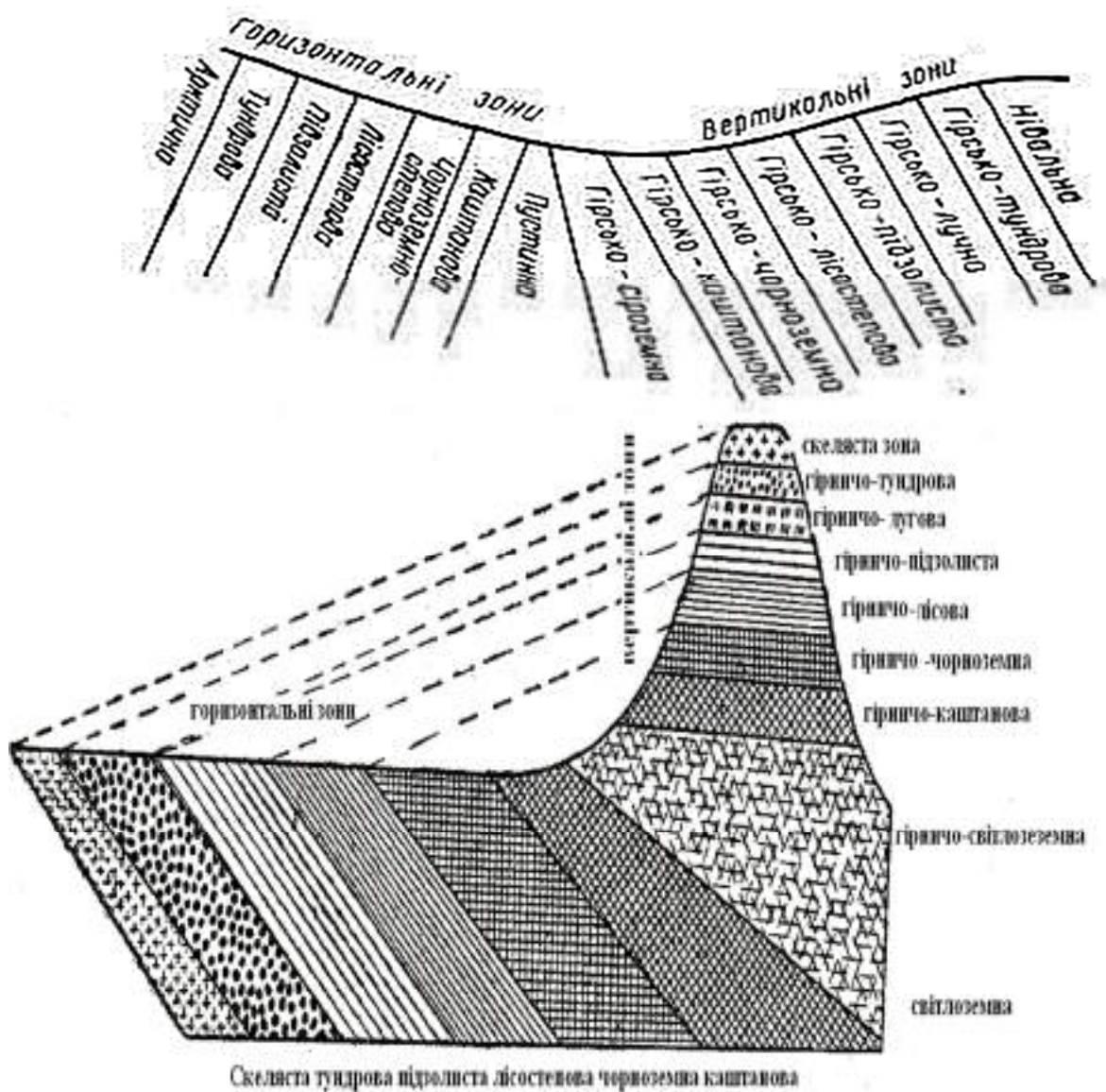


Рис. 3.27. Характер впливу вертикальних і горизонтальних форм рельєфу на характер ґрунтоутворюючих процесів.

**Гігморфні ґрунти** формуються на понижених ділянках рельєфу в умовах тривалого застою поверхневих вод або при неглибокому (менше 3 м) заляганні ґрунтових вод, які збагачені хімічними елементами і сполуками, принесеними з підвищених елементів. Ці ґрунти формуються залежно від ландшафтно-геохімічних умов під впливом висхідного руху води.

ґрунти, які формуються в автономних умовах, але їх короткочасно затоплюють поверхневі води або вони формуються при неглибокому (3-6 м) заляганні ґрунтових вод, називають **напівгідроморфними** (лучно-чорноземні ґрунти). ґрунти, які формуються в умовах сезонного ґрунтового зволоження, називають автоморфно-гідроморфними.

Залежність гігморфних ґрунтів від хімічного складу порід і ґрунтів підвищених елементів рельєфу називають геохімічним сполученням ґрунтів.

Тісний зв'язок між елементами рельєфу і характерними відмінностями ґрунтів став основою розробки методу опорних ділянок ("ключів") при картуванні ґрунтів. Суть цього методу полягає в тому, що на типовій для даного району ділянці встановлюється зв'язок елементів рельєфу з рослинними угрупованнями, із складом ґрунтоутворюючих порід і характерними особливостями ґрунтів. Для цього закладають потрібну кількість ґрунтових розрізів на різних елементах рельєфу і встановлюють приуроченість до них ґрунтових відмін. Добуті дані є гіпсометричною основою для картографування ґрунтів даного району.

**Таким чином, ресурси екологічних факторів на схилах суттєво відрізняються від рівнинних ділянок (плакорів):**

– найбільше світла одержують південні схили: на 17-32% більше від північних схилів і на 9-14% більше від плакорів і на 10-23% більше, ніж днища балок.

– починаючи з весни, найшвидше нагріваються і довше зберігають набране від сонця тепло схили південної експозиції: у квітні середньомісячна різниця температур між ґрунтами південних і північних схилів в шарі 0-20 см становила 1,6 °С, тобто за місяць південні схили одержали тепла на 48 оС більше, ніж північні;

– розміри втрат води на поверхневий стік складають : з південних схилів 18-50 мм, з північних – від 8 до 39 мм (іноді стік води не спостерігається), днища балок додатково одержують до 63 мм.

– глибина ранньовесняного промочування ґрунтів на плакорах в середньому становить 67 см, на південних схилах – 47 см, на північних схилах – 90 см і більше, на днищах балок – понад 100 см.

**Час.** Розрізняють абсолютний (час формування ґрунтів від утворення материнської породи до сьогодення) та відносний вік ґрунтів (характеризує швидкість ґрунтоутворюючого процесу). Для визначення абсолютного віку ґрунту використовують метод ізотопів  $C^{12}:C^{14}$  у ґрунтовому гумусі, за віком ґрунтових карбонатів. В.А.Ковда розрахував вік лучно-чорноземного ґрунту (8,5 тис. років) по швидкості накопичення  $CaCO_3$  у ґрунті при випаровуванні ґрунтових вод. Абсолютний вік ґрунту пов'язаний з віком місцевості, чим раніше вона звільнилась від водного чи льодового покриву і чим раніше на материнських породах почали відбуватись процеси ґрунтоутворення, тим більший вік буде мати ґрунт. До старих ґрунтів відносяться чорноземи південних степів. Молоді ґрунти – це ґрунти північних окраїн. Ще молодішими є ґрунти, які формуються на сучасних алювіальних відкладах у долинах річок.

Відповідно до фактору часу ґрунтоутворення введена класифікація ґрунтів за ступенем вивітрювання:

**Молоді** – мінеральна частина представлена первинними мінералами, ґрунти збіднілі на солі, карбонати, гіпс та розвиваються на елювії порід;

**Ранньостиглі** – у гумусовому горизонтів не містять таких первинних мінералів, як натрій, кальцій, магній та залізовмісних. Нагромаджують глинисті мінерали. Найбільш родючі ґрунти (сірі лісові, чорноземи);

**Пізньостиглі** – після вивітрювання більшості первинних мінералів, залишився переважно кварц і невелика частина польових шпатів (дерново-підзолисті ґрунти);

**Старі** – верхні горизонти збіднені мулом внаслідок вивітрювання та елювіальних процесів (підзоли, примітивні піщані ґрунти) (рис. 3.28).



Рис. 3.28. Вік відкладів у загальній хронології ґрунтоутворюючих процесів.

**Виробнича діяльність людини** – антропогенна еволюція (від освоєння цілини до застосування добрив і меліорантів та ін.). В умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва людина за допомогою машин, добрив, меліорацій, пестицидів, промислових відходів діє на ґрунт, призводить до зміни природних екосистем. Інтенсивний обробіток, систематичне внесення добрив призводять до змін профілю ґрунту (рис. 3.29).

*Зміна факторів ґрунтоутворення через антропогенний вплив проявляється в наступних формах* (Білобров та ін., 2004):

–в порушенні ґрунтоутворюючих порід (рекультиваційні наноси, гірничі виробки, торфозробки і т. д.);

–шляхом зміни форм рельєфу (формування териконів, кар'єрів, дамб, планування територій та т. д.);

– в результаті зміни кліматичних параметрів на макро-, мезо- і мікрорівнях (глобальний парниковий ефект, ефект потепління в мегаполісах, зрошення ґрунтів і пов'язана з ним зміна мікроклімату і т. д.);

–шляхом зміни характеру біоти (сільськогосподарські посіви культурних рослин, лісонасадження і ін.).

**Ґрунтоутворення** (педогенез, ґрунтоутворний процес) (рис. 3.30) – складний процес формування ґрунту в результаті взаємодії живих організмів та продуктів їх життєдіяльності і впливу на материнські породи у певних екологічних умовах. В результаті біологічного кругообігу речовин

грунтоутворна порода взаємодіє з живими організмами та продуктами їх життєдіяльності. Одночасно з цим, під впливом великого геологічного кругообігу, хімічні елементи мігрують по профілю ґрунту, що зумовлює формування його хімічного складу. Усі ґрунтоутворюючі процеси О.А. Роде поділив на 3 групи: мікро-, мезо і макро.

**Мікропроцеси.** Під їх впливом відбуваються елементарні перетворення та перенос речовин (зволоження – висихання, нагрівання – охолодження, сорбція-десорбція, окислення органічної речовини тощо). Вони не формують специфічних ознак ґрунту і відбуваються в межах ізольованих ділянок ґрунтового профілю.

**Мезопроцеси.** Це комплекси елементарних мікропроцесів біотичного та не біотичного походження, які призводять до формування окремих генетичних горизонтів, специфічних властивостей та ознак ґрунтів у профілі, але не типів ґрунтів (підзолитстий процес, лесіваж, солонцевий процес).



Рис. 3.29. Чинники виробничої діяльності людини як фактор ґрунтоутворюючих процесів.

**Макропроцес** охоплює весь профіль ґрунту в цілому, це сукупність мезопроцесів, в результаті формується певний тип ґрунту.

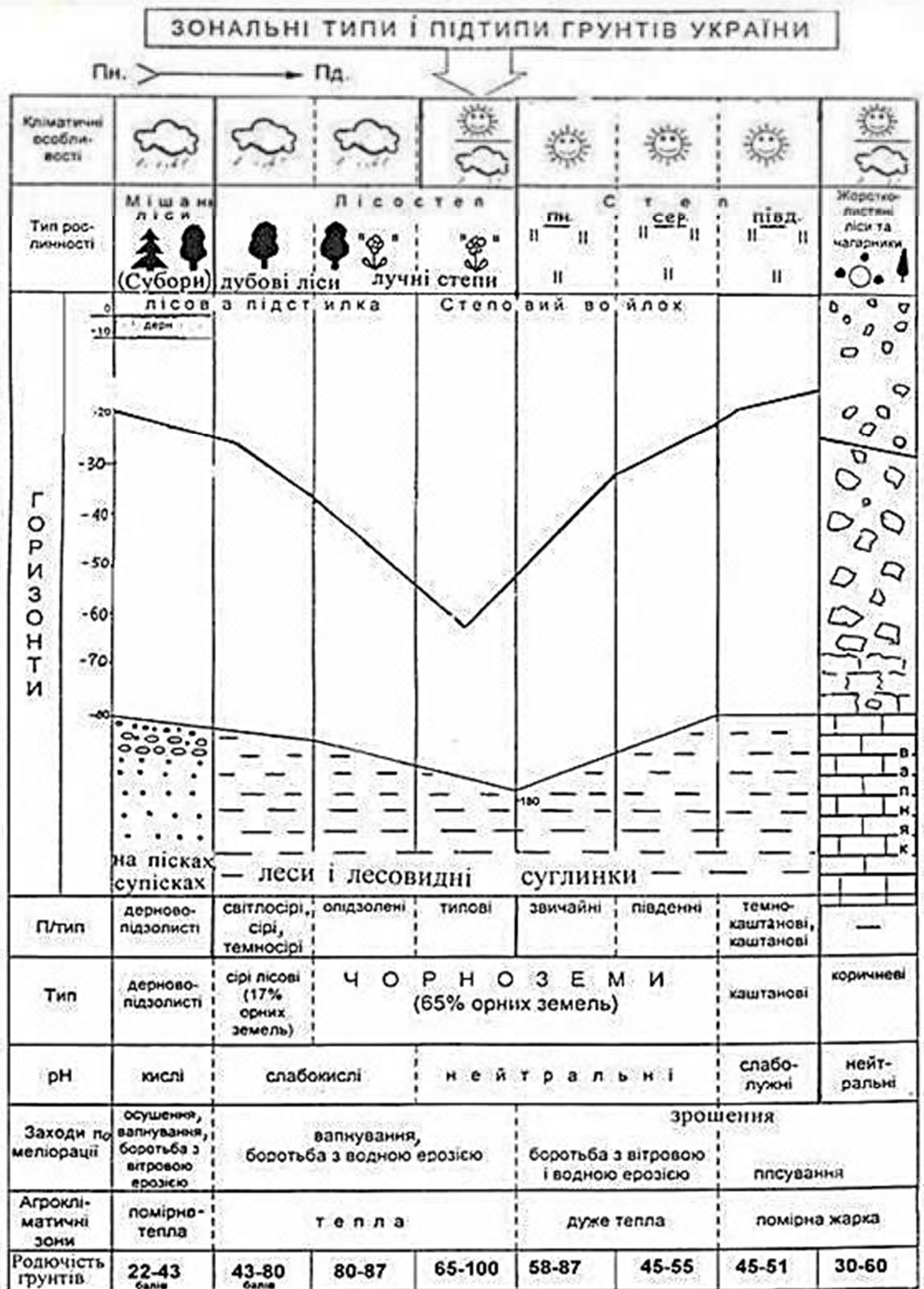


Рис. 3.30. Фактори ґрунтоутворення у динамічній взаємодії.



Наприклад, для формування дерново-підзолистих ґрунтів необхідна наявність дернового та підзолистого процесів, в їх утворенні також приймає участь процес лесиважу, а в умовах сильного перезволоження – ще й оглеєння. У профілі ознаки протікання цих процесів виражені морфологічно. Макропроцеси, які є специфічними для ґрунтоутворення І.П.Герасимов (1960) назвав елементарними ґрунтовими процесами. За певних поєднань один з одним вони визначають властивості ґрунту на рівні генетичних типів (тобто будову профілю). Кожен генетичний тип ґрунту характеризується властивим тільки йому поєднанням елементарних ґрунтових процесів. Проте окремі ЕГП можуть зустрічатися в інших типах ґрунтів. По Розанову **виділяють наступні ЕГП:**

1. Біогенно-акумулятивні (торфо-, гумусо-, підстилко- утворення, дерновий процес)
2. Гідрогенно-акумулятивні (засолення, загіпсування, оруднення – гідрогенна акумуляція заліза і мангану, латеритизація – озалізнєння та ін)
3. Метаморфічні (оглеєння та ін.)
4. Елювіальні (вилуговування, опідзолювання, лесивування та ін.)
5. Ілювіально-акумулятивні (глиняно-ілювіальний, гумусо-ілювіальний)
6. Педотурбаційні (кріотурбація, самомульчування, вспучення)
7. Деструктивні (ерозія, дефляція)

Елементарні ґрунтові процеси є горизонтотвірними та профілетвірними процесами, що відрізняє їх від загальних ґрунтотвірних процесів. Уявлення про сукупність процесів ґрунтоутворення та взаємодію фаз ґрунту можна дістати із загальної схеми ґрунтоутворення.

**А. Біогенно-акумулятивні ЕГП** – це група ЕГП, що протікають у ґрунті під безпосереднім впливом живих організмів, за участю продуктів їх життєдіяльності і відмерлих решток, супроводжуються утворенням у профілі біогенних органогенно-акумулятивних поверхневих горизонтів.

**Підстилкоутворення** – формування на поверхні ґрунту органічного (в нижній частині – органо-мінерального) шару лісової підстилки або степової повсті, які знаходяться по вертикальних шарах і в часі (по сезонах року) на різних стадіях розкладення рослинних решток. Підстилка суцільним шаром легко відділяється від нижньої мінеральної частини ґрунту і складається з видимих оком рослинних залишків. Процес характерний у сучасних умовах тільки для ґрунтів, що не розорюються (рис. 3.31).



Рис. 3.31. На рисунках варіанти підстилки у профілі ґрунту залежно від типу рослинності.

**Торфоутворення** – процес перетворення і консервування органічних решток при їх незначній гуміфікації, розкладі й мінералізації, що веде до утворення поверхневих горизонтів торфу різного ступеня розкладу. Причиною процесу найчастіше є перезволоження ґрунту (анаеробні умови) або низька середньорічна температура ("сухий" торф) (рис. 3.32). Найяскравіше проявляється в болотних (торф'яних) ґрунтах, в меншій мірі – в інших гідроморфних ґрунтах, в тому числі й в тундрово-глейових.



Рис. 3.32. Торфові горизонти.

**Класифікація торфу** (рис. 3.33). **Торф верхового типу (верховий торф)** – це генетичний тип торфу, в ботанічному складі якого залишки рослинності верхового типу складають не менше 95%.

**Торф перехідного типу (перехідний торф)** – це генетичний тип торфу, в ботанічному складі якого залишки рослинності верхового типу складають від 10% до 90%, а решта – залишки рослинності низинного типу.

**Торф низинного типу (низинний торф)** – це генетичний тип торфу, в ботанічному складі якого не менше 95% залишків рослинності низинного типу.

Кожний тип торфу містить три підтипи, які являють собою таксономічну одиницю класифікації видів торфу, що відображає підтип рослинності, з якої сформувався торф, зберігає його назву і характеризується певною вологістю, ступенем розкладу та вмістом деревних залишків. Розрізняють **лісовий, лісо-драговинний, і драговинний підтипи торфу**.

В кожному типі торфів розрізняють шість груп: деревну, деревно-трав'яну, деревно-мохову, трав'яну, трав'яно-мохову і мохову. **Деревна група торфів** включає в себе види торфів, в ботанічному складі яких вміст деревних залишків становить не менше 40%. (торф вільховий, березовий,

ялиновий, сосновий низинний, вербовий, деревний перехідний, сосново-чагарниковий).



Рис. 3.33. Механізм формування різних видів торфу (мовою оригіналу).

**Деревно-трав'яна група торфів** об'єднує види торфів, в ботанічному складі яких вміст деревних залишків становить від 15% до 35%, серед недеревних переважають трав'янисті залишки (торф деревно-осоковий, деревно-очеретяний, деревно-хвощовий, деревно-осоковий перехідний, сосново-пухівковий). Деревно-мохова група торфів об'єднує види торфів, в ботанічному складі яких вміст деревних залишків становить від 15% до 35%, серед недеревних переважають залишки мохів. (торф деревно-гіпновий, деревно-сфагновий перехідний, сосново-сфагновий).

До **трав'яної групи торфів** входять види торфів, в ботанічному складі яких деревні залишки становлять не більше 10%, залишки мохів - до 30%, решта – трав'янисті залишки (торф хвощовий, очеретяний, очеретяно-осоковий, вахтовий, осоковий, шейхцерієвий низинний, шейхцерієвий перехідний, осоковий перехідний, пухівковий, шейхцерієвий верховий).

**Трав'яно-мохова група торфів** включає в себе види торфів, в ботанічному складі яких деревні залишки становлять не більше 10%, залишки мохів – від 35% до 65%, решта – трав'янисті залишки (торф осоково-гіпновий, осоково-сфагновий низинний, осоково-сфагновий перехідний, пухівково-сфагновий, шейхцерієво-сфагновий).

**Мохова група торфів** об'єднує види торфів, в ботанічному складі яких вміст деревних залишків не перевищує 10%, вміст залишків мохів не менше 70% (торф гіпновий низинний, сфагновий низинний, гіпновий перехідний, сфагновий перехідний, фускум торф, ангустіфоліум торф, магеланікум торф, комплексний моховий, сфагновий мочаровий).

**Гумусоутворення** (рис. 3.34-3.35) – процес перетворення органічних решток у ґрунтовий гумус і його взаємодія з мінеральною частиною ґрунту. Гумусоутворення ділиться на: а) за механізмом гумусоутворення – інсїтне (від лат. *in situ* – на місці утворення), просочувальне і потічне; б) за типом гуміфікації – гуматне, гуматно-фульватне, фульватне і гумінне; в) за реакцією середовища утворення – кисле, нейтральне, лужне; г) за характером зв'язку з мінеральною частиною і ступенем гуміфікації: мюлеутворення, модероутворення, мороутворення. Наприклад, для чорнозему характерне інсїтне гуматне нейтральне мюлеве гумусоутворення, а для підзолистого ґрунту – просочувальне фульватне кисле модер гумусоутворення. Морфологічно цей процес характеризується утворенням поверхневого темного гумусового горизонту найчастіше грудкуватої або зернистої структури. (Детально про процес гумусоутворення у розділі 6 посібника).

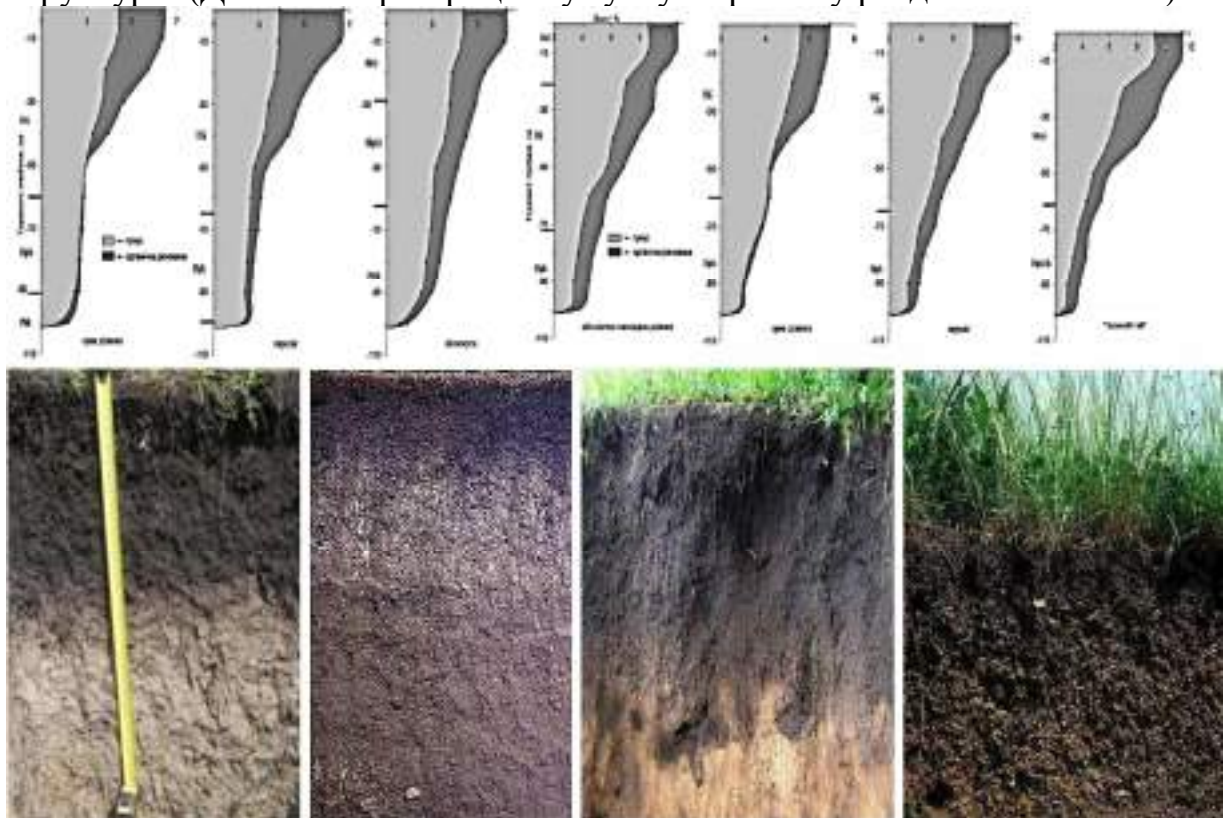


Рис. 3.34. Профільний розподіл гумусу та органічної речовини в ґрунтах різних типів (верхня позиція) та інтенсивне формування гумусового горизонту в окремих типах ґрунтів (нижня позиція).

**Дерновий процес** – інтенсивне гумусоутворення, гумусонакопичення і акумуляція біофільних елементів під дією трав'яної рослинності і, особливо, кореневої маси з утворенням ізогумусового профілю з поверхневим темним грудкуватим або зернистим дерновим (перегнійним) горизонтом, який по об'єму на половину складається із корневих систем рослин. Для орних ґрунтів не характерний, бере участь в утворенні багатьох ґрунтів, що формуються під трав'янистою рослинністю, в тому числі чорноземів, дернових, лучних, буроземів тощо (рис. 3.36).

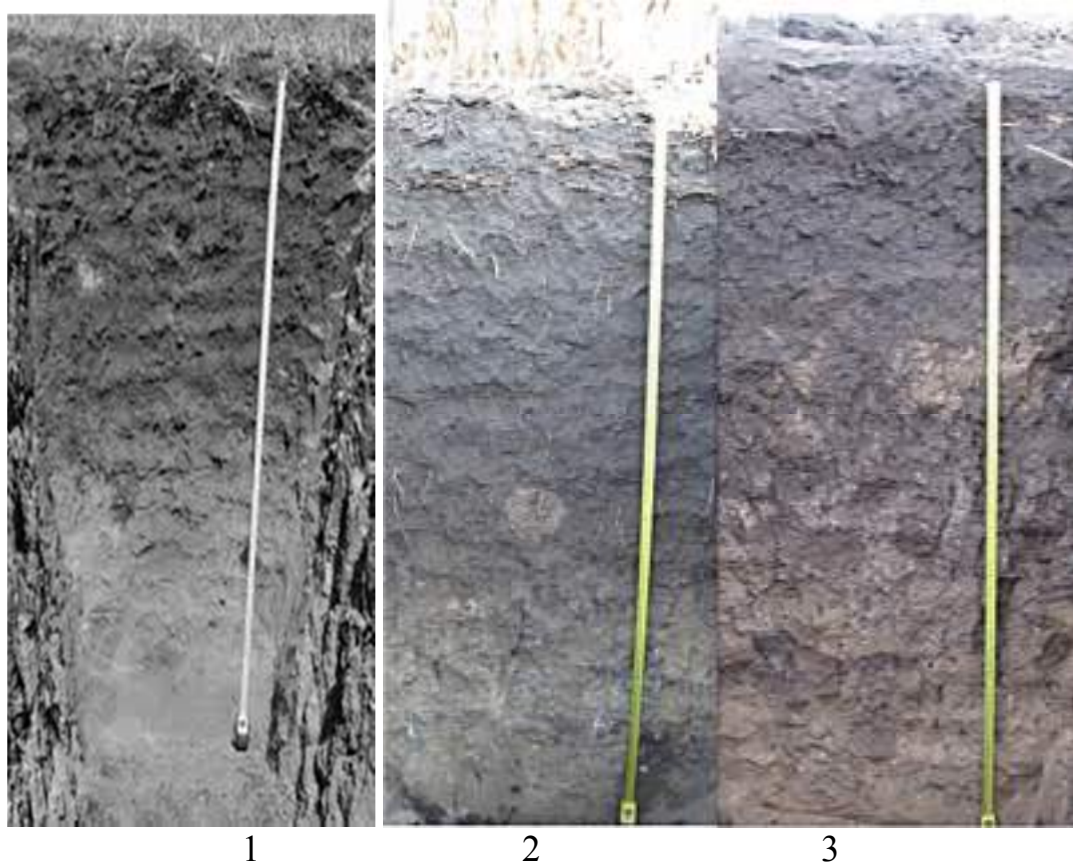
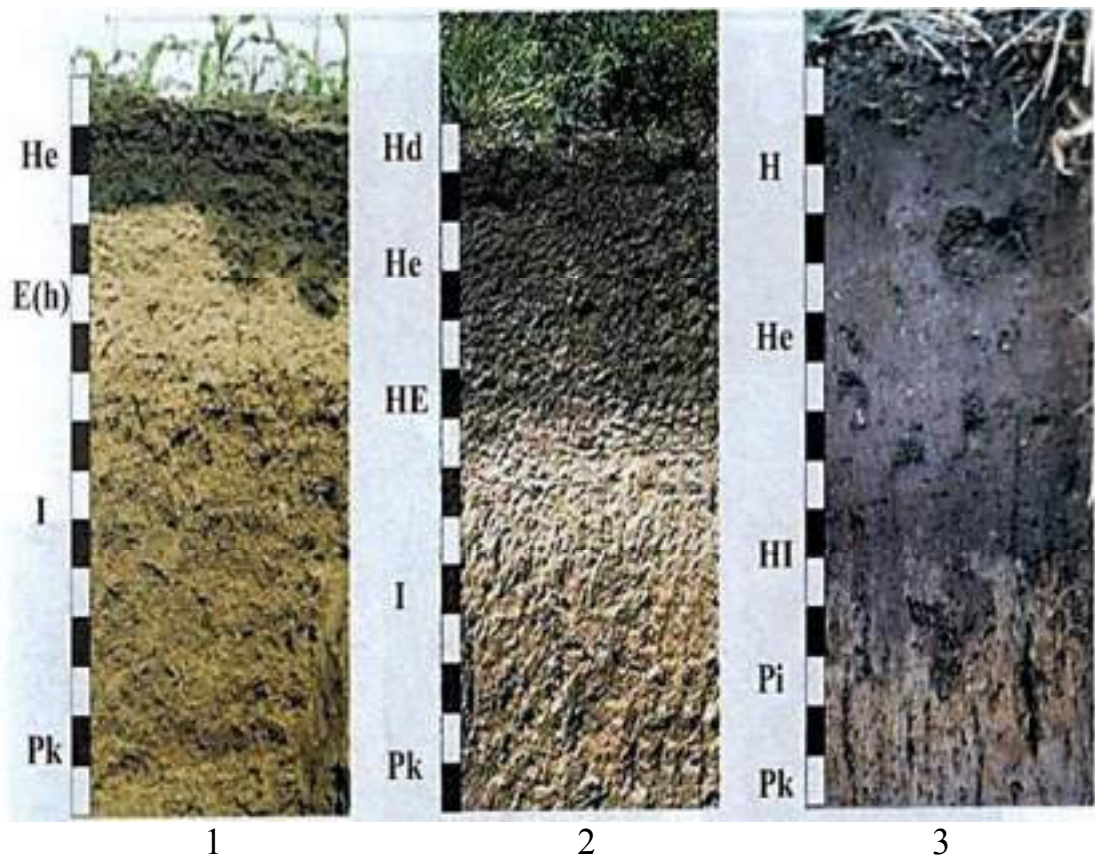


Рис. 3.35. Профіль ґрунту за механізмом гумусоутворення: 1 – потічне; 2 – інсітне; 3 – просочувальне. Нижня позиція: за типом гуміфікації 1, 2 – гуматний, 3 – фульватний.



Рис. 3.36. Зернистий дерновий (перегнійний) горизонт.

**Б. Гідрогенно-аккумулятивні ЕГП** – група процесів, пов'язаних із сучасним або минулим впливом ґрунтових вод на ґрунтоутворення, належать до геохімічних міграційних процесів у земній корі. І тільки в тій частині, у якій ці процеси охоплюють акумуляцію речовин у ґрунтовому профілі, вони можуть бути віднесені до ґрунтових процесів.

**Засолення** – процес накопичення в ґрунті (особливо в кореневмісному шарі) легкорозчинних солей в кількості, що знижує родючість ґрунтів і пригнічує ріст і розвиток більшості рослин, за винятком галофітів (рис. 3.37).

**Легкорозчинні солі** – це солі, розчинність яких у воді перевищує 10 г / л при температурі 20 °С. Таку розчинність мають: карбонат і бікарбонат натрію ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ); сульфати натрію і магнію ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  і їх гідрати); хлориди натрію, магнію і кальцію ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ); нітрати натрію, калію і магнію ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ).



Рис. 3.37. Типові профілі (зліва-направо) три профілі солоді, профіль солонцю та солончака. Нижня позиція – типовий вигляд солончака.

**Засолений горизонт** – це ґрунтовий горизонт, що містить – 0,2% і більше від суми солей по водній витяжці з співвідношенням ґрунт:вода = 1: 5, і / або 0,1% і більше від суми «токсичних» солей по водній витяжці 1: 5, і / або має питому електропровідність витяжки у водонасиченому пласті при 25 °С 4 ДСМ / м і вище.

**Засолений ґрунт** – це ґрунт, що має хоча б один засолений горизонт в межах ґрунтового профілю.

Солі підіймаються по капілярах ґрунту разом з водою і при її випаровуванні накопичуються в верхній частині профілю. Характерно найбільше для солончаків, відбувався цей процес при утворенні солонців і солодей, а також різних типів солончакуватих ґрунтів – каштанових солончакуватих, чорноземів солончакуватих, пустельних і напівпустельних.

**Загіпсовування** (рис. 3.38-3.40) – процес вторинної акумуляції гіпсу в ґрунтовій товщі відкладенням його із мінералізованих ґрунтових вод при досягненні ними насичення щодо сульфату кальцію або при взаємодії шару, який містить вапно, з сульфатно-натрієвими водами. Характерне для багатьох ґрунтів Степу та Сухого Степу (рис. ).



Рис. 3.38. Кристали гіпсу в ґрунтовому профілі під мікроскопом.

Основні умови процесу:

внутрішньоґрунтове вивітрювання різноманітних порід, що містять сульфіді (пірит) і сульфати (алуніт) (рис. ).

арідні території з високою випаровуваністю, сильним висушуванням ґрунту і короткочасним випаданням опадів у вигляді злив.

глибокий рівень ґрунтових вод.

дренаж.



Рис. 3.39.

Алуніт

Ярозит

У морфології ґрунтів з явно вираженим процесом гіпсоутворення виділяють гумусовий і гіпсоносний (гажевий) горизонт, потужністю 60-80 см. Він являє собою суміш мікрокристалічного гіпсу, глинистих частинок, піщаних фракцій, уламків порід і кристалів карбонату кальцію. Гіпсовмісний горизонт може поділятися на карбонатно-гіпсовий, гіпсовий і гіпсово-кам'янистий.

Механізм елементарного ґрунтового процесу гіпсоутворення зводиться до окислення і гідролізу сірковмісних мінералів з утворенням  $H_2SO_4$  як проміжного продукту. Якщо в ґрунті присутній кальцит,  $H_2SO_4$  взаємодіє з ним, утворюючи гіпс, а при відсутності кальциту руйнує алюмосилікати з утворенням гіпсу і супутніх мінералів.

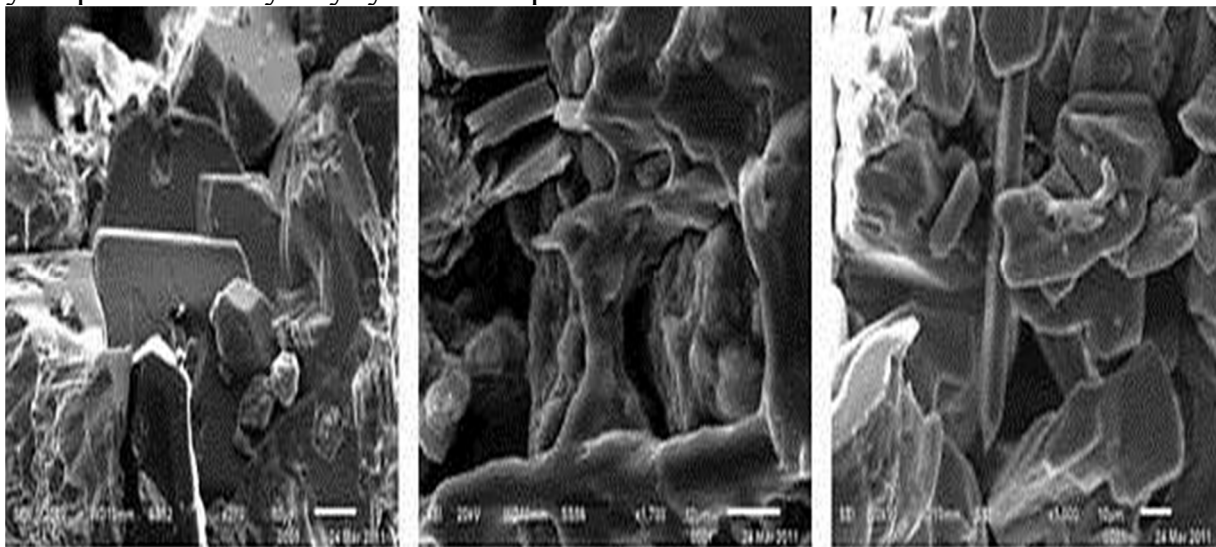


Рис. 3.40. Мікрофотографії гіпсових утворень у ґрунтах.

**Карбонатизація** – процес вторинної акумуляції карбонату кальцію у ґрунтовій товщі із мінералізованих ґрунтових вод при досягненні ними насичення карбонатом чи гідрокарбонатом кальцію або при обробці гіпсовмісного шару лужними содовими водами. Часто спостерігається в алювіальних, лучних ґрунтах, що формуються на безкарбонатних материнських породах (рис. 3.41-3.44).

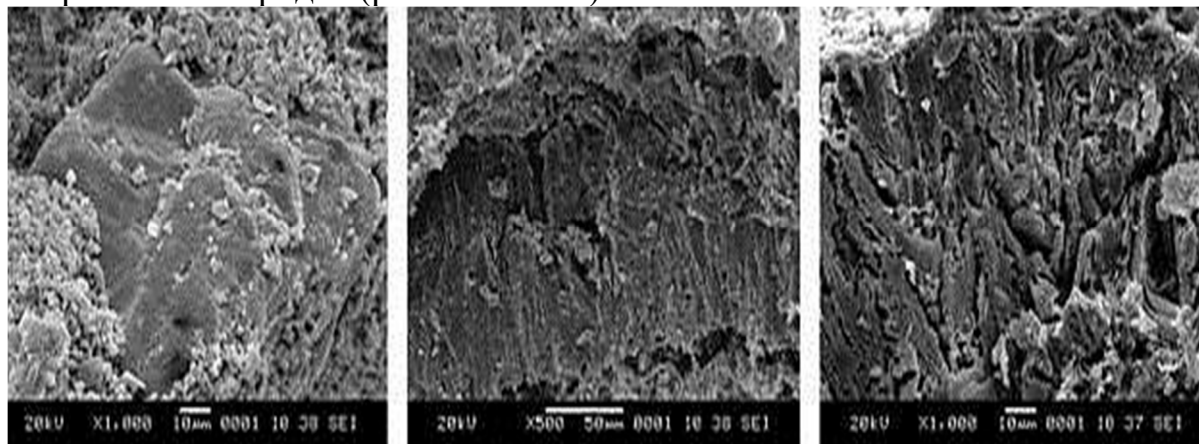


Рис. 3.41. Мікрофотографії карбонатних утворень у ґрунтах.



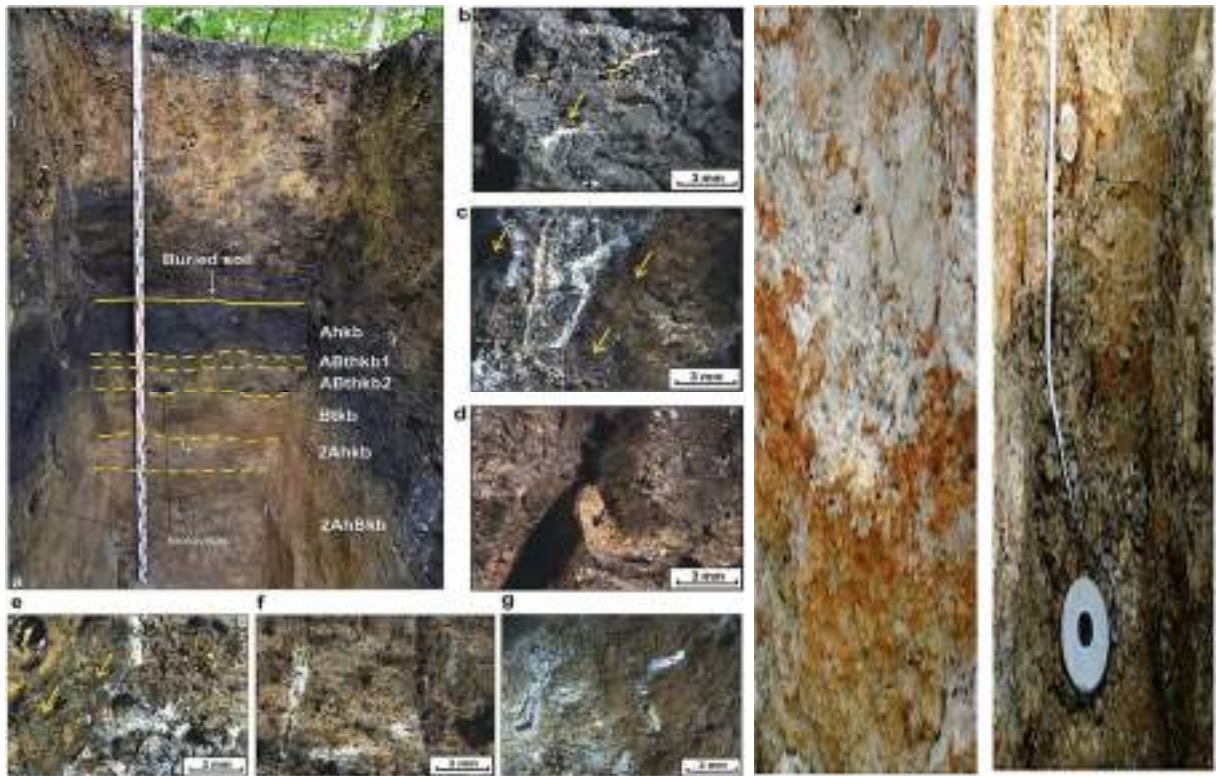


Рис. 3.43. Ознаки карбонатизації ґрунтового профілю.

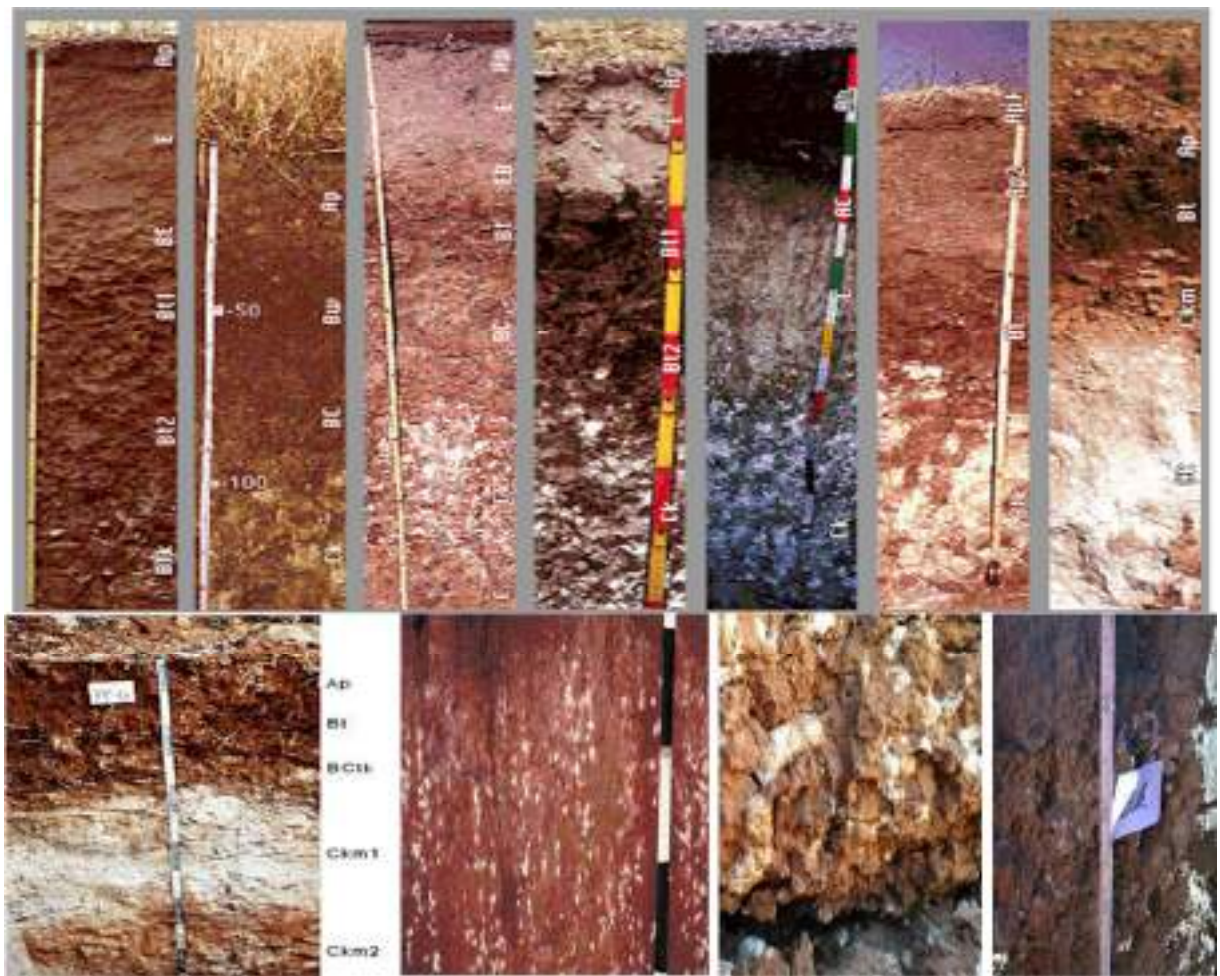


Рис. 3.44. Ґрунтові профілі з різним ступенем карбонатизації.

**Орудніння** – процес гідрогенного накопичення оксидів заліза і мангану різного ступеня гідратації у товщі ґрунту з утворенням "залізистого солончаку" або "рудякового горизонту", ортзанду, ортштейну, болотної руди, залізисто-манганових конкрецій. Характерний для багатьох гідроморфних і напівгідроморфних ґрунтів (рис. 3.45-3.46).



Рис. 3.45. Ознаки орудніння: *а* – профіль ґрунту; *б* – ортштейни надліювіального горизонту; *в* – ортштейни *Pi* горизонту.



Рис. 3.46. Рудякові новоутворення заліза у дернових глейових ґрунтах Малого Полісся.

**Окремніння** – процес гідрогенного накопичення кремнезему у товщі ґрунту і цементації ним ґрунтових агрегатів, має місце в області циркуляції лужних розчинів. Часто відбувається в солодях та осолоділих ґрунтах.

**Латеритизація** – процес внутріґрунтового озалізнення з утворенням потужних конкреційних або панцирних прошарків різної будови (пізолітового, вермикулярного, шлакоподібного). Характерний для багатьох ґрунтів тропіків.

**Олуговіння** – акумулятивний процес, який пов'язаний із дією різних ґрунтових вод на нижню частину профілю при доброму загальному дренажі, що веде до підвищення зволоження ґрунту без його заболочення, росту

гумусованості ґрунту і забезпеченості елементами живлення рослин; це дерновий процес у поєднанні з ґрунтовим зволоженням при доброму дренажі. Характерний для багатьох типів ґрунтів, у тому числі для лучно-чорноземних, лучно-каштанових, лучних тощо (рис. 3.47).

- **Латеритизація** – процес, що йде переважно завдяки привносу сполук Fe при боковому русі ґрунтових розчинів.
- Гідроксиди заліза випадають в осад : окремі залізисті конкреції, горизонти зцементованих Fe конкрецій – пізоліти; комірчасті форми – плінтити; суцільні монолітні горизонти – латерити.
- Латеритизація – не обов’язкова складова фералітизації.



Рис. 3.47. Зразки ґрунтів з характерними ознаками латеритизації.

**Кольматаж** – гідрогенний процес накопичення скаламученого у воді матеріалу, який накриває поверхню ґрунту і пори верхніх шарів: природний кольматаж має місце при підводному і алювіальному гідроаккумулятивному ґрунтоутворенні, при намиві ґрунтів під схилами; деякі ґрунти кольматуються штучно з метою підняття їх родючості; постійно йде кольматаж на зрошуваних ґрунтах, особливо при поливах напуском (рис. 3.52).

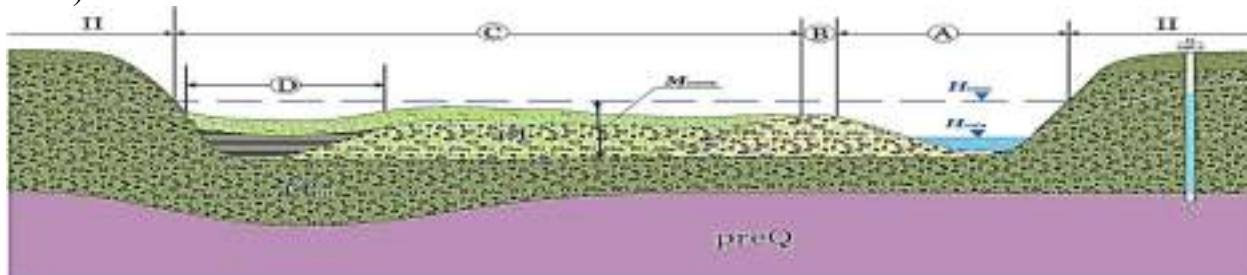


Рис. 3.48. Загальна схема кольматажу при підводному і алювіальному гідроаккумулятивному ґрунтоутворенні.

**В. Метаморфічні ЕГП.** Це група процесів трансформації породоутворюючих мінералів на місці (in situ) без елювіально-ілювіального перерозподілу компонентів у ґрунтовому профілі. Для даної групи процесів вводить поняття внутрішньоґрунтового вивітрювання. До ґрунтових процесів вони відносяться тільки в межах ґрунтового профілю.

**Сіалітизація** – процес вивітрювання первинних мінералів з утворенням і відносним накопиченням in situ вторинної глини сіалітного складу ( $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3 > 2,5$ ). Характерно для більшості ґрунтів бореального та суббореального вологих поясів.

**Монтморилонізація** – процес вивітрювання первинних мінералів з утворенням і відносним накопиченням вторинної глини монтморилонітового складу. Характерно для багатьох ґрунтів тропічного і субтропічного поясів.

**Фералітизація** – процес вивітрювання первинних мінералів з утворенням і накопиченням in situ вторинної глини фералітного складу ( $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3 < 2,5$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 < \text{Al}_2\text{O}_3$ ). Спостерігається у цілому ряду тропічних і субтропічних ґрунтів.

**Ферсіалітизація** – процес накопичення рухомих сполук заліза у вигляді  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  і  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  на фоні оглинення (сіалітизації), зумовленого декарбонатацією ( $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 > 2$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Al}_2\text{O}_3$ ) (рис. 3.49-3.50).

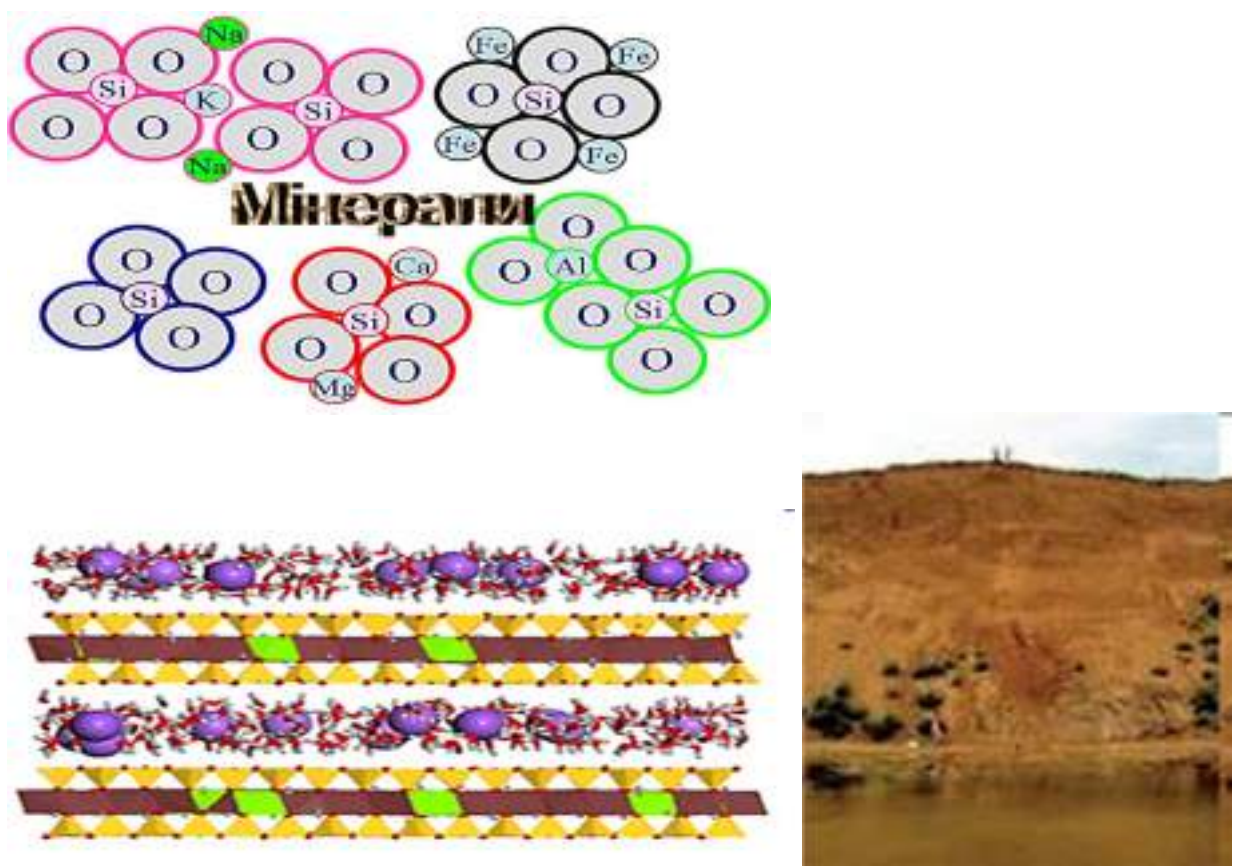


Рис. 3.49. Загальна схема фералітизації.



Рис. 3.50. Типові ґрунтові профілі фераталітних ґрунтів.

**Феритизація (рубелізація)** – процес необерненої коагуляції і наступної кристалізації колоїдних гідроксидів заліза у ґрунтовому профілі внаслідок інтенсивного періодичного просихання ґрунту в сухий і жаркий період року (часто трапляється в коричневих та інших типах субтропічних і тропічних ґрунтів).

**Озалізнення** – процес вивільнення заліза із решіток мінералів при вивітрюванні та його осадження *in situ* в порах і тріщинах у вигляді автохтонних кутан, зерен, мікроагрегатів і згустків гідроксидів, який супроводжується побурінням або почервонінням ґрунтоутворюючої породи (рис. 3.51).



Рис. 3.51. Вертикальний розріз ґрунту з ознаками озалізнення.

**Оглеєння** – процес метаморфічного перетворення мінеральної ґрунтової маси внаслідок постійного або подовженого періодичного перезволоження ґрунту, що призводить до інтенсивного розвитку відновних процесів при

обов'язковій участі анаеробних мікроорганізмів та наявності органічної речовини. Характеризується відновленням елементів зі змінною валентністю, руйнуванням первинних мінералів, синтезом вторинних мінералів типу алюмоферрисилікатів, де залізо знаходиться в закисній формі (рис. 3.52). Останні надають ґрунту сизого, голубого, зеленкуватого забарвлення. Характерно для болотних, інших гідроморфних ґрунтів, менш інтенсивно проявляються в на- півгідроморфних різновидах зональних ґрунтів (дернові глейові, дерново-підзолисті глейові, лучно-чорноземні тощо).

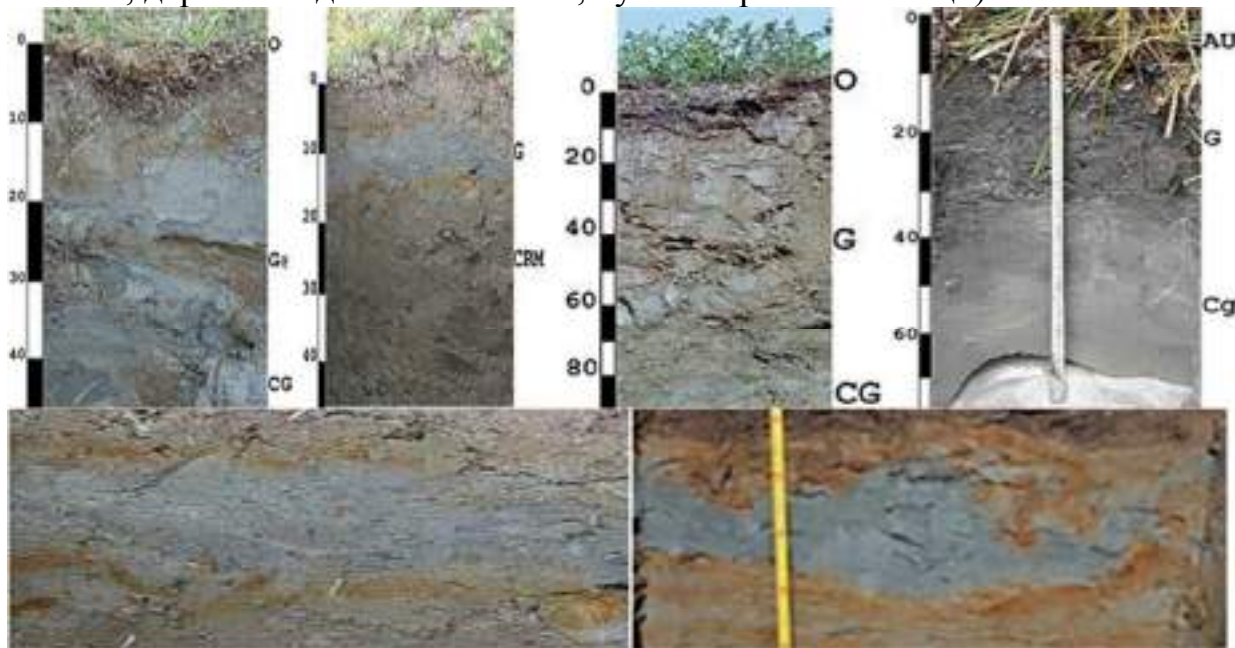


Рис. 3.52. Ознаки оглеєння у ґрунтах та глейовий горизонт (нижня позиція).

**Злитизація** – процес зворотної цементації монтморилонітово-глинистих ґрунтів в умовах періодичного чергування інтенсивного зволоження і висихання, який супроводжується набуханням і просіданням з утворенням інтенсивної вертикальної тріщинуватості. Характерно для багатьох злитих ґрунтів – вертисолей, чорноземів злитих тощо (рис. 3.53).



Рис. 3.53. Ознаки злитизації ґрунтів.

**Оструктурювання** – процес розділення ґрунтової маси на агрегати різного розміру та форми з наступним зміцненням їх і формуванням внутрішньої будови структурних відокремлень (детально у підрозділі про структурність ґрунтів).

**Г. Елювіальні ЕГП** – це група процесів, зв'язаних із руйнуванням або перетворенням ґрунтового матеріалу у специфічному елювіальному горизонті з виносом із нього продуктів руйнування або трансформації низхідними водами чи латеральними (боковими) токами води, внаслідок чого елювіальний горизонт робиться збідненим на ті чи інші сполуки і відносно збагаченим залишеними на місці аморфним кремнеземом.

**Вилугування** – процес збіднення того чи іншого горизонту ґрунту або профілю в цілому основами (лужними і лужноземельними) внаслідок виділення їх із кристалічної решітки мінералів або органічних сполук розчиненням і подальшого виносу водою, що просочується. Вилугувані з верхніх горизонтів основи можуть бути винесені за межі ґрунтового профілю або акумульовані в розміщеному нижче ілювіальному горизонті. Часткові прояви цього процесу – декарбонізація (сірі лісові ґрунти, чорноземи вилугувані) та розсолення (солонці, солоді) (рис. 3.54).

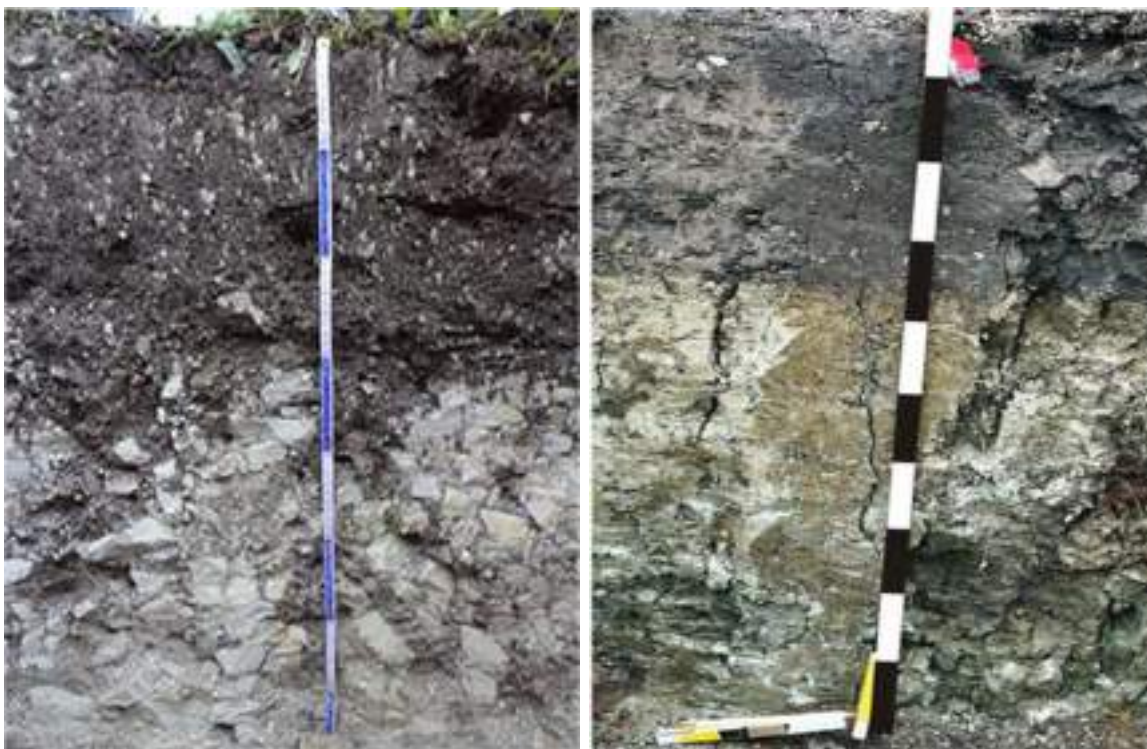


Рис. 3.54. Характерні ознаки вилугування ґрунтового профілю.

**Опідзолення** – кислотний гідроліз мінералів під впливом кислих органічних речовин, що утворюються під лісовою рослинністю, виніс продуктів гідролізу вниз по профілю в умовах гумідного клімату і промивного водного режиму із залишковою акумуляцією в опідзоленому (підзолистому) горизонті кремнезему і збідненням його на мул, алюміній, залізо й основи. Горизонт набуває легкого гранулометричного складу та білястого забарвлення. Характерно для підзолистих, дерново-підзолистих,

сірих лісових ґрунтів, чорноземів опідзолених та багатьох інших типів ґрунтів (рис. 3.55-3.56).

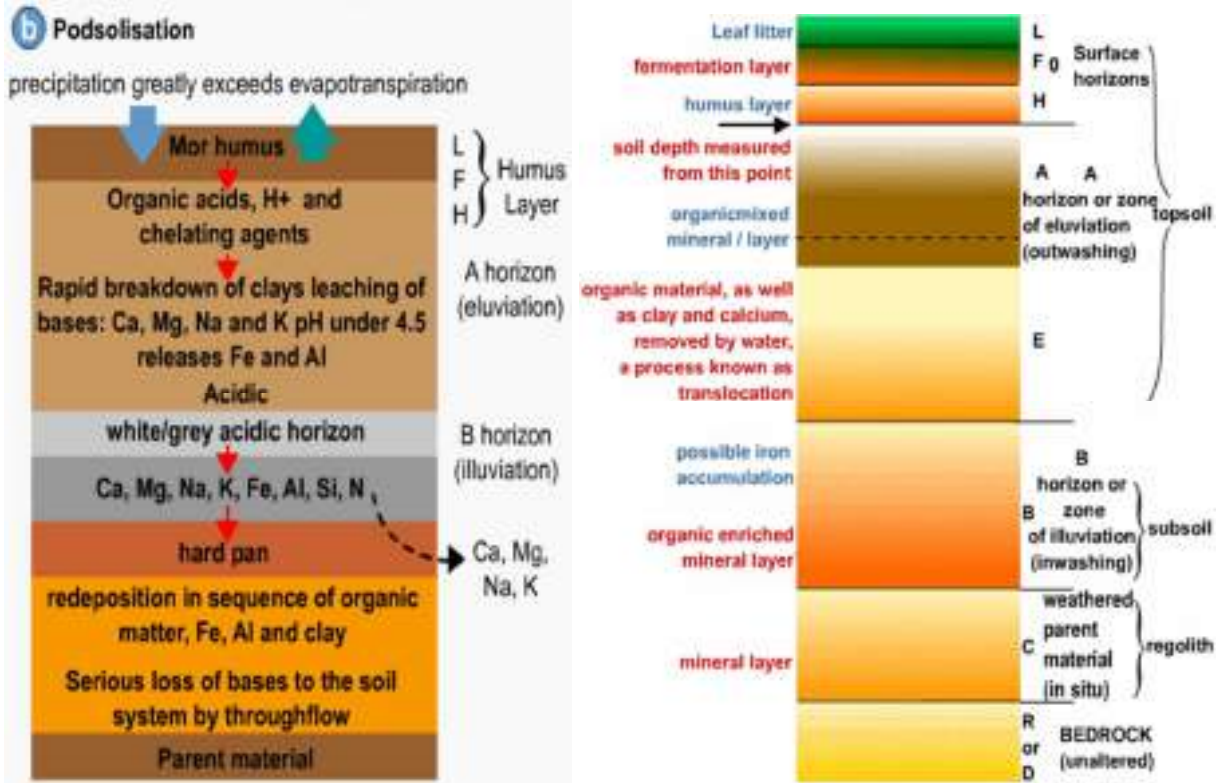


Рис. 3.55. Схема опідзолення ґрунтового профілю у схемі WRB (мовою оригіналу).

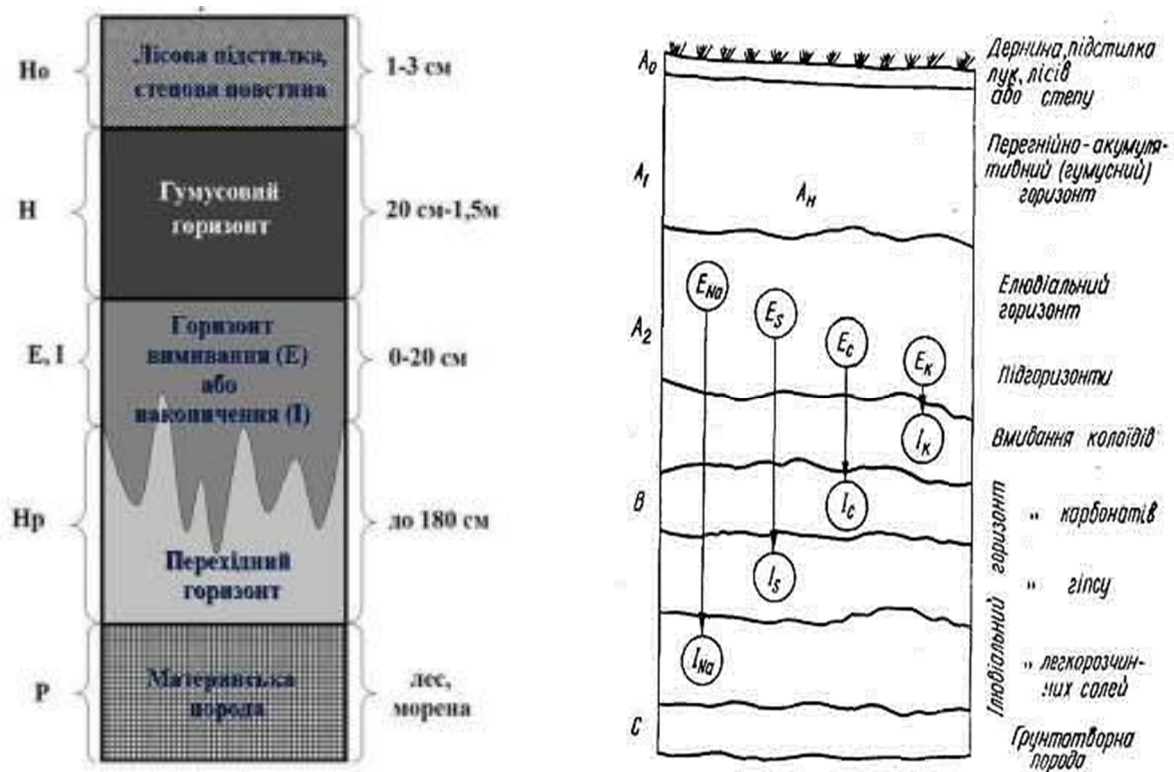


Рис. 3.56. Схема формування окремих профілів та протікання ЕГП у профілі ґрунту.



**Відмулювання** (лесиваж, обезмулювання, ілімеризація) – процес пептизації, відмивання мулистих і тонкопилюватих частинок з поверхні зерен грубозернистого матеріалу або з мікроагрегатів і виніс їх у незруйнованому стані із елювіального горизонту. Характерно для сірих лісових, бурих лісових ґрунтів, йде паралельно з опідзоленням у багатьох типах опідзолених ґрунтів (рис. 3.57).

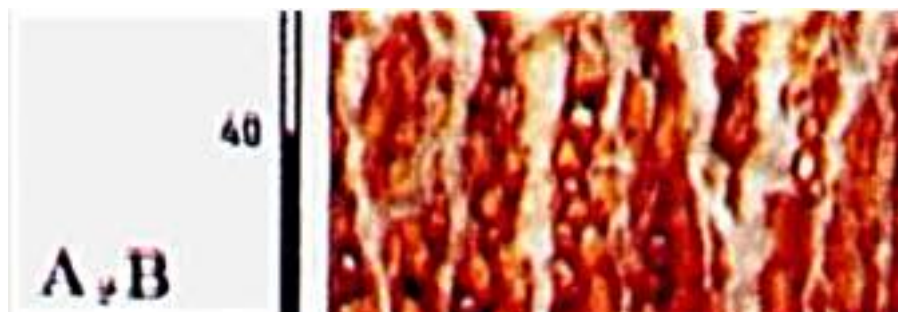


Рис. 3.57. Ознаки лесиважу у вигляді язикових потоків міграції по профілю ґрунту.

*Виділяють умови, що визначають можливість міграції мулистих частинок у процесі лесиважу:*

1. У кислих ґрунтах помірного і холодного клімату

а) при низькому вмісті органічної речовини деспергація можлива тільки в анаеробних умовах, коли частина заліза переходить у закисний стан. Відновлення заліза зумовлює руйнування Al-Fe – глинистих комплексів і звільнення частини мулу, здатного до міграції;

б) при високому вмісті органічної речовини формується достатня кількість вільних низькомолекулярних кислот, які беруть участь у руйнуванні мінералів, звільнюючи мулисті фракції, які в стані пептизації здатні до пересування.

2. В умовах слабокислої реакції середовища (як це спостерігається в сірих лісових ґрунтах) при зволоженні ґрунту Са-гумінові кислоти переходять у розчин і, диспергуючи, виносяться в нижні горизонти.

3. У ґрунтах, розвинених на карбонатних породах, пересування мулу здійснюється після вилуговування карбонатів, що сприяє звільненню мулу, скоагульованого кальцієм.

*Для здійснення акумуляції необхідні наступні умови:*

- Наявність геохімічних, фізико-хімічних, механічних бар'єрів;
- Достатня глибина промочування ґрунту атмосферними водами.

Так, в кислих ґрунтах, розвинених на безкарбонатних породах, винос мулистих частинок здійснюється на значну глибину (більше 2 м).

У нейтральних і лужних ґрунтах геохімічними бар'єрами служать карбонатні і сольові горизонти, які викликають швидке осідання суспензій. Тому мулисті горизонти тут меншої потужності і диференціація ілювіального горизонту відсутня.

Лесиваж спостерігається в гумідних та семігумідних ґрунтах. Найбільш активно йде в ґрунтах гумідних помірно холодних та субтропічних рівнин і

гірських територій, де забезпечується порівняно повільне фільтрування суспензій через товщу з високим вмістом тонких фракцій.

**Псевдоопідзолення** – процес утворення освітленого елювіального горизонту внаслідок сумісної дії лесиважу і поверхневого оглеєння.

**Псевдооглеєння (глеє-елювіювання)** – процес внутрішньогрунтового руйнування мінералів під впливом поверхневого або підповерхневого оглеєння під дією періодичного перезволоження верховодкою при її сезонному утворенні на водоупорному ілювіальному горизонті або первинному більш важкому нижчому шарі двочленної ґрунтоутворюючої породи. З поверхневого глеє-елювіального горизонту виносяться продукти руйнування при опусканні рівня ґрунтових вод.

**Осолодіння** – процес руйнування мінеральної частини ґрунту під дією лужних розчинів (солей натрію) з накопиченням решток аморфного кремнезему і виносом із елювіального (осолоділого) горизонту аморфних продуктів руйнування. Характерно в першу чергу для солодей і різних типів осолоділих ґрунтів (рис. 3.58).



Рис. 3.58. Типові ознаки профілю осолоділих ґрунтів.

**Д. Ілювіально-аккумулятивні ЕГП** – група процесів акумуляції речовин у середній частині профілю елювіально-диференційованих ґрунтів, переміщення і закріплення винесених із елювіального горизонту сполук. Кожному елювіальному процесу може відповідати свій ілювіальний процес, якщо елювіювання не виходить за межі ґрунтового профілю.

**Глинисто-ілювіальний процес** – процес ілювіального накопичення мулистих частинок, які винесені в процесі лесиважу.

**Гумусово-ілювіальний процес** – процес ілювіального накопичення гумусу, винесеного із підстилки або з елювіального горизонту.

**Залізисто-ілювіальний процес** – процес ілювіального накопичення сполук (оксидів) заліза, винесених із елювіального горизонту в іонній, колоїдній або зв'язаній з органічною речовиною формах.

**Алюмо-гумусово-ілювіальний процес** – процес ілювіального накопичення аморфних оксидів алюмінію разом з гумусом, винесеним із елювіального горизонту (рис. 3.59).



Рис. 3.59. Мікрошліфт ґрунту по типу алюмо-гумусово-ілювіального процесу.

**Залізно-гумусово-ілювіальний процес** – процес ілювіального накопичення аморфних оксидів заліза разом з гумусом, винесених вниз із елювіального горизонту, характерний для піщаних підзолів (рис. 3.60).



Рис. 3.60. Мікрошліфт ґрунту по типу залізно-гумусово-ілювіального процесу.

**Al-Fe-гумусово-ілювіальний процес** – процес ілювіального накопичення аморфних оксидів алюмінію і заліза разом з гумусом, винесених вниз із підстилки або елювіального горизонту, характерний для підзолів.

**Карбонатно-ілювіальний процес** – процес накопичення  $\text{CaCO}_3$  в середній або нижній частині профілю, який мігрує під впливом вилуговування чи міграції карбонатів. Характерний для сірих лісових, чорноземів та багатьох інших типів ґрунтів (рис. 3.61).

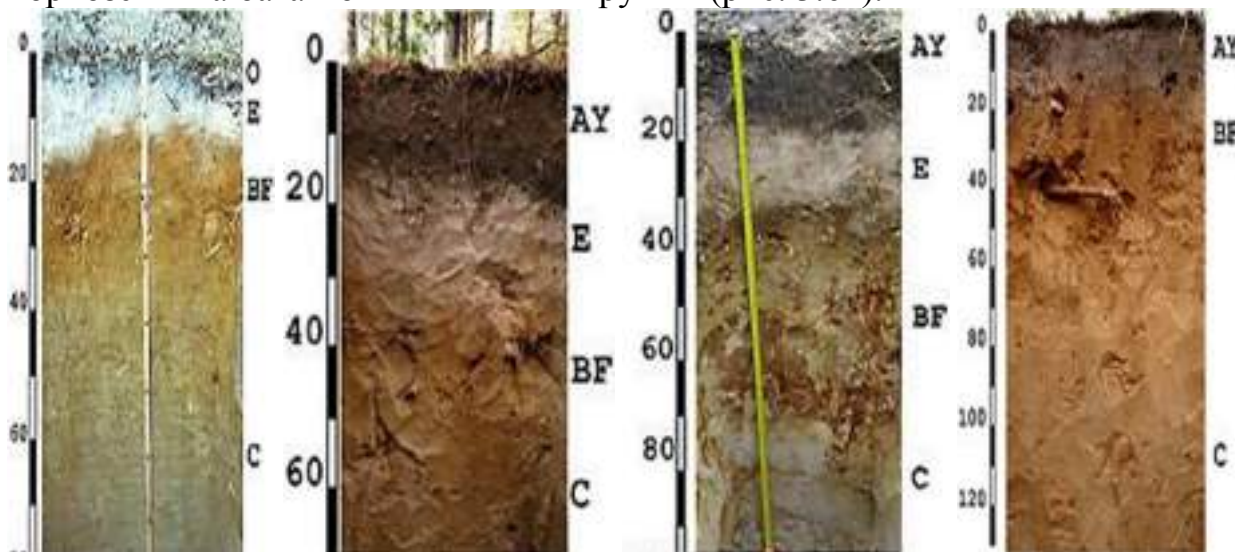


Рис. 3.61. Ґрунтові профілі з вираженим процесом ілювіального накопичення аморфних оксидів заліза.

**Е. Педотурбаційні ЕГП.** Змішана група процесів механічного перемішування ґрунтової маси під впливом різних факторів і сил як природних, так і антропогенних.

**Самомульчування** – процес утворення малопотужного поверхневого пухкого дрібнобрилистого (горіхуватого) горизонту при інтенсивному просиханні злитих ґрунтів, який чітко відокремлений від розміщеної нижче зливої ґрунтової маси; самомульчований шар існує лише у сухому стані, повністю зливаючись з лежачим нижче ґрунтом при зволоженні.

**Розтріскування** – процес інтенсивного стискання ґрунтової маси при її висушуванні з утворенням вертикальних тріщин на різну глибину, який веде до перемішування ґрунту і його гомогенізації на глибину розтріскування у орних ґрунтах, або навпаки до утворення гетерогенних профілів з різним складом і будовою (рис. 3.62).



Рис. 3.62. Ознаки розтріскування ґрунтового шару.

**Кріотурбація** – процес морозного механічного переміщення одних ґрунтових мас відносно інших у межах якогось горизонту або профілю в цілому з утворенням специфічної кріотурбаційної будови (рис. 3.63).



Рис. 3.63. Ознаки кріотурбації ґрунту.

**Пучення** – виливання на поверхню тиксотропної ґрунтової маси в умовах кріогенезу (вічної мерзлоти).

**Біотурбація** – перемішування ґрунту тваринами-землерийками, які живуть у ньому (рис. 3.64).

**Вітровальна педотурбація** – процес перемішування маси різних ґрунтових горизонтів при вітровальних лісових вивалах, які призводять до суттєвої гетерогенності ґрунтового профілю.



Рис. 3.64. Один з варіантів біотурбації ґрунту.

**Агротурбація** – різного типу механічне перемішування, розпушування або, навпаки, ущільнення ґрунту сільськогосподарськими знаряддями і машинами в практиці землеробства (рис. 3.65).



Рис. 3.65. Варіанти агротурбацій ґрунту.

Є. **Деструктивні ЕГП** – група процесів, що ведуть до руйнування ґрунту як природного тіла і до його знищення.

**Ерозія** – процес механічного руйнування ґрунту під дією поверхневого стоку атмосферних опадів, яка розділяється на: а) площинну ерозію, або ерозію змиву; б) лінійну ерозію, або ерозію розмиву; в) іригаційну ерозію при необережному зрошенні ґрунтів на схилах (рис. 3.66).

**Дефляція** – процес механічного руйнування ґрунту під дією вітру, який особливо інтенсивно проявляється на легких ґрунтах, інколи на суглинках і глинах, особливо при їх пилюватому складі (пилові бурі) (рис. 3.67).



Рис. 3.66. Різні види водної ерозії ґрунтового покриву.



Рис. 3.67. Дефляційні процеси ґрунтового покриву.

**Стягнення** – антропогенний процес зняття ґрунту у верхніх частинах схилу з поступовим переміщенням його у нижні при машинному обробітку ґрунту вподовж схилу.

**Захоронення** – засипка ґрунту певним матеріалом, нанесеним з іншої території, до такої міри, що в ньому зупиняється ґрунтоутворюючий процес, а нове ґрунтоутворення починається уже з поверхні наносу. Захоронений ґрунт є при цьому реліктом.

**Ґрунтоутворення починається** з моменту поселення живих організмів на скельних породах або на пухких продуктах гіпергенезу і в своєму розвитку проходить ряд стадій. Характер проходження окремих стадій зумовлений комплексом факторів в різних природно-кліматичних зонах земної кулі.

1. **Стадія початкового ґрунтоутворення** часто збігається з процесом вивітрювання скельних гірських порід. триває довго, оскільки ґрунтоутворення охоплює незначний шар субстрату. Малопотужний профіль слабо диференційований на генетичні горизонти.

2. **Стадія розвитку ґрунту** відбувається на пухких відкладах великої потужності і завершується диференціацією профілю на генетичні горизонти. Між морфологічними ознаками і властивостями ґрунту, з одного боку, і факторами ґрунтоутворення, з другого, встановлюється динамічна рівновага. Ця стадія відбувається інтенсивно.

3. **Стадія рівноваги (клімаксий стан)** триває незначний час. Між ґрунтом і комплексом факторів підтримується динамічна рівновага.

4. **Стадія еволюції.** У процесі еволюції екологічної системи елементи ландшафту (фактори ґрунтоутворення) можуть зазнавати тих чи інших змін (клімату, рослинності, порушення екосистеми людиною тощо). Такі зміни зумовлюють зміни в процесі ґрунтоутворення. Настає стадія еволюції ґрунту, яка зумовлює перехід його до нової стадії рівноваги нового ґрунту з новим профілем (приклади: заболочування аморфних ґрунтів, перехід солончаку в солонець, формування чорнозему з лучного ґрунту при зниженні рівня ґрунтових вод тощо). На самому субстраті такі еволюційні цикли можуть відбуватися кілька разів.

Під **еволюцією ґрунтів** розуміють зміни притаманних для кожного конкретного ґрунту властивостей як при постійних значеннях факторів ґрунтоутворення, так і при зміні останніх.

Взагалі вчення Докучаєва про ґрунти було засновано на ідеї еволюції гірських порід у своєрідне ґрунтове тіло. В числі факторів ґрунтоутворення поряд з кліматом, рельєфом, материнською породою та живими організмами він назвав час, який за сучасними поглядами є об'єктивною формою існування всього матеріального світу, включно з ґрунтами. Ґрунт виник на певній стадії розвитку Землі, розвивався упродовж всієї історії біосфери та продовжує розвиватися зараз.

Згідно Докучаєвській теорії розвиток ґрунтів у природі відбувається у суворій закономірній послідовності і відповідних зв'язках, між умовами ґрунтоутворення, генезисом ґрунтів і їх властивостями також існують закономірні зв'язки.

Ґрунти, як усе в природі, постійно змінюються, відповідно законів прогресу або регресу.

В еволюції ґрунтів, згідно Н.Н. Розову (1956), можна виділити декілька циклів:

– **Власне біологічний (біогенний)**, тобто цикл розвитку ґрунту у системі ґрунт-рослина, який є результатом двох протилежно спрямованих процесів: біологічної акумуляції речовин (біологічного кругообігу) і геологічного виносу (великий геологічний кругообіг);

– **Біогеоморфологічний**, в якому ґрунт приймає участь разом з усім ландшафтом в результаті еволюції рельєфу земної поверхні;

– **Біокліматичний**, пов'язаний зі зміною клімату і природного середовища упродовж геологічних епох.

Крім того виділяють окремих етап еволюції ґрунтів та ґрунтового покриву – антропогенний, який вирізняється зростаючим впливом людини на ґрунтовий покрив, який часто супроводжується деградацією.

Антропогенна еволюція зростала і поширювалася у голоцені (відноситься до епохи четвертинного періоду, який триває останні 12 тис. років до сучасності), але вибухоподібно посилилася в останні 10-ліття, ставши одним з глобальних процесів еволюції біосфери в ноосферу і розглядається як антропо-техногенна трансформація неодокучаєвської тріади: фактори-процеси-властивості.

Всі **комбінації ЕГП** в антропогенно змінених ґрунтах слід аналізувати з точки зору їх відповідності до природного фону. При цьому виділяються ЕГП:

- 1) які не змінюються при розорюванні ґрунту;
- 2) ті, що посилюються;
- 3) які послаблюються;
- 4) які зникли зовсім;
- 5) ті, які з'явилися лише при розорюванні.

**Під впливом господарської діяльності людини змінюється хід біологічного кругообігу речовин в результаті спільної дії низки факторів:**

- 1) знищення природної біоти, заміна її на:
  - а) культурну біоту польових культур;
  - б) нову біоту пасовищ і тварин, що випасаються;
  - в) нову біоту при лісорозробках, як правило менш продуктивну;
- 2) відчуження і споживання біологічної продукції за межами тієї екосистеми, де її було одержано;
- 3) внесення добрив та інших хімічних речовин;
- 4) зміна ґрунтових режимів, циклів біогеохімічних елементів (реакції, аерації, умов зволоження та ін.).

Таким чином, у генезісі ґрунтоутворення можна виділити ряд базових типів їх формування, до яких належить: опідзолювання, дерновий процес, буроземний процес, оглеєння, болотний процес, формування солончаків та солодей. Опишімо більш детально основні риси і кінематику цих базових процесів ґрунтоутворення.

**Опідзолювання** – це кислотний гідроліз мінеральної частини ґрунту з виносом розчинних продуктів руйнування з верхньої частини ґрунтового



профілю в нижню в умовах промивного типу водного режиму (рис. 3.72). Підзолистий процес ґрунтоутворення у чистому вигляді відбувається під зімкнутими тайгово-шпильковими лісами (як правило ялинковими), де трав'яна рослинність відсутня, або дуже зріджена, а поверхня вкрита моховолишайниковим покривом. Ґрунтоутворення відбувається переважно на бідних безкарбонатних льодовикових породах в умовах промивного типу водного режиму. Лісова рослинність посилює промивний тип водного режиму ґрунту (побічний вплив), обумовлює особливі процеси гуміфікації, кислотного гідролізу мінеральної частини ґрунту (прямий вплив лісу на ґрунтоутворення). Під шпильковим лісом створюється некомпенсований кругообіг біофільних елементів. Це означає, що тільки незначна частина поживних елементів, які поглинула деревна рослинність, повертається на поверхню ґрунту у вигляді лісової підстилки. Рослинні рештки лісової підстилки бідні на основні, азот, зольні елементи. Зольність шпилькових порід становить 0,5-1,7%, листяних – 1,6-7%, трав 7-8%. Лісова підстилка збагачена речовинами, що важко розкладаються: лігнінами, смолами, восками, бітумами та дубильними речовинами. Лісова підстилка повільно розкладається мікроскопічними грибами. Унаслідок цього процесу виділяються різні низькомолекулярні органічні кислоти.

Утворені кислоти частково нейтралізуються основами, які звільнюються під час мінералізації підстилки. Але більша їх частина потрапляє у ґрунт, взаємодіє з мінералами ґрунту і впливає на процеси трансформації органічної частини ґрунту. На поверхні ґрунту в кислому середовищі відбуваються повільні та слабкі процеси мінералізації й гуміфікації лісової підстилки. Це обумовлює утворення на поверхні ґрунту слабкорозкладених органічних речовин типу мор (грубого гумусу), а безпосередньо під підстилкою утворюється незначна кількість молекулярнорозчинного стійкого до акумуляції хімічного агресивного гумусу фульфатного типу. З багатовалентними катіонами гумус утворює розчинні внутрішньо комплексні органо-мінеральні сполуки (хелати).

Унаслідок промивного водного режиму в умовах кислого середовища з верхніх горизонтів ґрунту вилугується молекулярнорозчинний гумус, хелати, карбонати в нижню частину профілю, а також за його межі. Подалі здійснюється кислотний гідроліз первинних і вторинних мінералів ґрунту. Низхідними токами води колоїдні продукти гідролізу мінералів (глинисті мінерали, гідрокисли заліза й алюмінію), органічні продукти (гумус) і органо-мінеральні колоїди (мул) у вигляді золь, а також кальцій та інші основи виносяться з верхніх горизонтів донизу. На певній глибині вони коагулюють, утворюючи горизонт вмивання колоїдів (ілювіальний горизонт). Завдяки чому цей горизонт набуває важкого гранулометричного складу, збагачується на мул, кальцій та інші основи, полуторні окисли, має підвищену зв'язність, ущільненість, невисоку кислотність, стає водотривким.

На гранях призматичних і горіхуватих структурних агрегатів утворюється буре колоїдне лакування. У міру виносу з верхніх горизонтів колоїдів, тут зростає відносний вміст нерозчинного продукту гідролізу силікатів, стійкого до хімічного руйнування – вторинного кварцу (опалу) у вигляді пилюватого борошністого порошку, який називають кремнеземистою присипкою. Ця речовина надає верхній частині ґрунту білястого кольору, який нагадує колір попелу.

Звідки і походить назва горизонту – «підзолистий», тобто під колір попелу (російською – золи). Горизонт утворюється під лісовою підстилкою і називається горизонтом вимивання колоїдів (елювіальним або підзолистим горизонтом). Він має такі морфологічні ознаки: ясно-сірий, або білястий колір, збіднений на муловаті часточки, півтораокисли ( $R_2O_3$ ), основи, елементи живлення, безструктурний або плитчастий, листуватий, легкого гранулометричного складу, має кислу реакцію ґрунтового розчину. Отже, ґрунт набуває диференційовану будову профілю за елювіально-ілювіальним типом. В Україні підзолистий процес у чистому вигляді не проявляється. Він сполучається з дерновим процесом ґрунтоутворення, в результаті чого у зоні Полісся формуються дерново-підзолисті ґрунти, а в Лісостепу і Степу – опідзолені й реградовані ґрунти, агрогенетичну характеристику яких розглянемо пізніше (рис. 3.68-3.69).

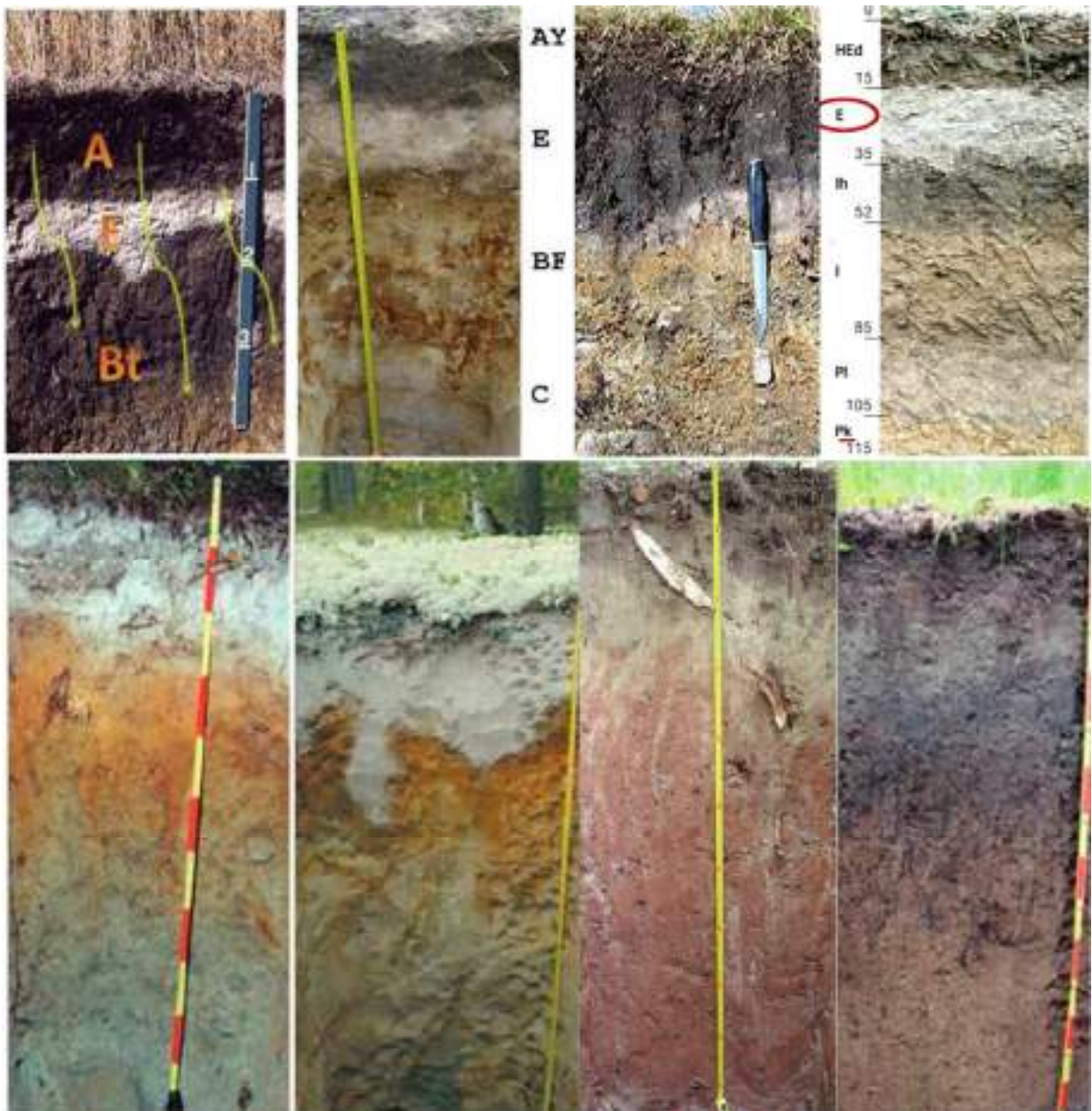


Рис. 3.68. Різні ступені вираженості ЕГП опідзолення у ґрунтовому профілі.

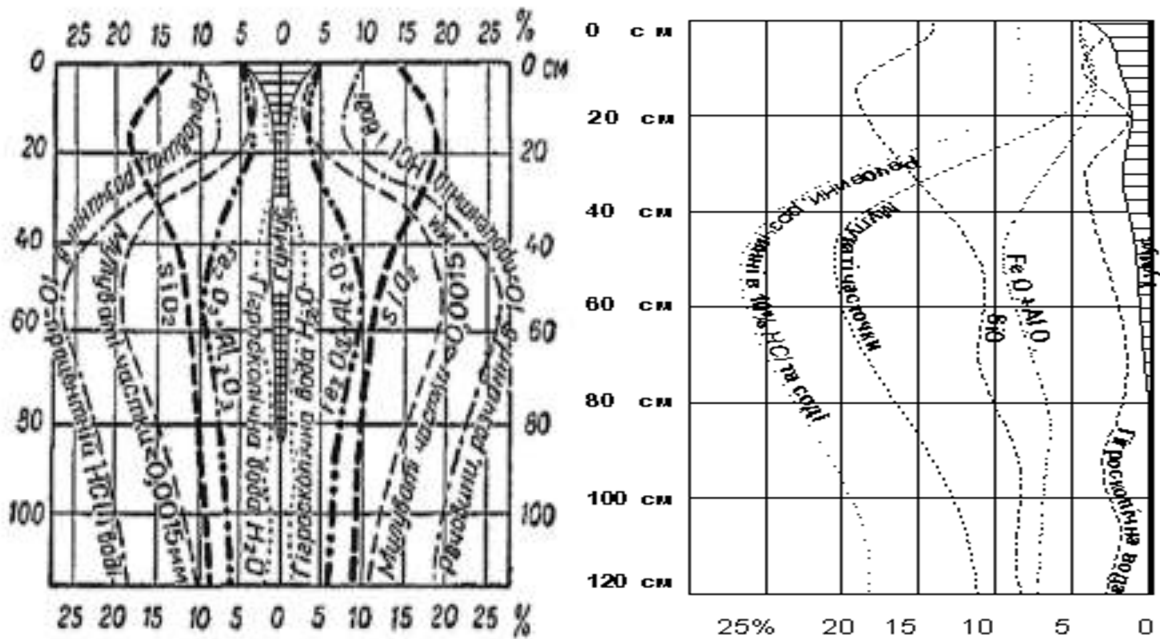


Рис. 3.69. Схематичний графік перерозподілу продуктів ґрунтоутворення у профілі підзолу (за С. С. Неуструєвим).

**Умови підзолистого процесу:**

- низхідний тік ґрунтової вологи, промивний тип водного режиму
- наявність на поверхні ґрунту кислих продуктів розкладу органічної речовини; покрив хвойних або мішаних лісів, з відсутністю трав'янистої рослинності;
- диференціація ґрунтової товщі на елювіальний та ілювіальний горизонти;
- збагачення верхніх горизонтів тонкодисперсним кремнеземом ( $\text{SiO}_2$  як нерозчинна сполука залишається у верхній частині профілю) бідні безкарбонатні породи льодовикового походження.

**Особливості підзолотворення:**

- некомпенсований кругообіг біофільних елементів – тільки незначна частина поживних елементів, поглинутих деревною рослинністю, повертається на поверхню ґрунту у вигляді лісової підстилки.
- бідність лісової підстилки на основі, азот, зольні елементи. Збагачення підстилки важкорозчинними сполуками (лігнінами, смолами, восками, дубильними речовинами), що повільно розкладаються грибами з виділенням низькомолекулярних органічних кислот;
- повільні процеси мінералізації й гуміфікації підстилки у кислому середовищі з утворенням на поверхні слабкорозкладених органічних речовин типу мор (грубого гумусу);
- з багатовалентними катіонами гумус утворює розчинні органо-мінеральні сполуки (хелати);
- внаслідок промивного водного режиму в умовах кислого середовища з верхніх горизонтів ґрунту вилюговується молекулярно-розчинний гумус, хелати, карбонати в нижню частину профілю, а також за його межі (рис. 3.70-3.71).

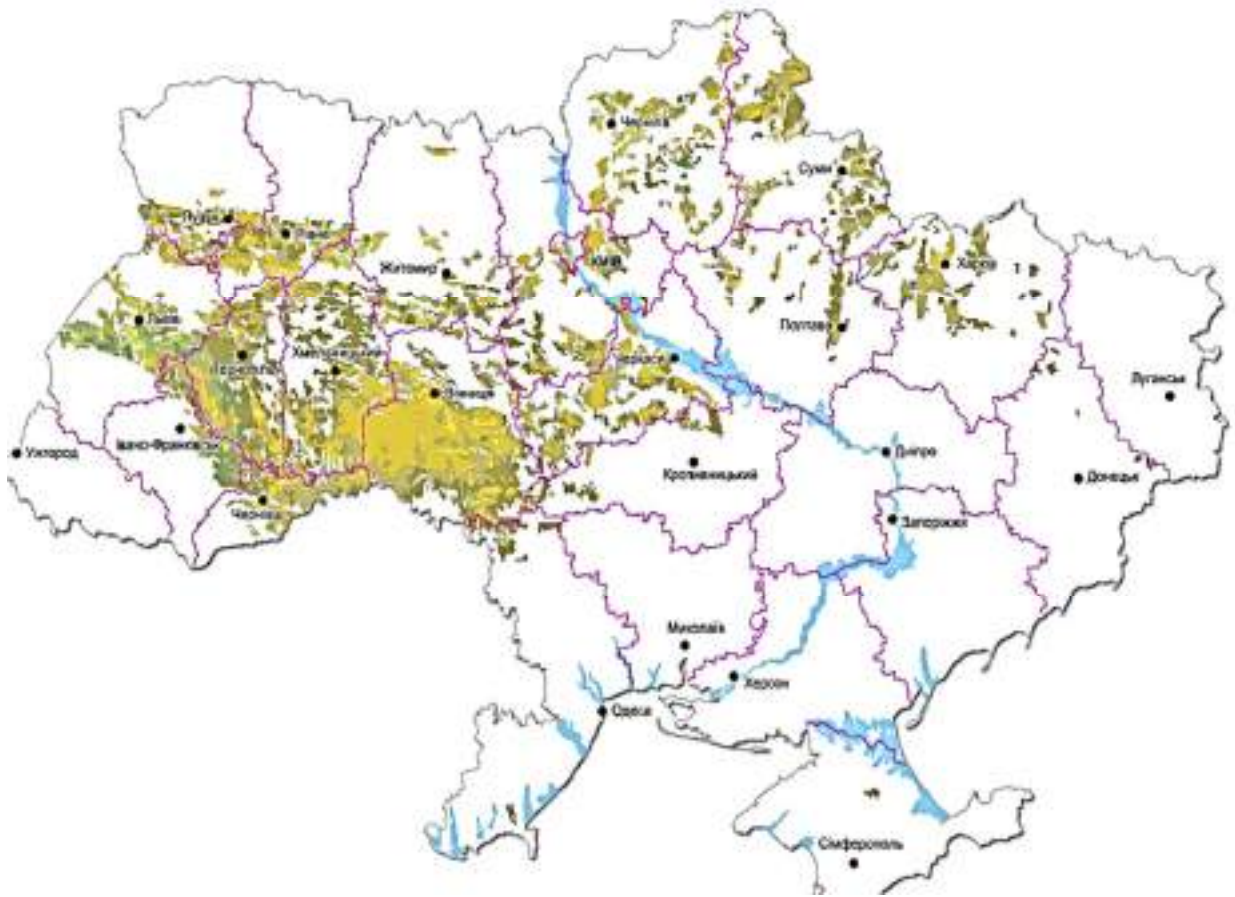


Рис. 3.70. Території України де ґрунтовий покрив утворено відповідно до кінетики варіацій класичного підзолистого процесу ґрунтоутворення (опідзолення).

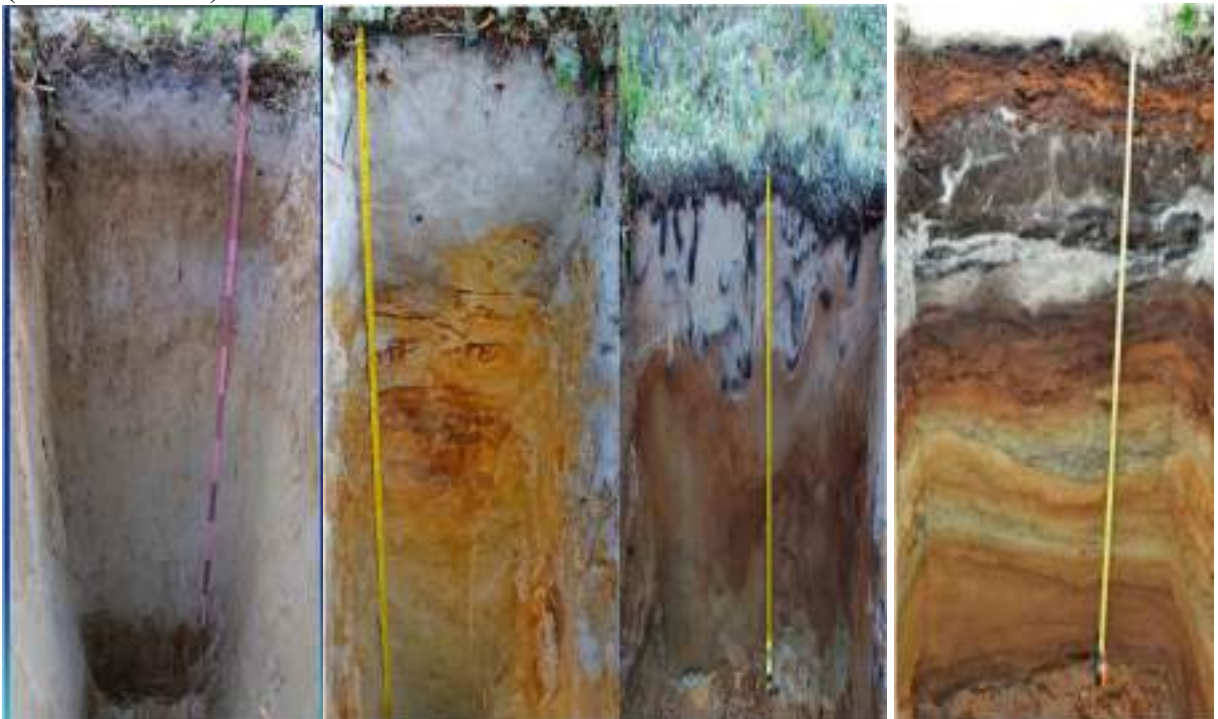


Рис. 3.71. Зведені різновиди яскраво вираженого доміючого підзолистого процесу.

### **Наслідки опідзолення:**

Основний – диференціація профілю за елювіально-ілювіальним типом

• **Формування горизонту вимивання (елювіального)** – ясно-сірого, або білястого кольору, збіднений на мулисті часточки, півтораокисли ( $R_2O_3$ ), основи, елементи живлення, безструктурний або плитчастий, листуватий, легкого гранулометричного складу, має кислу реакцію.

• **Формування горизонту вмивання (ілювіального)** – важкого гранулометричного складу, збагаченого на мул, кальцій та інші основи полуторні окисли, має підвищену зв'язність, ущільненість, невисоку кислотність, стає водотривким (рис. 3.71).

**Дерновий процес ґрунтоутворення** відбувається під впливом трав'яної рослинності, формує ґрунти з акумулювативним типом профілю і добре розвинутим гумусовим горизонтом (рис. 3.72).

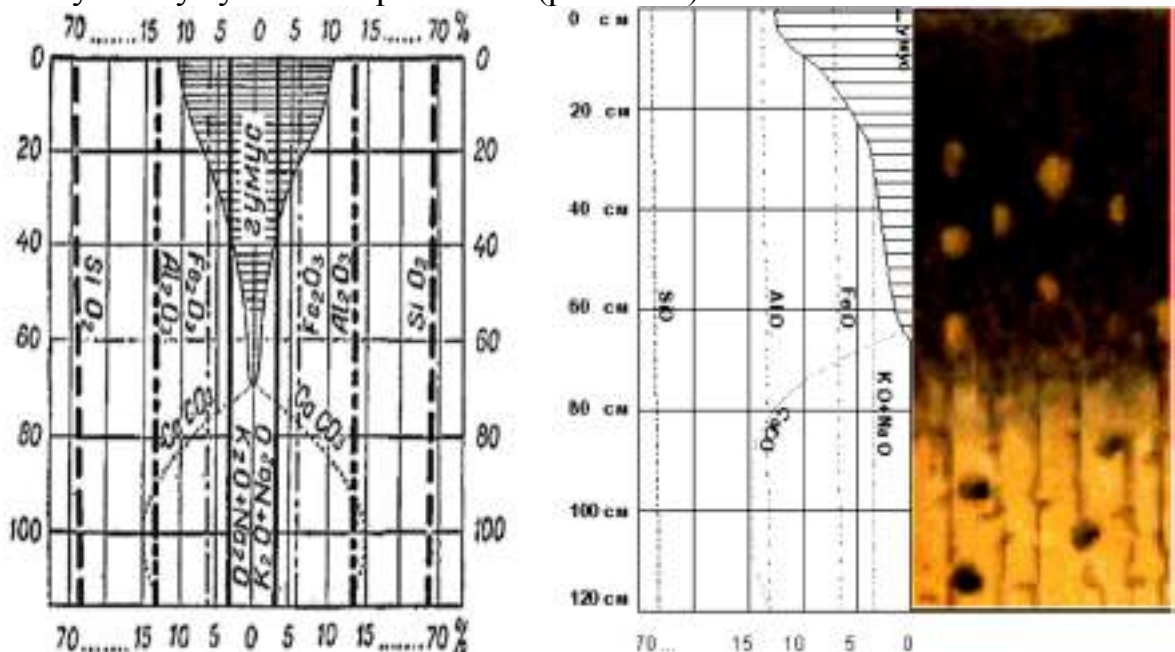


Рис. 3.72. Схематичний графік перерозподілу продуктів ґрунтоутворення у профілі чорнозему (за С. С. Неуструєвим).

Важливою особливістю дернового процесу є пошарове розташування корневих систем, висока зольність і багатий хімічний склад трав'яних решток, компенсований кругообіг біофільних елементів під трав'яною рослинністю. Суттю цього процесу є акумуляція продуктів ґрунтоутворення, насамперед гумусу та поживних елементів у верхньому горизонті, створення агрономічно цінної водотривкої зернистої структури. Трав'яна рослинність збагачена на основи (особливо  $Ca^{2+}$ ) та інші зольні елементи, азот, розчинні сполуки (вуглеводи, білки), які легко і швидко руйнуються споровими бактеріями і актиноміцетами. Унаслідок цього процесу виділяється незначна кількість органічних кислот, які майже цілком нейтралізуються основами, звільненими під час мінералізації трав'яних решток. Ґрунт набуває близьку до нейтральної реакцію середовища. Частина виділених трав'яних решток

залишається на поверхні ґрунту у вигляді повсти. Вона швидко і добре розкладається з утворенням органічних решток типу мюль (м'який гумус). Більша частина трав'яних решток у вигляді розгалужених корневих систем потрапляє в товщу ґрунту, де мінералізується і гуміфікується. Ці процеси найбільш виражені у верхніх горизонтах, де концентрується основна маса коренів рослин і ґрунтових мікроорганізмів. У результаті дернового процесу ґрунтоутворення в лісо-лучній зоні формуються дернові та лучні ґрунти з акумулятивним типом профілю. У лісостеповій і степовій зонах під лучно-степовими травами при оптимальних умовах прояву гумусово-акумулятивного процесу формуються чорноземи (рис. 3.73). При цьому продукти ґрунтоутворення та розкладання органічних залишків залишаються на місці і накопичуються у верхніх шарах ґрунту (рис. 3.74).

#### **Умови дернового процесу:**

Відсутність промивання ґрунту та наявність трав'янистої рослинності.

Нейтралізація кислих продуктів ґрунтоутворення та розкладу органічних залишків завдяки присутності кальцію, утворення слаботорозчинних сполук.

Важливою особливістю дернового процесу є пошарове розташування корневих систем, висока зольність і багатий хімічний склад трав'янистих решток, компенсація елементів під трав'янистою рослинністю, акумуляція продуктів, насамперед гумусу, поживних елементів у верхньому горизонті, створення агрономічно-цінної водотривкої зернистої структури.

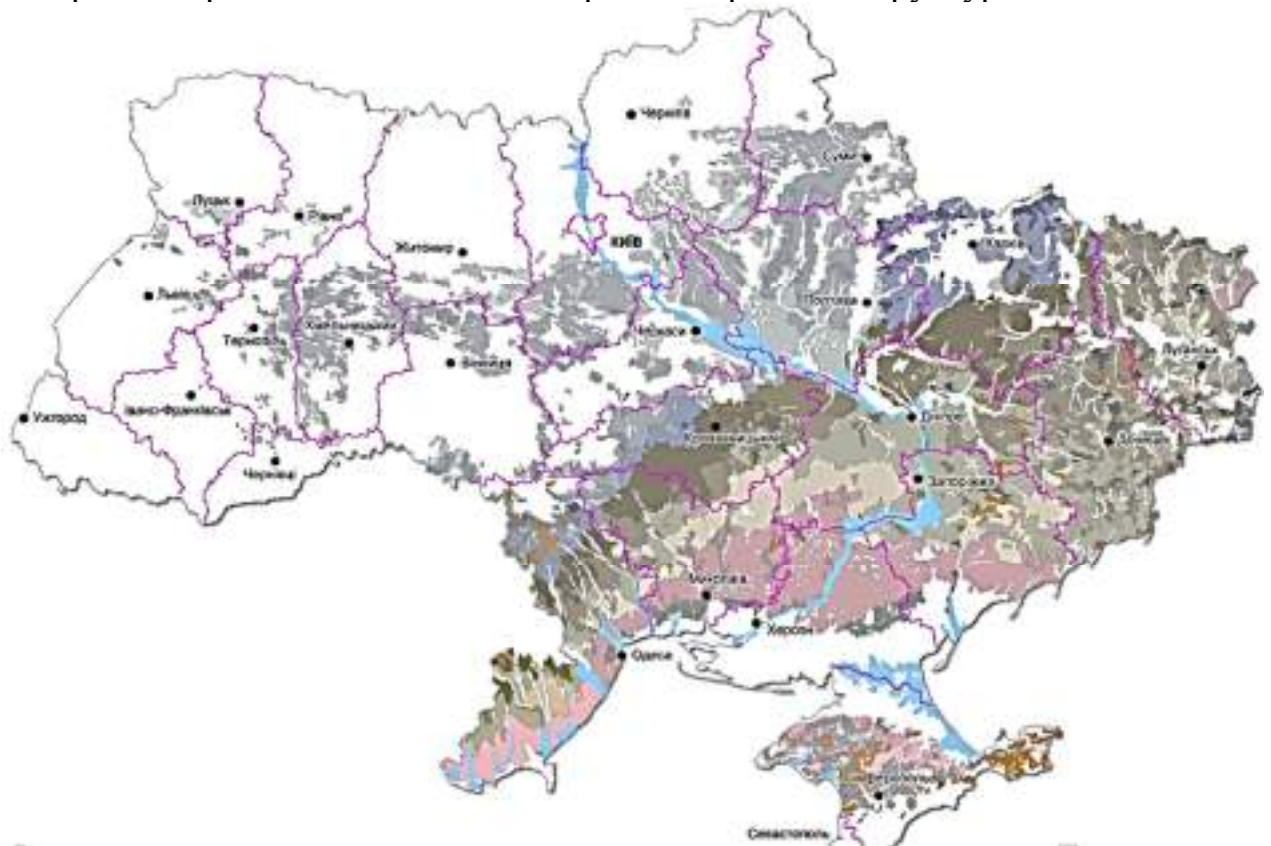


Рис. 3.73. Території України де ґрунтовий покрив утворено відповідно до кінетики варіацій класичного дернового процесу ґрунтоутворення.



Рис. 3.74. Варіанти розвитку дернового процесу ґрунтоутворення різної інтенсивності.

**Буроземний процес ґрунтоутворення.** Відбувається в умовах вологого помірно теплого клімату під широколистяними лісами з розвиненим трав'янистим покривом або під високогірними луками на щербистих материнських породах, які обумовлюють гарний внутрішньо-ґрунтовий дренаж і промивний тип водного режиму. За цим процесом утворюються бурі лісові ґрунти (буроземи) з акумулятивним профілем. В Україні вони розповсюджені в гірських та передгірських областях Карпат і Криму під буковими і буково-грабовими лісами. Суттю буроземного процесу ґрунтоутворення є одночасний прояв гумусово-акумулятивного процесу у верхній частині профілю ґрунту, оглинювання у середніх горизонтах і лесиважу. Гумусово-акумулятивний процес проявляється в акумуляції у верхній частині ґрунту органічних речовин типу мюль і утворенні гуматно-фульватного типу гумусу. У ґрунті виникає кисла реакція середовища. Унаслідок інтенсивної мінералізації лісової підстилки і відмерлих решток трав'яної рослинності в умовах вологого і теплого клімату у ґрунті акумулюються основи, а саме: кальцій, магній, залізо, алюміній та інші зольні елементи. Вони частково нейтралізують кислі продукти розкладу лісового опаду, запобігають кислотному гідролізу мінеральної частини і коагулюють ґрунтові колоїди (мул), що запобігає їх міграції у профілі ґрунту. Тому в цих ґрунтах підзолистий процес не проявляється. Гідроокисли алюмінію і заліза ( $R_2O_3$ ) максимально акумулюються у верхніх генетичних горизонтах ґрунту завдяки їх низькій рухомості у слабкокислому середовищі. *Оглинювання* – це процес утворення вторинних колоїдно-дисперсних глинистих мінералів з первинних в усьому ґрунтовому профілі внаслідок активного хімічного і біологічного вивітрювання в умовах вологого теплого клімату. Цей процес особливо інтенсивно відбувається в середній частині профілю ґрунту. У метаморфізованих (mf) горизонтах накопичуються глинисті мінерали, гідрооксиди заліза і алюмінію, кальцій, магній та інші елементи. Залізо стабілізує гумус ґрунту (сприяє його акумуляції), тобто виконує роль «сторожа» (коагулятора колоїдів і посередника між гумусом і глинистими часточками) подібно іонам кальцію в чорноземах. Акумуляція у ґрунтовому профілі гідроокислів заліза, алюмінію та органо-залізистих і алюмінієвих комплексів надають ґрунту специфічного палево-бурого кольору, сприяють пухкій текстурі ґрунту. *Лесиваж* – процес відмивання дрібнопиловатих часточок ґрунту з поверхні грубих уламків мінералів, структурних агрегатів і їх механічний винос з верхніх горизонтів у середину профілю без хімічного руйнування. Цей процес видно за наявністю колоїдного лакування на гранях структурних агрегатів у середній та нижній частинах профілю за відсутності кремнеземистої присипки у верхніх горизонтах ґрунту (рис. 3.75).





Рис. 3.75. Типова будова профілю буроземів.

**Болотний процес ґрунтоутворення.** Основними умовами прояву болотного процесу є перезволоження ґрунту за рахунок застою поверхневих вод або близького залягання підґрунтових вод і наявність болотної рослинності. Суттю болотного ґрунтоутворного процесу є особлива трансформація в аеробних умовах рослинних органічних решток (торфоутворення) і мінеральної частини ґрунту (оглеєння). Торфоутворення – це процес накопичення на поверхні ґрунту нерозкладених або напіврозкладених решток болотної (гігрофітної) рослинності внаслідок слабкої їх мінералізації та гуміфікації в анаеробних умовах надмірного зволоження. У торфоутворенні беруть участь гіпнові та сфагнові мохи, зозулин льон, осоки, пухівка, очерет, рогіз, журавлина, багульник, з дерев і чагарників – верба, вільха, береза, осика, сосна та ін. Утворення торфу – це складний біохімічний процес консервації решток болотної рослинності органічними кислотами, які виділяють анаеробні мікроорганізми під час бродіння. Супроводжується цей процес утворенням недоокислених токсичних газів: метану, аміаку, фосфіну, сірководню тощо. До складу торфу входять рештки рослин, які зберегли клітину будови, різні проміжні органічні продукти розкладу, невелика кількість гумусоподібних і мінеральних речовин, які потрапляють у рослини з підґрунтових вод. Товщина торфу збільшується дуже повільно (1,5-2,0 мм за рік). За тривалий час шар торфу може досягати більше 10 м. У цьому випадку нижні шари торфу перетворюються в органогенну гірську породу. При утворенні торфу біологічний кругообіг біофільних речовин звужується. Зольні елементи і азот на тривалий час залишаються у формі органічних сполук і поступово виходять з процесу ґрунтоутворення (рис. 3.76-3.77).



Рис. 3.76. Профілі різних підтипів болотних ґрунтів.



Рис. 3.77. Профілі ґрунтів за поєднання дернового та болотного процесів ґрунтоутворення.

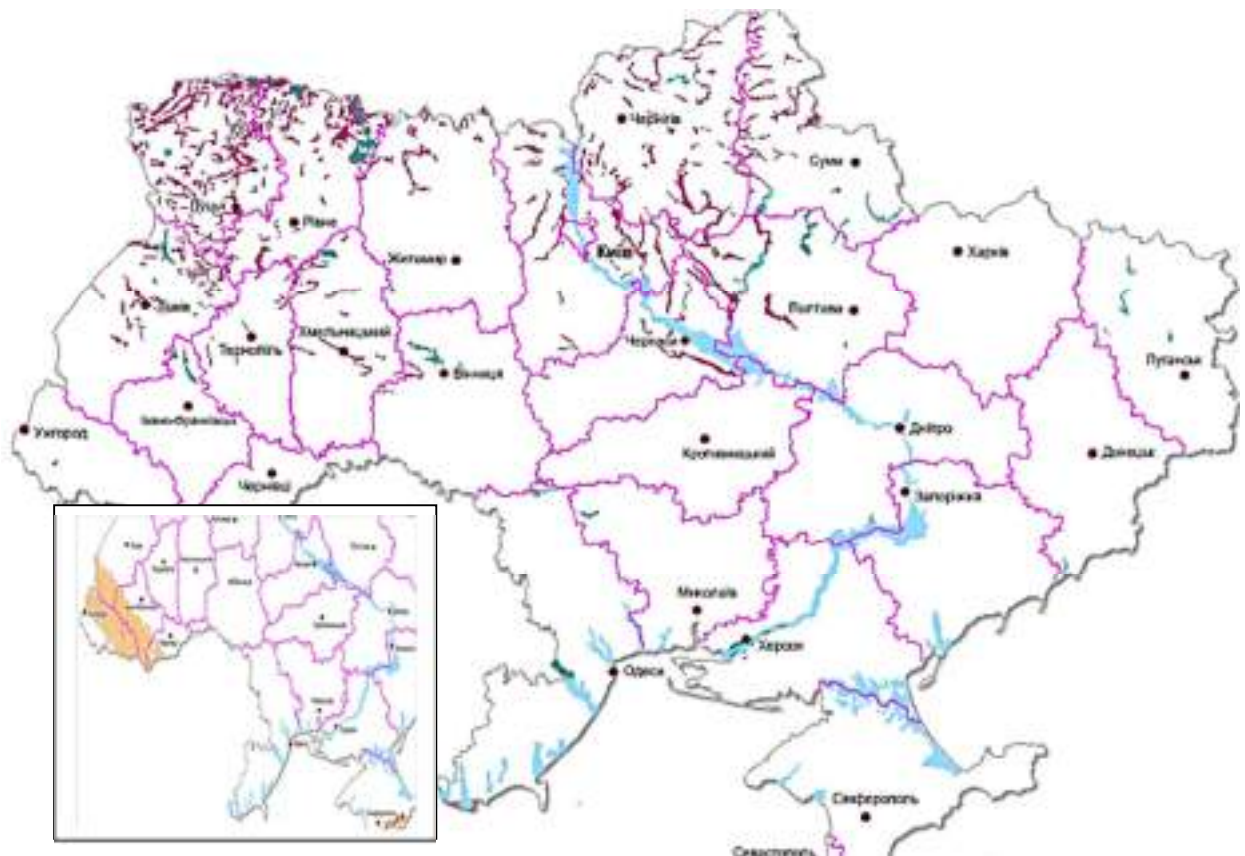


Рис. 3.78. Території України де ґрунтовий покрив утворено відповідно до кінетики варіацій класичного болотного процесу ґрунтоутворення (у рамці за бурозмного ґрунтоутворюючого процесу).

**Оглеєння** – це складний біохімічний відновний процес, який відбувається в анаеробних умовах за наявності органічних речовин і за участю анаеробних мікроорганізмів. Органічні кислоти і сірководень, які утворюються в результаті анаеробної трансформації решток болотної рослинності, руйнують мінеральну частину ґрунту. Насамперед руйнуються кристалічні решітки алюмо- і феросилікатів. При цьому накопичується токсичний рухомий алюміній, який викликає підкислення ґрунту. Звільнені з силікатів катіони утворюють колоїдні та іонні розчини гідроокислів заліза, алюмінію, кремневу кислоту та інші сполуки. З цих речовин у ґрунті утворюються вторинні глинисті мінерали. Завдяки диспергації цих мінералів і накопиченню кремневої кислоти перезволожений оглеєний ґрунт набуває липкості, пластичності, в'язкості і втрачає пористість. Звільнені з мінералів і органічних сполук елементи з непостійною валентністю (Fe, Mn, P, S, N, C) в анаеробних умовах переходять у закисну форму. У процесі відновлення цих елементів беруть участь анаеробні мікроорганізми, які використовують хімічно зв'язаний кисень з окисних сполук для дихання. Процеси відновлення також здійснюються хімічним шляхом завдяки продуктам життєдіяльності анаеробних мікроорганізмів ( $H_2S$ ,  $H_2$ ). Найхарактернішою особливістю глейового процесу є відновлення окисного заліза до токсичного закисного. За тривалого перезволоження захисне залізо реагує з

гідроокислами кремнію й алюмінію, внаслідок чого утворюються вторинні алюмо-феросилікати. Накопичення їх у ґрунті обумовлює формування глейових горизонтів. У результаті взаємодії захисного заліза з фосфатами в оглеєних горизонтах також утворюється віваніт  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Цей мінерал разом із вторинними алюмо-феросилікатами надає глейовим горизонтам сизих, зеленкуватих і блакитних відтінків. При взаємодії заліза з вуглекислим газом в анаеробних умовах утворюється двовуглекисле залізо  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ , а при реакції з сірководнем – гідротроїліт  $\text{FeS}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , ці речовини забарвлюють оглеєні горизонти в сірі й чорні кольори. В умовах періодичного перезволоження ґрунту сполуки заліза можуть знаходитися то в закисній, то в окисній формах. При зміні анаеробних умов на аеробні закисні сполуки заліза окислюються з утворенням мінералів групи лімоніту  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{NH}_2\text{O}$ . У місцях аерації оглеєних горизонтів дані мінерали обумовлюють наявність іржаво-вохристих плям, пунктацій, прошарків, конкрецій у вигляді бобової руди. У перезволоженому ґрунті за участю анаеробних мікроорганізмів нітрати відновлюються до аміаку, або в ґрунті відбуваються процеси денітрифікації. Ці процеси ведуть до втрати азоту ґрунтом. В анаеробних умовах сульфати відновлюються до  $\text{H}_2\text{S}$ , фосфати – до  $\text{PH}_3$ , утворюються токсичні рухомі сполуки. У цілому оглеєння значно погіршує агрономічні властивості ґрунтів за рахунок створення несприятливих водно-повітряного і поживного режимів, накопичення токсичних речовин і підвищення кислотності. В результаті болотного процесу ґрунтоутворення формуються інтразональні ґрунти гідроморфного ряду: болотні, торфово-болотні та лучно-болотні.

*Глей* – специфічне ґрунтове утворення переважно холодного кольору (від білястого або сизого до синього), що відрізняється незбалансованим виносом заліза. Тому глеєутворення – це перш за все процес елювіювання. Синонімом поняття оглеєння ґрунту є незбалансоване винесення або перерозподіл головним чином несилікатного заліза. З цього випливає ряд важливих наслідків. Як відомо, винос заліза з горизонтів профілю – явище, широко поширене в ґрунтах гумідних ландшафтів земної кулі. Вплив цього процесу на породу спостерігається в умовах субаквального застійного режиму. При цьому виникають типові глейові горизонти, пофарбовані в холодні кольори. Але оглеєння ґрунту може відбуватися, очевидно, і в умовах застійно-промивного режиму при тимчасовому надлишковому перезволоженні. В цьому випадку ймовірно відбілювання дрібнозему, що приводить в кінцевому результаті до виникнення світлих кислих елювіальних горизонтів. Глеєутворення виникає там, де має місце перезволоження на кислих і вилужених породах в присутності органічної речовини, трансформованої мікроорганізмами в анаеробному середовищі.

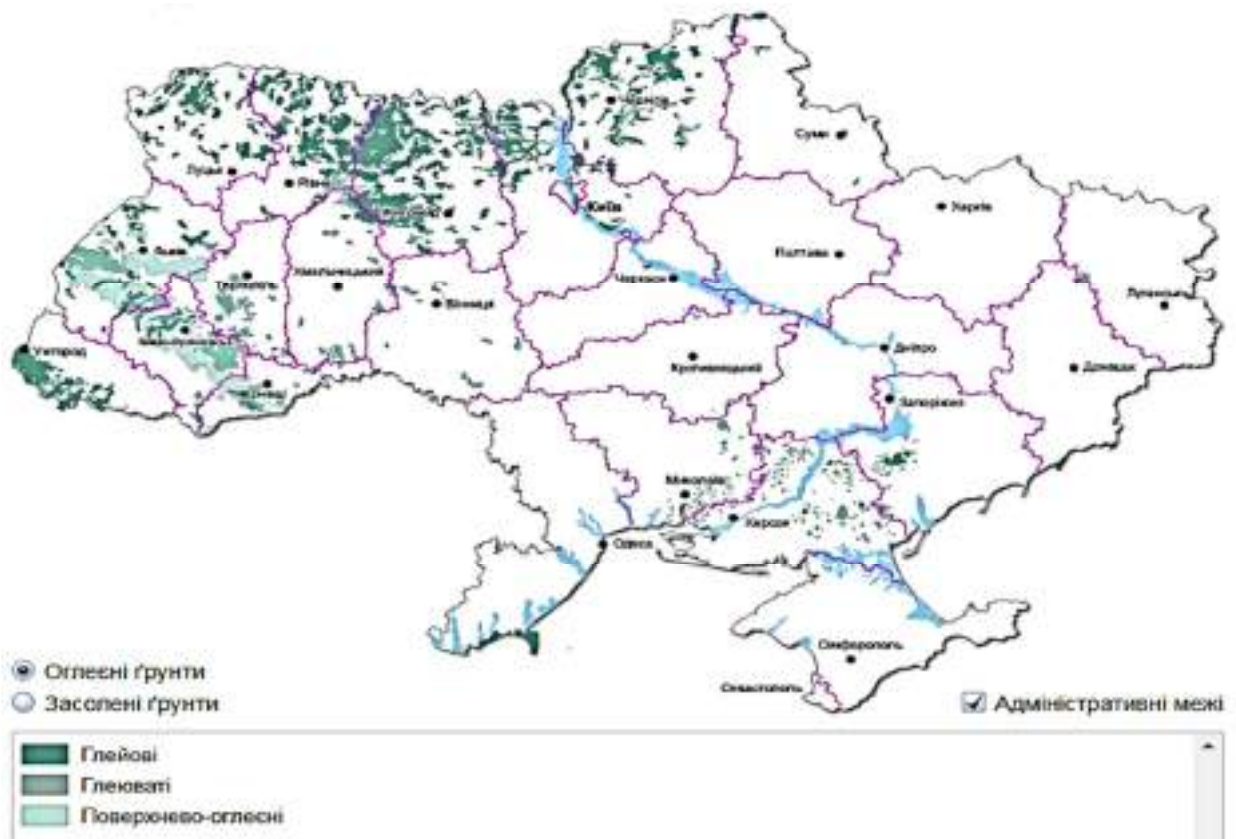


Рис. 3.79. Карта оглеєних ґрунтів України.

Відмінною особливістю горизонтів, що виникли під впливом глеєутворення, є характерне холодне забарвлення (синє, сизувато-блакитне, сизе, сіре, білясте і ін.). Колір варіює залежно від тривалості перезволоження, генезису і складу ґрунтів і ґрунтоутворюючих порід. Його виникнення пов'язане головним чином із звільненням мінеральних зерен від гідроокисних плівок заліза і проявом власного кольору мінералів (рис. 3.80-3.81).



Рис. 3.80. Глейовий горизонт ґрунтів.



Рис. 3.81. Профілі ґрунтів з різним ступенем оглеєння.

**Солонцевий процес ґрунтоутворення.** Основною умовою прояву солонцевого процесу є участь у ґрунтогенезисі легкорозчинних солей у високих концентраціях. В результаті солонцевого процесу формуються ґрунти галогенного (солонцевого) ряду. Ці ґрунти поділяють на засолені (солончаки, солончакові та солончакуваті) і розсолені ґрунти (солонці, солоді, солонцюваті і осолоділі ґрунти). Ґрунти галогенного ряду належать до інтразональних ґрунтів. Вони не приурочені до конкретної зони, а залягають плямами серед зональних ґрунтів різних зон. Відповідно до теорії К. К. Гедройця галогенні ґрунти у своєму розвитку послідовно проходять три стадії: солончак, солонець, солодь. Розвиток солонцевого процесу починається із засолення ґрунтів легкорозчинними у воді солями (карбонатами, гідрокарбонатами, сульфатами і хлоридами). Засолюватися можуть будь-які ґрунти (каштанові, чорноземи, лучні, лучно-болотні, болотні тощо). Засоленими називають такі ґрунти, які містять більш 0,1% розчинних солей у ґрунтовому розчині всього профілю або його частини. У солончаку весь профіль містить солі у ґрунтовому розчині в токсичних для рослин концентраціях (більше 0,6-2,0% залежно від хімізму засолення). Засолення ґрунтів відбувається в основному при близькому заляганні мінералізованих підґрунтових вод або на засолених материнських породах. За К. К. Гедройцем першою стадією розвитку галогенних ґрунтів, є солончак. У солончаках відбувається електролітна коагуляція колоїдів. Концентрація солей у ґрунтовому розчині солончаків вища за поріг кумуляції, тому ґрунтові колоїди знаходяться у стані гелю і не мігрують у профілі. Ґрунт має акумулятивний тип профілю навіть при засоленні солями натрію. Засолені ґрунти зберігають властивості тих ґрунтів, з яких вони утворилися. Але в засоленних ґрунтах і, особливо в солончаках, з'являється нова негативна

ознака – високий осмотичний тиск ґрунтового розчину за рахунок високої концентрації розчинених в ньому солей, що ускладнює процеси поглинання води та живлення рослин. Другою причиною дуже низької родючості солончаків є висока токсичність для рослин деяких солей. Найтоксичнішими є карбонати і гідрокарбонати натрію (сода) (рис. 3.82-3.83).



Рис. 3.82. Рослинність солончаків (галофіти) та ландшафт солончаків.

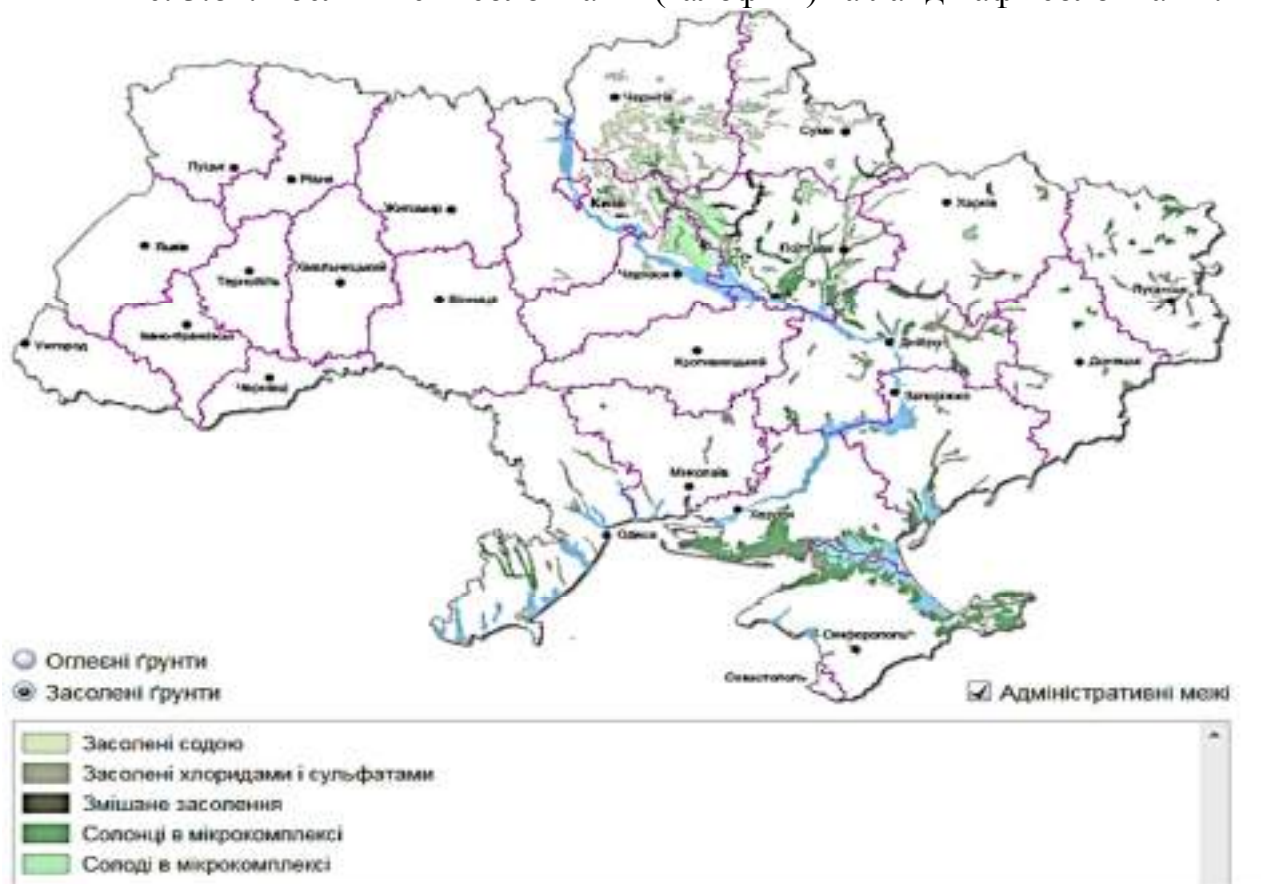


Рис. 3.83. Карта засолених ґрунтів України.

До високотоксичних сполук також належать хлориди. Отже, солончаки мають дуже низький рівень природної родючості. На них, як правило, зростає специфічна рослинність – галофіти (солянки, силітрянка, свинчатка, солеріс, петросимонія, бижоргун тощо). Другою стадією розвитку галогенних ґрунтів є солонці. Солонці виникають із солончаків при їх розсоленні. У зв'язку з тим, що солончаки часто залягають у понижених формах рельєфу, застій атмосферних вод викликає поступове вилуговування розчинних солей з верхньої частини ґрунту. При зниженні їх концентрації нижче порогу коагуляції ґрунтові колоїди пептизуються і набувають рухомості. Низхідними токами води колоїди у стані золю переміщуються з верхніх горизонтів у середню і нижню частини профілю. Насамперед це стосується ацидоїдів – гумусу, глинистих мінералів, мулу. Отже, у верхній частині ґрунтового профілю формується горизонт вимивання колоїдів (гумусово-елювіальний або надсолонцевий), а під ним гумусово-ілювіальний горизонт, який називають солонцевим. Тут концентрація солей залишається високою і вмиті колоїди знов коагулюють, утворюючи темно-сіре лакування на гранях структурних агрегатів. Отже, у солонці формується диференційований профіль за елювіально-ілювіальним типом. Надсолонцевий горизонт частково втрачає гумус, глину, мул,  $R_2O_3$ . У ньому полегшується гранулометричний склад. Солонцевий горизонт, навпаки, набуває темного забарвлення і важкого гранулометричного складу (рис. 3.84).



Рис. 3.84. Принципова будова верхньої частини профілю солонцю.



При засоленні ґрунту розчинними солями натрію іони натрію з ґрунтового розчину проникають у колоїдний комплекс ґрунту, частково замінюючи в ньому кальцій та інші обмінні катіони. Цей процес називається осолонцюванням ґрунту. У солонці вміст обмінного натрію складає більше 20% від ємності поглинання. При взаємодії іонів натрію з вуглекислим газом або карбонатами в солонцях утворюється сода. Сода разом з гідратованими іонами обмінного натрію викликає диспергацію ґрунту, посилює пептизацію колоїдів. Це негативно впливає на агрономічні властивості ґрунту. У ґрунті руйнується структура, при зволоженні він набрякає, замулюються пори, знижується водопроникність. Сода токсична для рослин і корисної мікрофлори ґрунту. Завдяки соді солонець має високу лужність ґрунтового розчину. Це викликає лужний гідроліз мінеральної частини ґрунту, насамперед силікатів і алюмосилікатів. У результаті утворення високогідрофільної аморфної кремнієвої кислоти, у ґрунті зростає зліткість і зцементованість (рис 3.85). З часом з кремнієвої кислоти утворюється опал у вигляді кремнеземистої присипки, яка акумулюється у верхній частині профілю і надає білястого відтінку елювійованому (надсолонцевому) горизонту.



Рис. 3.85. Злиті і зцементовані керни солонцевих ґрунтів.

Утворення в лужному середовищі гідрофільних глинистих мінералів типу монтморилоніту обумовлює липкість, в'язкість, пластичність, набухання ґрунту при зволоженні. У сухому стані ґрунт, навпаки, має високу щільність, зв'язність, просідає. Особливо це характерно для солонцевого горизонту. У солонцевому ґрунті формується стовпчаста, призматична, грубогоріхувата структура. При висиханні на поверхні солонцю утворюється щільна кірка з глибокими тріщинами. Отже, солонці мають виключно низький рівень природної родючості. На них, як правило, відсутня рослинність. Крім типових солонців, часто трапляються солонцюваті ґрунти,

колоїдний комплекс яких містить від 5 до 20% обмінного натрію. Солонцюватими бувають різні ґрунти. Солоді і осолоділі ґрунти є останньою стадією розвитку галогенних ґрунтів. Вони належать до гігроморфних або напівгідроморфних ґрунтів. За сучасною уявою солоді утворюються під дією глеє-елювіального процесу ґрунтоутворення. У безстічних замкнених пониженнях (блюдцях, подах, увігнутих схилах) на поверхні солонців застоюються атмосферні води. Це сприяє подальшому розсоленню ґрунту і розвитку глейових процесів (рис. 3.86). Анаеробні мікроорганізми виділяють у ґрунт низькомолекулярні органічні кислоти. Ґрунт стає кислим. Іони водню витісняють з колоїдного комплексу іони натрію. У верхній частині профілю відбувається інтенсивний кислотний гідроліз мінералів, насамперед силікатів і алюмосилікатів. Унаслідок цього процесу в ґрунті утворюються глинисті мінерали групи каолініту, гідроксиди заліза, алюмінію, кремнію, мангану, карбонати кальцію, магнію та інших елементів.

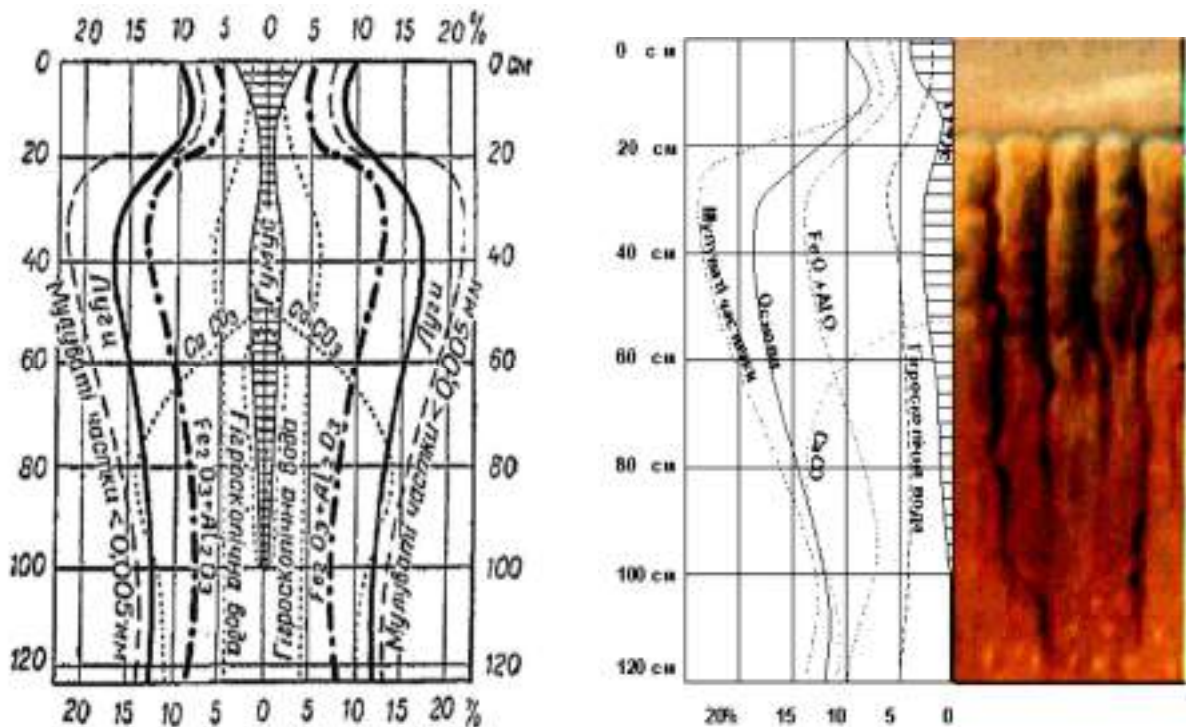


Рис. 3.86. Схематичний графік перерозподілу продуктів ґрунтоутворення у профілі солонця (за С. С. Неуструєвим).

**Таким чином основними рисами процесу засолення ґрунтів є:**

- особливий водно-сольовий режим, що включає дві фази: з одного боку, підтягування сольових розчинів знизу в верхні горизонти в посушливий період, і, з іншого, часткове вимивання солей з поверхневих горизонтів в глибші атмосферними опадами або водами поверхневого стоку;
- витіснення обмінного кальцію в розчин і поглинання магнію і натрію ГВК;
- виникнення лужної реакції середовища в ґрунтових розчинах (кілька різних механізмів);

- руйнування агрегатів за рахунок виникнення сил відштовхування між мулистими частинками і їх пептизації (стан суспензії частинок, що не злипаються один з одним);
- розчинення гумусових речовин;
- руйнування мінералів в елювіальному горизонті;
- переміщення мулистих частинок і розчинених гумусових речовин вниз по профілю в іллювіальний горизонт і їх накопичення в солонцевому горизонті (рис. 3.87).

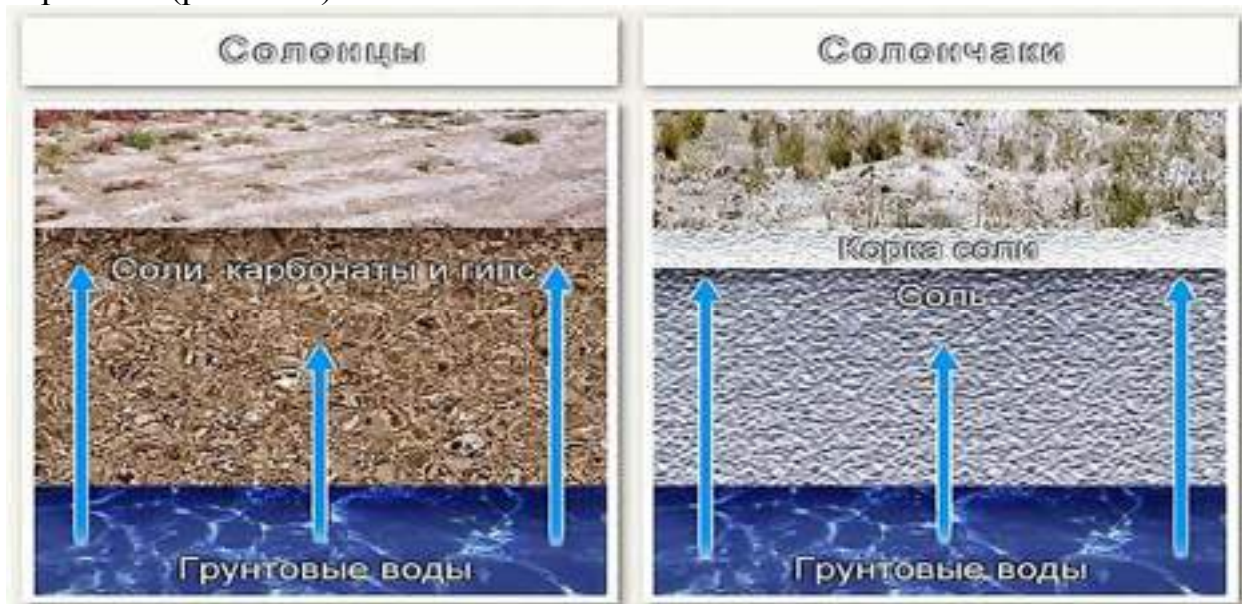


Рис. 3.87. Принципова схема формування солонців та солончаків (мовою оригіналу).

Високий вміст солі збільшує осмотичний потенціал ґрунтового розчину та перешкоджає поглинанню води рослинами. Рослини більшості сільськогосподарських культур зазвичай найбільш чутливі до засолення у період сходів і на початкових фазах розвитку. Стратегія для розв'язання проблеми засолення залежить від результатів аналізу ґрунту, тобто потрібно визначити вміст і тип присутніх солей – як на сільськогосподарських полях, так і поруч – на цілих ділянках. Аналізи повинні проводитися для визначення електропровідності (ЕС), рН, насичення основами і вмісту кальцію, магнію, натрію та органічної речовини. Електропровідність водної витяжки з ґрунту є показником концентрації розчинених солей у ґрунті (електропровідність) (рис. 3.88).

Інший тип проблеми – коли вміст натрію в ґрунті високий щодо кальцію та магнію (табл. 3.4). Такі ґрунти дуже липкі й в'язкі при насиченні вологою та дуже тверді, грудкуваті й схильні до утворення кірки при висиханні. Співвідношення *адсорбції натрію (SAR)* має визначатися в ґрунтовій лабораторії. Коли значення SAR перевищує 13, ґрунт – натрієвий. Якщо SAR перевищує 13, а ЕС понад 4, то ґрунт вважається солоно-натрієвим. За деякими даними, польовими культурами, найстійкішими до засолення

ґрунтів, є: соняшник, гірчиця, сафлор, а з енергетичних культур – соляна трава (*Distichlis spicata L.*) і тополя.

Також існують істотні сортові відмінності в рівні стійкості різних культур до рівня засолення ґрунтів і до ґрунтів із високою кислотністю.

Електропровідність (dS/m, mS/cm або mmho/cm)*	Рівень засолення ґрунту	Небезпека порушення росту рослин	Реакція рослин	Відносно стійкі культури **
0-2	Не засолений	Дуже низька	Незначна	
2-4	Злегка засолений	Низька	Зменшення врожайності у чутливих культур	Боби, горох, кукурудза, соя, соняшник, види конюшини й тимофіївки
4-8	Помірно засолений	Середня	Зменшення врожайності в більшості культур	Ріпак, льон, овес, пшениця, жито, ячмінь, люцерна, костер, буркун, лядвенець рогатий
8-16	Сильно засолений	Висока	Лише кілька культур можуть дати задовільну врожайність	Пирійник ( <i>Elymus trachycaulus</i> ), пшенична трава ( <i>Thinopyrum ponticum</i> )
Понад 16	Дуже сильно засолений	Дуже висока	Лише кілька стійких до засолення трав ростуть задовільно	

\* Визначено методом насичення водою ґрунтових пасти.

\*\* Діапазон значення солоності, за якого можна розраховувати як мінімум на 50% нормального врожаю.

Рис. 3.88. Вплив рівня засолення на ріст сільськогосподарських культур.

Таблиця 3.4

#### Класифікація ґрунтів за ступенем засолення та солонцюватості

Ступінь засолення	Вміст токсинних солей, %	Ступінь солонцюватості	Вміст обмінного натрію	Ступінь ілювіованості профілю
Незасолені	0,1	Несолонцюваті	< 5	3,8
Слабозасолені	0,15	Слабосолонцюваті	5-10	3,8-11,5
Середньозасолені	0,25	Середньосолонцюваті	10-15	11,5-19,2
Сильнозасолені	0,35	Сильносолонцюваті	15-20	19,2-26,9
Солончаки	0,6	Солонці	> 20	> 26,9

У результаті поєднання у різному співвідношенні та інтенсивності різних ЕГП формуються типологічні формати зонального розміщення ґрунтів (рис 3.89-3.92).

Назва	Район формування (пояс)	Кліматичні умови	Рослинний покрив	Особливості
Червоно-жовті фералітні	Екваторіальний	Високі температури та висока вологість повітря	Вологі вічнозелені ліси	Низька родючість, значний вміст заліза та алюмінію
Червоно-бурі та червоно-бурі	Субекваторіальний	Наявність сухого та вологого сезонів	Савани	Малородючі, значний вміст заліза та алюмінію
Сірі та бурі пустельні	Субтропічний Тропічний	Високі температури, низька вологість повітря	Пустельна рослинність	Неродючі, часто засолені
Каштанові	Помірний	Недостатнє зволоження	Сухі степи	Висока потужність гумусового горизонту, відносно родючі
Чорноземи	Помірний	Слабопосушливі умови	Справжні степи	Потужний гумусовий горизонт, висока родючість
Сірі лісові	Помірний	Помірне зволоження	Листяні ліси	Відносно родючі
Підзолисті та дерново-підзолисті	Помірний	Надмірне зволоження	Мішані та хвойні ліси	Відносно родючі
Тундрово-глейові	Субарктичний	Надмірне зволоження, нестача тепла	Тундрова рослинність	Малородючі
Арктичні	Арктичний	Холодно та сухо	Відсутня	Неродючі

Рис. 3.89. Типологічні особливості зонального формування ґрунтів за поєднання направленої ЕГП.

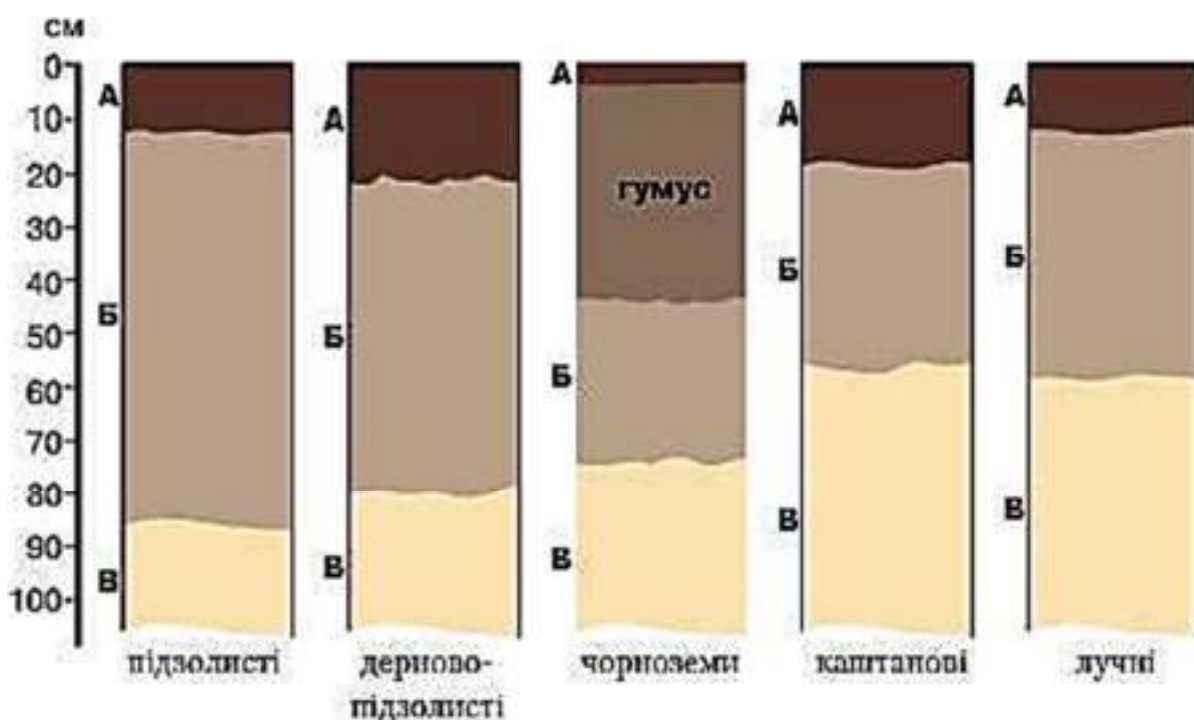
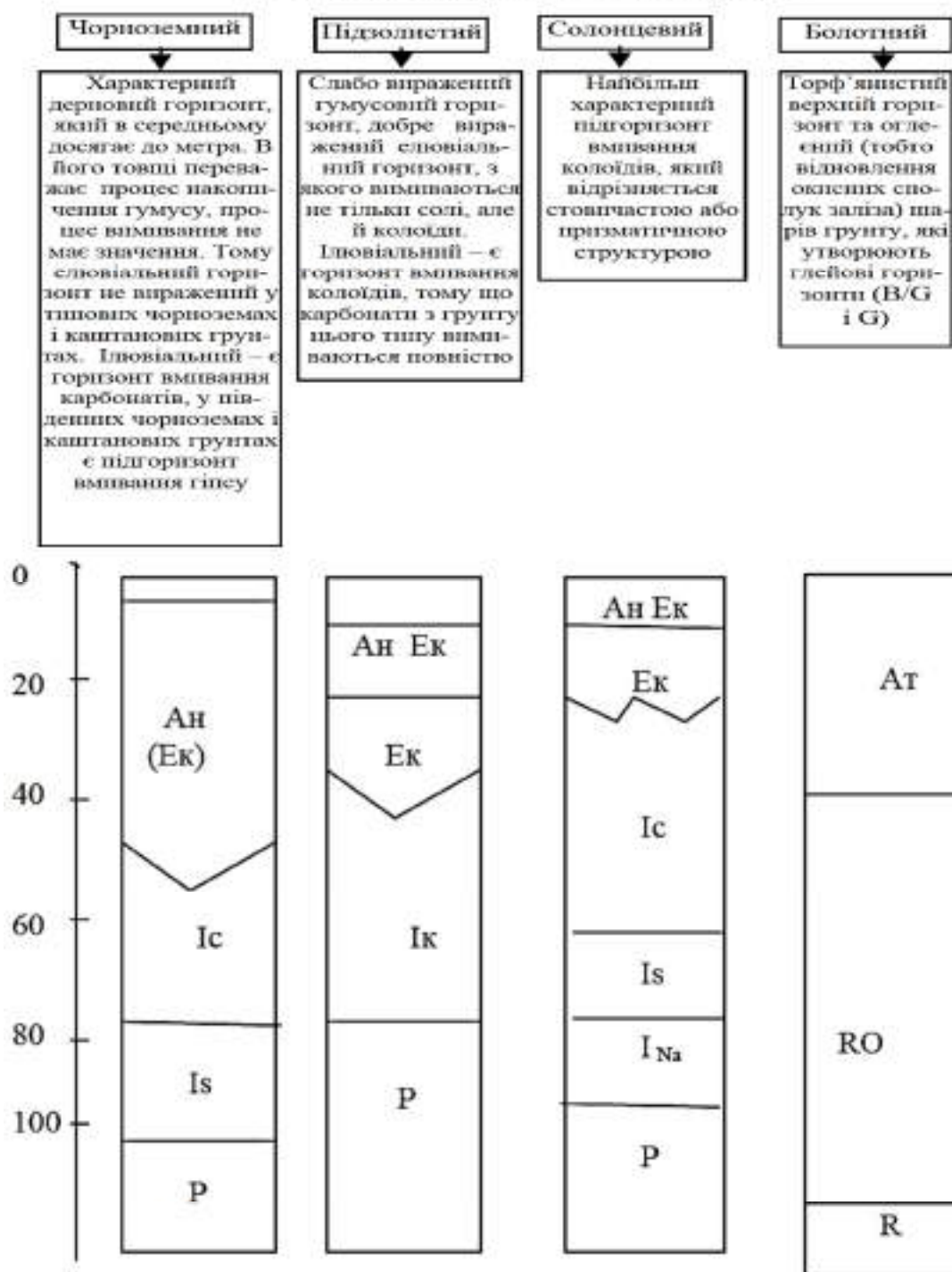


Рис. 3.90. Основні типи профілів за направленими ЕГП ґрунтів України (А – перегнійно-аккумулятивний горизонт, Б – горизонт вимивання ґрунтових розчинів, В – ґрунтоутвірна (материнська) порода).

### Основні типи будови ґрунтового профілю



АН – акумуляція гумусових речовин;  
 Ек – вимивання колоїдів;  
 Ік – вимивання колоїдів;  
 Іс – ілювіальний карбонатний;  
 І<sub>Na</sub> – легкорозчинні солі;

Ат – накопичення торфу;  
 R – відновлення (глейовий);  
 O – окислення;  
 Is – ілювіальний гіпсовий;  
 P – материнська порода.

Рис. 3.91. Типізація у будові ґрунтового профілю залежно від домінуючого напрямку ЕГП.



Рис. 3.92. Основі диференціюючі відмінності між підзолистим, дерновим та болотним процесом ґрунтоутворення.

## 3.2. Характеристика загального балансу ґрунтоутворення

Таким чином, на основі вказаних вище ЕГП ґрунтоутворюючий процес можна розділити на 4 основних компоненти балансу речовини і енергії:

- 1) притоку речовини й енергії в ґрунт;
- 2) перетворення речовин і енергії в ґрунті;
- 3) переміщення речовин і енергії в ґрунті;
- 4) відтоку речовин і енергії з ґрунту.

Всі ці складові утворюють єдність, визначають направленість ґрунтоутворюючого процесу, будову, склад і властивості ґрунту. Баланс речовин при ґрунтоутворенні – це співвідношення між приходом речовин в ґрунт та їх відтоком з нього за певний відрізок часу.

У своїх працях В.А. Ковда визначив декілька форм балансу речовин залежно від довжини охопленого ним часу:

1) **віковий**, який має геологічний відрізок часу і зв'язаний з формуванням геоморфології місцевості;

2) **періодичний (циклічний)**, який охоплює відрізок часу приблизно 11-22 роки, очевидно, пов'язаний з періодичною активністю Сонця;

3) **річний**, який вкладається в річний гідрологічний цикл території;

4) на зрошуваній території виділяють **міжполивний** баланс речовин, який складається з коротких відрізків часу між поливами. При цьому у ґрунтознавстві виділяють окремі баланси: органічної речовини, азоту, води, мінеральних елементів, легкорозчинних солей.

І.І. Назаренко і ін. (2004) систематизував такі прибуткові і видаткові статті балансу.

**Прибуткові:**

- 1) прихід С, N, зольних елементів з опадом і рештками рослин і тварин;
- 2) прихід тих самих елементів з кореневими виділеннями;
- 3) прихід N з атмосфери за рахунок азотфіксаторів;
- 4) прихід N з опадами;
- 5) прихід речовин з вітровим пилом;
- 6) прихід з твердим поверхневим стоком;
- 7) прихід з рідким поверхневим стоком;
- 8) прихід з капілярною каймою ґрунтових вод;
- 9) прихід з боковим (внутрішнім ґрунтовим) стоком;
- 10) прихід з добривами, меліорантами, зрошуваною водою.

**Видаткові:**

- 1) захоплення рослинами N і зольних елементів для утворення щорічного приросту;
- 2) втрати азоту за рахунок денітрифікації;
- 3) втрати С при мінералізації рослинного опаду і гумусу;
- 4) вимивання речовин низхідним током води за межі ґрунтового профілю – у ґрунтові води;
- 5) винос речовин всередині ґрунтовим стоком;
- 6) винос речовин поверхневим твердим стоком;
- 7) винос речовин поверхневим рідким стоком;
- 8) втрата речовин за рахунок дефляції;
- 9) винос N, С, мінеральних елементів з урожаєм сільськогосподарських культур, сіном, деревиною.

За характером співвідношення вказаних статей виділяють баланси: **позитивний, від'ємний, нульовий**.

**Позитивний** баланс характеризується акумуляцією речовин у ґрунті, яка може бути абсолютною, відносною і залишковою. Глобальне значення має абсолютна акумуляція вуглецю і азоту атмосфери, що відбувається в процесі життєдіяльності зелених рослин і азотофіксуючих мікроорганізмів. Ці елементи накопичуються у лісовій підстилці, степовій повсті, в гумусовому горизонті. Акумуляція може бути зумовлена надходженням речовин в ґрунт із ґрунтових вод, поверхневого і бокового стоків води. Це характерно для аридного клімату: вода випаровується, а речовини залишаються в ґрунті. У гумідному кліматі зазвичай речовини не накопичуються, оскільки винос перевищує надходження речовин. Однак



можуть накопичуватися кремній, алюміній, залізо, кальцій у вигляді  $\text{CaCO}_3$ , що спричинене привнесенням твердих частинок заплавленими водами, делювіальним стоком, вітром. Формуються ґрунти абсолютного акумуляційного балансу речовин: заплавні, намиті, нав'язні. **Відносна акумуляція речовин** – збагачення верхньої частини профілю ґрунту мінеральними біофільними елементами внаслідок перекачування цих елементів рослинами з нижніх горизонтів або з нижньої частини товщі у верхні горизонти, хоч ґрунт в цілому їх не накопичує. Вона залежить від вибіркової здатності рослин поглинати поживні речовини. Про ступінь відносної акумуляції різних хімічних елементів судять за коефіцієнтом біологічного поглинання  $A$ :

$$Ax = Ix/nx,$$

де  $Ix$  – вміст елемента  $x$  у золі рослин;  $n_x$  – вміст елемента  $x$  у ґрунті, на якому росте рослина: для  $P$  і  $S$  дорівнює  $100n$ ;  $Ca$ ,  $Mg$ ,  $K$  дорівнює  $10n$ ;  $Mn$ ,  $Cu$ ,  $Mo$  дорівнює  $n$ ;  $Si$ ,  $Al$ ,  $Fe$ ,  $Ti$ ,  $V$  дорівнює  $0,1-0,001n$ .

**Від'ємний** баланс спостерігається, коли винос речовин перевищує їх привнесення. Це відбувається в гумідних областях та на гірських еродованих схилах: привнесення речовин не компенсує виносу їх поверхневим чи ґрунтовим низхідним током. Збіднення ґрунтів може бути загальнопрофільне і погоризонтне. Наприклад, профіль підзолистого ґрунту збіднений на катіони; в аридних ґрунтах відбувається винос легкорозчинних солей тільки на деяку глибину.

**Нульовий** баланс характеризується тим, що винос і надходження речовин скомпенсовані.

В.А. Ковда виділив такі **типи балансу речовин**: різко від'ємний, від'ємний, зрівноважений, змінний, позитивний, накопичувальний.

**Різко від'ємний** – характерний для схилів рівнинних територій з ерозійно-промивним водним режимом, для розораних схилів рівнинних територій:

$$S = S_0 + R - FS_s - FS_m - FL,$$

де  $S$  – кількість речовин у кінці балансового періоду;  $S_0$  – на початку балансового періоду;  $R$  – кількість речовини атмосферних опадів;  $FS_s$  – поверхневого стоку (розчинний матеріал);  $FS_m$  – поверхневого стоку (твердий матеріал);  $FL$  – внутріґрунтовий боковий стік.

**Від'ємний баланс** – властивий для територій з промивним водним режимом, формується на дренажних плато і рівнинах з глибоким рівнем ґрунтових вод; опади переважають над випаровуванням:

$$S = S_0 + R - FS_s - FS_m - FL - I_n,$$

де  $I_n$  – інфільтрація (низхідний стік). У таких умовах формуються ґрунти під лісом.

**Зрівноважений баланс** спостерігається при непромивному водному режимі, характерний для територій аридного і напіваридного

клімату, де глибина ґрунтових вод глибше 7 м. У таких умовах речовини з ґрунту виносяться шляхом поверхневого і бокового токів води:

$$S = S_o + R + FSs + FSm + FL.$$

Формуються ґрунти: степові чорноземи, каштанові, бурі напівпустельні, сіроземи.

**Змінний баланс** спостерігається при вологому кліматі, на рівнинах або зниженнях рельєфу, з рівнем ґрунтових вод 1-3 м, застійних ґрунтових водах. Може бути позитивним, від'ємним і нульовим. Формуються чорноземно-лучні, напівболотні, болотні ґрунти лісостепу.

$$S = S_o + R + GW + FSs + FL - I_n$$

де GW – надходження речовин з капілярною каймою ґрунтових вод.

**Позитивний баланс** забезпечується повеневим водним режимом. Він формується у заплавах і дельтах річок, що періодично пересихають:

$$S = S_o + R + FSm + FSs + FL + GW + FW + I_n$$

де FW – надходження речовин, які приносяться повеневими водами.

**Накопичувальний баланс** формується при випітному водному режимі; характерний для солончаків з глибиною ґрунтових вод 1-3 м:

$$S = S_o + R + FLm + FLs + GW.$$

У цій формулі  $GW > R > FLm > FLs$ .

### 3.3. Основні підходи до класифікації ґрунтів

**Елементарною одиницею ґрунту** є ґрунтовий індивідуум (педон) – реально існуючий природний найменший об'єм ґрунту, достатньо протяжний, щоб виявити всі ґрунтові горизонти та їх співвідношення. Він має визначений простір у трьох вимірах, об'єм і межі.

Ряд однакових за площею ґрунтових індивідуумів утворюють елементарний **ґрунтовий ареал**. Це компонент ґрунтового покриву, який належить до однієї класифікаційної одиниці найнижчого таксономічного рангу.

**Класифікація ґрунтів** – розподіл ґрунтів за певними істотними ознаками подібності та відмінності для впорядкування відомостей про них і зручності використання, а також визначення закономірностей зв'язку між виділеними ґрунтами.

Класифікація ґрунтів – інтегральний показник розвитку ґрунтознавства як науки і водночас інструмент для вирішення нагальних проблем раціонального та науково-обґрунтованого землекористування

Класифікаційна проблема одна із найскладніших і найактуальніших теоретичних та прикладних проблем ґрунтознавства. Бажання вирішити її стимулювало розвиток багатьох класифікаційних напрямів у ґрунтознавчій науці на різних етапах її розвитку.

Залежно від глибини пізнання ґрунту, регіональних особливостей ґрунтового покриву, специфіки наукових шкіл чи практичних цілей перевагу

надавали тим чи іншим принципам і підходам до класифікації ґрунтів. Результатом такого історичного розвитку стала строкатість національних ґрунтових класифікацій, аналогів яким не знайдемо в жодній іншій природничій науці.

Принципово важливий аспект проблеми полягає у зіставленні форматів національних і міжнародної класифікацій, що дало б змогу забезпечити використання загальної моделі оцінки й моніторингу ґрунтового-ресурсного потенціалу. У вітчизняних та зарубіжних публікаціях щораз частіше звертають увагу на можливі шляхи вирішення класифікаційної проблеми. Висловлюють різноманітні пропозиції та концептуальні схеми.

В країнах Європейського Союзу створено складну, багаторівневу структуру ґрунтового-інформаційного простору, нижньою ланкою якої є національна класифікація ґрунтів, призначена для вирішення національних проблем. На часі формування своєрідної перехідної системи, через яку національні класифікації ввійдуть у глобальний рівень. Єдиною основою глобального рівня генералізації визнано останню версію Світової реферативної бази даних ґрунтових ресурсів (WRB). Нещодавно таким шляхом пішли країни Європейського Союзу, які розробили ґрунтову географічну інформаційну систему Європейського Союзу (EBCIS).

Аналогічним є створення нової цифрової бази ґрунтових даних, складеної для території Росії, Білорусі, Молдови і України у форматі EBCIS. У 2000 р. опубліковано останню версію класифікації ґрунтів Росії, побудовану на субстантивно-генетичних принципах; вона поєднала найліпші риси “Класифікації і діагностики ґрунтів СРСР” 1977 р. та Soil Taxonomy США. В Україні проблема розвитку класифікації ґрунтів особливо гостра. Частина науковців пропонує технологічно модернізувати вже наявну факторно-генетичну “Класифікацію та діагностику ґрунтів СРСР” 1977 р., шляхом удосконалення і розроблення нових кількісних діагностичних критеріїв класифікаційного розмежування ґрунтів. З іншого боку, пропонують змінити структуру (верхні таксономічні рівні) і підходи до класифікації ґрунтів України та взяти за її основу еколого-генетико-біогеохімічний принцип. У деяких публікаціях запропоновано перейти на субстантивно-генетичні принципи розбудови вітчизняної класифікації ґрунтів за зразком Soil Taxonomy США і класифікації ґрунтів Росії.

Одним із головних завдань сучасного етапу класифікаційної проблеми є об’єктивний аналіз її історичного розвитку, пошук оптимальних принципів і підходів до класифікації та діагностування ґрунтів, які відповідали б вимогам часу і дали б змогу зберегти й примножити набуті за історичний період ґрунтового-інформаційну базу та практичний досвід. Для того, щоб правильно зрозуміти стан проблеми, необхідно простежити головні етапи і напрями її розвитку. Залежно від того, яким принципам і критеріям у класифікації ґрунтів надано пріоритет на певному історичному етапі, кожен із цих напрямів розділено на кілька хронологічних періодів:

1) античний; 2) ранній технічний; 3) ранній географо-генетичний (докучаївський);

4) середній географо-генетичний; 5) новітній.

**Перша наукова класифікація ґрунтів** за їх походженням була розроблена Докучаєвим. За основну класифікаційну одиницю він прийняв **генетичний тип ґрунту**, тобто групу ґрунтів з подібними фізико-хімічними властивостями та зовнішньою будовою, що сформувалися в однакових умовах клімату, рослинності, ґрунтоутворних порід та рельєфу місцевості. Генетичний тип ґрунтів відповідає певній географічній зоні.

Класифікаційну систему В. В. Докучаєва дещо змінив і доповнив М. М. Сибірцев. У межах генетичного типу ґрунту він виділив підтипи та інші таксономічні одиниці нижчого рангу.

Проблема генетичної класифікації розвивалася і уточнювалася багатьма видатними вченими-ґрунтознавцями: П.С. Коссовичем, К.Д. Глінкою, С.С. Неуструєвим, К.К. Гедройцем, Є.М. Івановою та М.М. Розовим, І.П. Герасимовим, Г.В. Добровольським. Питанням класифікації ґрунтів України у різні часи займалися А. І. Набоких, М.П. Фролов, Г.Г. Махов, К.С. Божко, І.Й. Канівець, Н.Б. Вернандер, О.Н. Соколовський, М.І. Полупан, В.І. Канівець, Д.Г. Тихоненко. Кожна класифікація відрізнялась певною особливістю вирішення цієї проблеми.

Класифікації чітко об'єднуються в такі основні групи:

1) **генетичні (субстантивні)** – базуються на власних внутрішніх властивостях самих ґрунтів;

2) **еколого-генетичні** (географо-генетичні, факторно-генетичні) – на підставі властивостей, режимів, зумовлених навколишнім середовищем;

3) **еволюційно-генетичні** – базуються на уявленні про характер (механізм, історію тощо) походження ґрунтів та їх властивостей.

Проте ці класифікації не завжди враховують усю складну різноманітність ґрунтів як природних, так і антропогенно змінених. Класифікація повинна врахувати все різноманіття ґрунтових властивостей, які найповніше відображають агропромислові якості ґрунтів.

Ступінь вирішення класифікаційної проблеми визначається досягненнями в розвитку ґрунтознавства як науки. Вони постійно збагачується новими відомостями про ґрунти, їх властивості та закономірності формування. У зв'язку з цим періодично вдосконалюється класифікація як вершина набутих знань і водночас – інструмент для вирішення актуальних проблем раціонального використання ґрунтів, якісного їх обліку, оцінки стану, контролю за їх зміною при різному використанні.

### **Основні таксономічні одиниці класифікації ґрунтів**

При класифікації кожна група ґрунтів повинна мати як можна більше унікальних специфічних природних ознак, які не повторюються в інших ґрунтах, що знайшло б відображення в їх назвах, котрі повною мірою відповідали б властивостям розмежованих об'єктів.

Тому обов'язковим атрибутом (елементом) класифікації ґрунтів є наявність систем їх назв і ознак, згідно з якими ґрунти розподіляються на

окремі групи. У ґрунтознавстві назву ґрунтів відповідно до їх властивостей і класифікаційних положень прийнято називати **номенклатурою ґрунтів**, а властивості та ознаки, за якими розподіляються ґрунти і можуть бути визначені у природі, мають назву діагностичні критерії (показники).

Створення класифікації як природної взаємопов'язаної конструкції відбувається через ієрархічну систему таксономічних одиниць.

Найбільш загальноприйняті у генетичному ґрунтознавстві такі одиниці: **тип – підтип – рід – вид – різновидність – розряд – підрозряд.**

**Тип ґрунту** – основна таксономічна одиниця сучасної класифікації ґрунтів. До одного типу належать ґрунти, які утворилися за одним типом ґрунтоутворення, мають однотипну будову ґрунтового профілю, однакову біологічну продуктивність і однотипні заходи щодо підвищення їх родючості. *Наприклад:* чорнозем, підзол, солончак. Типи ґрунтів у польових умовах діагностуються за будовою профілю та морфолого-генетичними властивостями генетичних горизонтів (табл. 3.5).

**Підтип** – виділяється в межах типу. Ґрунти різних підтипів розрізняються виразом основного і додаткового процесів ґрунтоутворення. При виділенні підтипів враховується властивості ґрунтів, які пов'язані з підзональними фаціальними особливостями природних умов (теплі, помірні, холодні, глибокопромерзаючі), а також зміни головних ознак ґрунтів. *Наприклад:* чорнозем південний, чорнозем типовий помірний, ясно-сірий, сірий та темно-сірий опідзолені ґрунту (за кольором).

**Рід** – класифікаційна одиниця в межах підтипу, обумовлена якісними особливостями профілю ґрунту, спричинених впливом комплексу місцевих умов: складом ґрунтоутворних порід, хімізмом підґрунтових вод, реліктовими ознаками, основними формами новоутворень, характером сольового профілю.

*Наприклад:* чорнозем типовий (підтип) буває карбонатним, солонцюватим; дерново-підзолистий (підтип) реліктово-оглеєним.

**Вид** – виділяється в межах роду за ступенем розвитку ґрунтоутворювального процесу, еродованості та ін. (ступінь підзолистості, гумусованості, солонцюватості, глибини засоленості, потужністю профілю, тощо). *Наприклад:* дерново-підзолисті ґрунти за ступенем підзолистості (слабко-, середньо – та сильно підзолисті), чорнозем за потужністю профілю (неглибокий, середньо глибокий, глибокий, надглибокий).

**Різновидність** – класифікаційна одиниця, що враховує поділ ґрунтів за гранулометричним складом ґрунтового профілю.

*Наприклад* чорнозем типовий глибокий (тип) суглинковий або середньосуглинковий.

**Розряд** – класифікаційна одиниця, групуються ґрунти за характером ґрунтоутворної породи, а для двочленних – і підстилаючої породи. *Наприклад:* чорнозем звичайний неглибокий важкосуглинковий (різновидність) на лесі.

**Підрозряд** – виділяється за ступенем сільськогосподарського використання ґрунтів. *Наприклад:* чорнозем типовий – природні угіддя, дерново-слабопідзолистий сильно окультурений.

## Основні типи ґрунтів України

Генетичні типи ґрунтів	Поширення	Основний тип природної рослинності
Дерново-підзолисті	Полісся	Мішані ліси
Сірі лісові	Височини Лісостепу	Широколистяні ліси
Чорноземи опідзолені і реградовані	Височини Лісостепу	Степові луки, лучні степи
Чорноземи типові	Лісостеп	Лучні степи
Чорноземи звичайні	Північна частина Степу, Приазов'я	Різнотравно-злакові степи
Чорноземи південні	Південна частина Степу	Типчаково-ковилові степи
Чорноземи солонцюваті	Причорномор'я і степовий Крим	Типчаково-ковилові степи
Чорноземи щепенюваті	Донецький кряж, передгір'я Криму	Різнотравно-злакові (у т.ч. наскельні) степи
Чорноземи лучні	Лівобережний Лісостеп	Лучні степи, остепнені луки
Каштанові	Причорномор'я	Пустельні степи
Лучні і лучно-болотні	Річкові заплави	Заплавні луки, болота, ліси і чагарники
Торфово-болотні і торфові	Полісся, заплави річок у Лісостепу	Соснові, осокові, трав'яні і сфагнові болота
Солонці	Узбережжя Чорного моря	Прибережна псамофітна і галофітна рослинність
Солоді	Степові пониження (поди)	Лучно-степова і лучно-болотна рослинність
Дернові оглеєні	Полісся	Мішані ліси
Буроземи	Карпати, Крим	Гірські мішані і хвойні ліси
Дерново-буроземні та гірсько-лучні	Карпати, Крим	Субальпійські та альпійські сланці і луки

Наприклад, повна назва ґрунту з урахуванням усіх таксономічних одиниць: чорнозем (тип), типовий (підтип), глибокозакипаючий (рід), середньогумусний, глибокий (вид) важкосуглинковий (різновідність) на лесі (розряд) (рис. 3.93).

		назва ґрунту		
		1	2	3
таксономічні	Тип	чорнозем	підзолистий	сірий пісовий
	Підтип	типовий	дерново-підзолистий	темно-сірий
	Рід	глибокозакипаючий	-	залишково-карбонатний
	Вид	середньогумусний	слабопідзолистий	глибокий
	Підвид	слабкосолонцюватий	-	-
	Відміна	важкосуглинковий	супіщаний	легкосуглинковий
	Розряд	на лесах	на давньо-алювіальних перевіяних пісках	на лесовидних суглинках

Рис. 3.93. Приклад повної назви ґрунту у розрізі його таксонів.

У класифікації над типових структур ґрунту можуть виділяти також:

**Стовбур** – вища таксономічна одиниця, що відображає поділ ґрунтів за співвідношенням процесів ґрунтоутворення і накопичення відкладів (у ґрунтах постлітогенного стовбура ґрунтоутворення здійснюється на сформованій мінеральній ґрунтоутворювальній породі; у ґрунтах сінлітогенного стовбура ґрунтоутворення протікає одночасно з накопиченням відкладів; стовбур органогенних ґрунтів об'єднує ґрунти, профіль яких складається з торфу).

**Відділ** – група ґрунтів, що характеризується єдністю основних процесів ґрунтоутворення, що формують головні риси ґрунтового профілю. (Приклад: **Стовбур** – Постлітогенні ґрунти. **Відділ** – Акумулятивно-гумусові ґрунти.)

Поширення ґрунтів в межах України підпорядковане перш за все законам широтної зональності та вертикальної поясності. Значний вплив на територіальне розміщення таксономічних груп ґрунтів має рельєф місцевості, реліктова і сучасна рослинність, рівень залягання ґрунтових вод, ґрунтоутвірні породи. Значна протяжність з заходу на схід та з півночі на південь, різноманітність чинників ґрунтоутворення зумовили формування на території України значної кількості таксономічних груп ґрунтів (24 зональних і 16 азональних типів ґрунтів). В Україні налічується багато (понад 600) різновидів ґрунтів, які різняться між собою мінеральним складом, вмістом гумусу та поживних елементів, фізичними і хімічними властивостями, а також, і родючістю (рис. 3.102).

Сукупний вплив чинників ґрунтоутворення впродовж тривалого часу зумовив сучасну географію ґрунтів і структуру ґрунтового покриву. Для рівнинної частини України (95 % території) у поширенні ґрунтів добре виражена широтна зональність, а в горах – вертикальна поясність. Проте, в межах фізико-географічних зон і підзон неоднорідність ґрунтового покриву

ускладнюється за рахунок місцевих фаціально-провінціальних природних особливостей, впливу різних форм рельєфу, літології та гранулометричного складу ґрунтотворних порід, проявами галоморфізму, гідроморфізму, реліктового і сучасного рослинного покриву, антропогенною діяльністю.

З метою раціонального використання земель проводиться їхнє великомасштабне дослідження, складаються детальні ґрунтові карти та проводиться оцінка всіх ґрунтів (бонітування), що дає змогу виробити правильний підхід до їх використання, обробітку та удобрення, визначення найбільш придатних для сільськогосподарських культур, організації сівозмін, захисту рослин.

Серед усіх типів ґрунтів України найбільш поширені чорноземи, які займають біля 60% всіх земельних угідь. Чорноземи утворюються під степовим трав'яним рослинним покривом, що складається переважно із злаків (ковил, типчак) та різнотрав'я. Щорічне відмирання рослинної біомаси у специфічних кліматичних умовах Степу сприяло прискоренню процесів гуміфікації і утворенню потужного, надзвичайно родючого шару ґрунту. Моноліт чорнозему з Воронезької області, як еталон найбільш родючого ґрунту в світі, розміщено поряд з еталонами фізичних мір у міжнародному інституті метрології в Парижі. В.В. Докучаєв писав, що російський чорнозем – це цар ґрунтів, він дорожчий за вугілля, дорожчий за золото.



Рис. 3.95. Структура ґрунтів України.





Продовження рис. 3.95. Структура ґрунтів України.

Чорноземи України становлять 8,7% від загальної площі чорноземних ґрунтів світу (рис. 3.96). На другому місці за поширеністю – сірі лісові ґрунти, які сформувалися у лісостеповій зоні і займають приблизно 4 млн га. Дерново-підзолисті ґрунти займають понад 3,1 млн га, поширені в основному на Поліссі. У південній частині України на площі 1,3 млн га поширені темно-каштанові й каштанові ґрунти.



Рис. 3.96. Ресурси чороземів в Україні та світі.

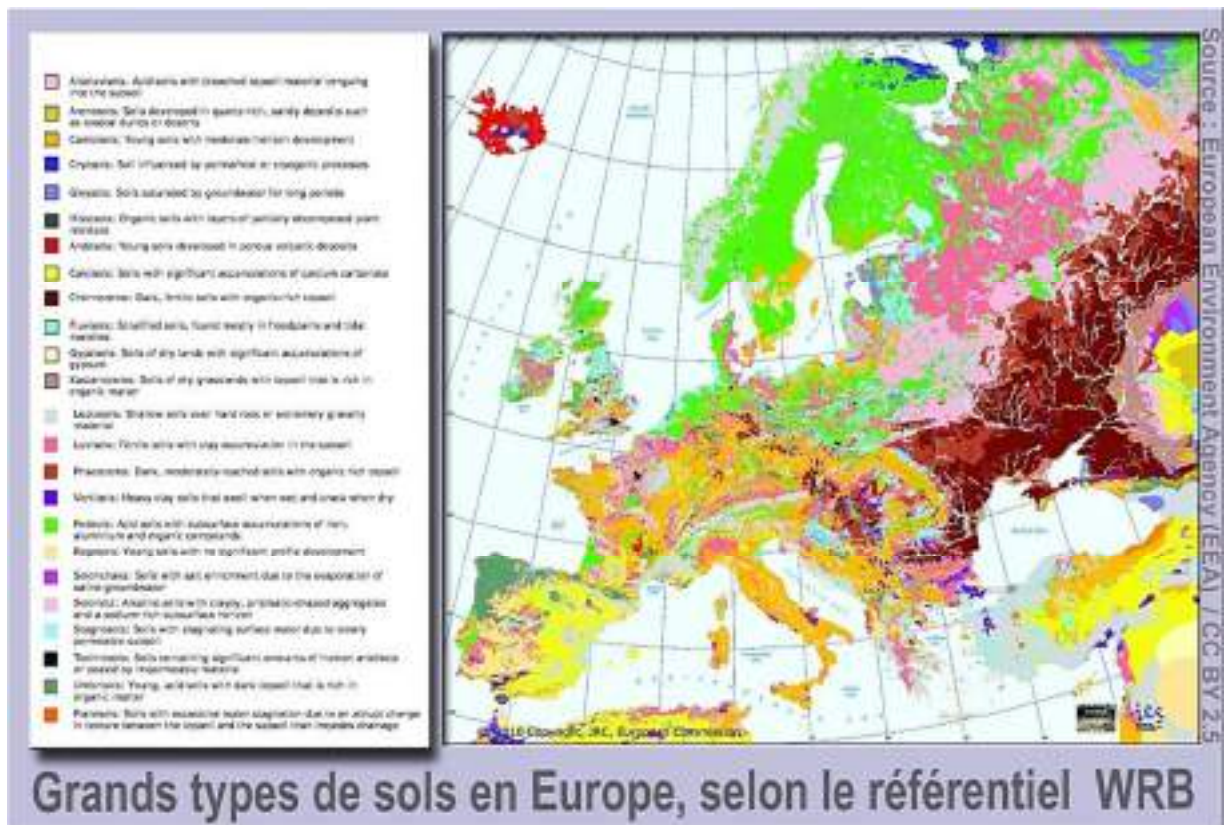
Лучно-болотні, болотні й торфові ґрунти займають площу близько 1,7 млн га. Вони є азональними ґрунтами, приурочені до заболочених територій, насамперед Полісся. Значні площі цих ґрунтів (зокрема на Поліссі) осушені й зайняті сінокосами та пасовищами, рідше ріллею.

У Карпатах і Гірському Криму поширені буроземні ґрунти, що займають площу майже 750 тис. га. Ці ґрунти часто щебенуваті та кам'янисті. Серед інших типів ґрунтів поширені солонці й солончаки (переважно у степовій зоні). Понад 300 тис. га займають розмиті ґрунти й виходи порід, які практично не використовуються в сільському господарстві.

### **Системи міжнародної класифікації ґрунтів** **Система ФАО/ЮНЕСКО**

Як результат 6-річної роботи міжнародного колективу на 16 Всесвітньому конгресі ґрунтознавців у Франції демонструвалася циркумпольярна ґрунтова ГІС та ключі до класифікації ґрунтів WRB (світової ґрунтової бази даних ФАО/ЮНЕСКО). Підкреслювалось, що висока надійність глобальних моделей може бути досягнута тільки на основі детальних досліджень ландшафтного і регіонального рівнів. Розробка методів up-scaling (коректного переходу в менший масштаб) визнана однією з пріоритетних задач. Історія створення ґрунтової карти світу під егідою ФАО/ЮНЕСКО відома. Ця карта стала продуктом міжнародного співробітництва, що заповнила прогалину в знаннях про ґрунтові ресурси світу. Широке використання результатів цих робіт сприяло порівнянню і кореляції ґрунтів, розумінню ґрунтових умов і їх потенціальних можливостей, дало корисний інструмент для планування сільськогосподарського й економічного розвитку. Класифікаційна система ФАО стала найбільш визнаною у світі. Зовсім недавно закінчено роботи із створення ґрунтової карти країн її членів Європейського Економічного Союзу у масштабі 1:1000000 (рис. 3.97). До цієї роботи запрошуються ґрунтознавчі установи й фахівці з різних країн, що мають упорядковані бази нової інформації про ґрунти на основі класифікаційної системи ФАО.

В американській школі ґрунтознавців використовується класифікація Шаблон:Нп, яка неодноразово доповнювалася новими даними, що публікувалися у вигляді чергового «наближення». Вона відноситься до морфолого-діагностичного типу класифікацій і не «прив'язана» до якої-небудь території. У цій класифікації багато діагностичних параметрів не впливають із суті самого ґрунту, а просто прийняті «а р'іогі». Вони часто не несуть генетичного «навантаження», притаманного для даного ґрунту, але фіксують сучасні морфолого-аналітичні показники ґрунтів, як діагностичні критерії.



Grands types de sols en Europe, selon le référentiel WRB

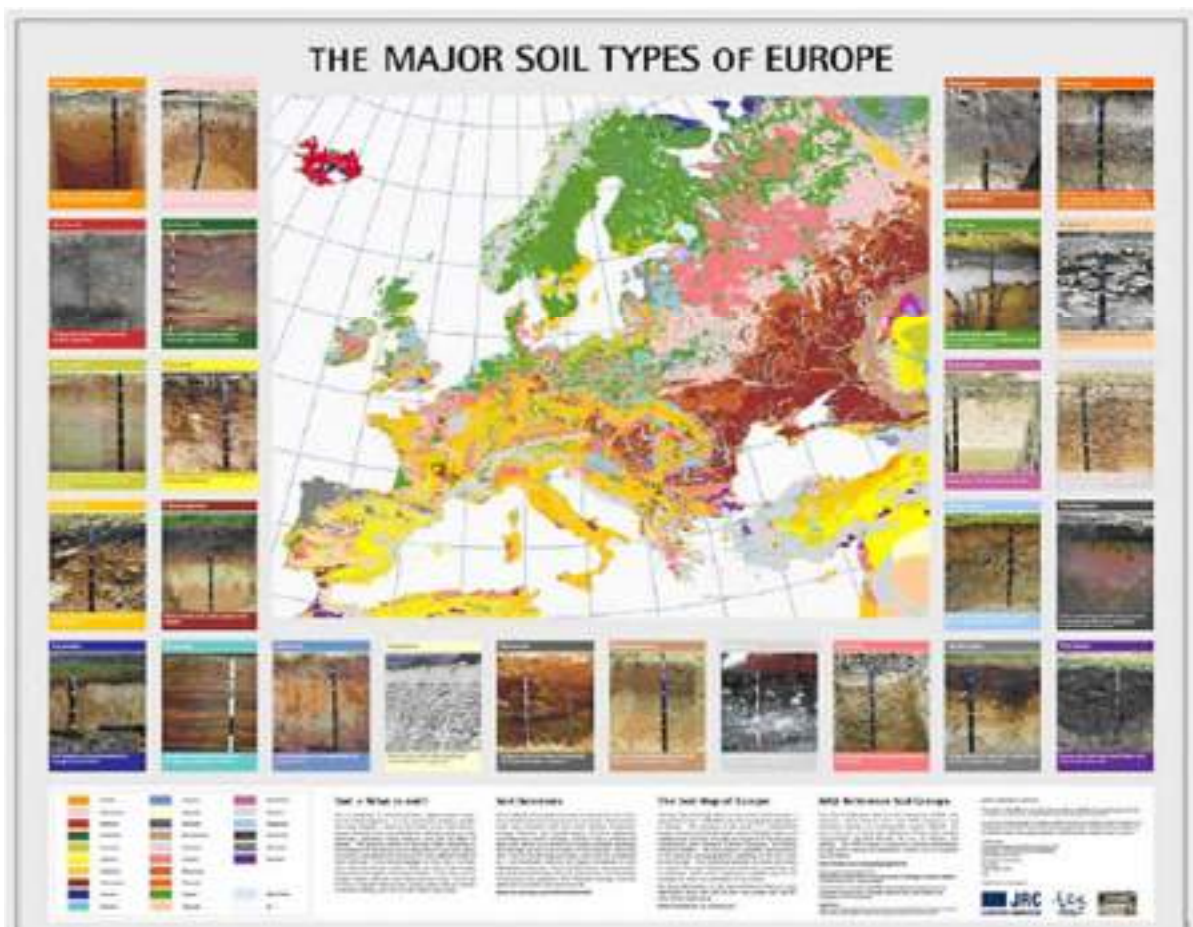


Рис. 3.97. Европейська база ґрунтів (WRB).

Основні типи ґрунтів Європи зображено різним кольором. Значна частина північної та центральної Європи характеризується молодими ґрунтами, а лімеричні ґрунти поширені на південних територіях. Скандинавія майже повністю покрита кислими ґрунтами. На сході в розвитку ґрунту переважають дернові процеси. Червоний колір (наприклад, Ісландія) вказує ґрунти на вулканічному матеріалі. Світло-блакитний колір позначає ґрунти, перезволожені протягом значної частини року.



Рис. 3.98. Зала музею ґрунтів світу (м. Вагенінген, Нідерланди) (у музеї є колекція більш ніж 1100 профілів ґрунтів з більш ніж 70 країн світу).

У 1998 році Шаблон:Нп (IUSS) схвалила й прийняла Світову реферативну базу ґрунтових ресурсів (WRB) як систему для ґрунтової кореляції та інтернаціонального співробітництва.

WRB, як результат багаторічної співпраці великої групи досвідчених авторів, співробітництва і логістичної підтримки Шаблон:Нп, Організації ООН з питань продовольства та сільського господарства (ФАО), є міжнародним стандартом таксономічної класифікації ґрунтів замість Шаблон:Нп.

WRB запозичує сучасні концепції класифікації ґрунтів, у тому числі Шаблон:Нп, легенду для карти ФАО «Ґрунти світу 1988 року», французькі та російські поняття, базуючись головним чином на ґрунтовій морфології, що відображає процес ґрунтоутворення.

У 1974 р. Організація з питань продовольства і сільського господарства Організації Об'єднаних Націй (ФАО) видала карту ґрунтів світу (КГС). Комплектація КГС була складним завданням, яке охоплювало збір і кореляцію інформації про ґрунти з усіх континентів. Спочатку легенда КГС складалася з 26 (перший рівень) головних груп ґрунтів, до яких входило 106 (другий рівень)

одиниць ґрунтів.

У 1990 р. видана „Переглянута легенда” і введений третій ієрархічний рівень – підодиноці ґрунтів. Підодиноці ґрунтів не були визначені як такі, але давалися основні принципи їхньої ідентифікації. Фактично це перетворило легенду КГС у відкриту глобальну систему класифікації ґрунтів ФАО/ЮНЕСКО.

### **Світова реферативна база ґрунтових ресурсів**

У 1998 році Міжнародне товариство ґрунтознавців (IUSS) офіційно затвердило Світову Реферативну базу ґрунтових ресурсів (WRB) як систему для кореляції ґрунтів. Структура, концепція і визначення WRB впливають із системи класифікації ґрунтів ФАО/ЮНЕСКО. На початку WRB запропонувала 30 реферативних груп ґрунтів, до яких входило більше ніж 200 (другий рівень) одиниць. У даному посібнику 30 реферативних груп ґрунтів об'єднані в 10 блоків, сформованих у такий спосіб:

1. Початковий поділ здійснений між органогенними і мінеральними ґрунтами; всі органогенні ґрунти згруповані в блоці 1.

2. Мінеральні головні групи ґрунтів розміщені в одному з дев'яти блоків на основі „домінуючих ідентифікаторів”, тобто тих факторів, які створюють найтиповіші умови для формування ґрунтів.

У таблиці 3.6 показано 10 блоків, їх домінуючі ідентифікатори та реферативні групи ґрунтів у межах кожного блоку.

**БЛОК 1** охоплює всі ґрунти, у яких вміст органічної речовини більший від певного значення. Ці органогенні ґрунти об'єднані в одній реферативній групі під назвою гістосолі (HISTOSOLS).

**БЛОК 2** містить усі штучні ґрунти. Вони характеризуються широкою варіабельністю властивостей і проявів та можуть утворитися в будь-яких умовах навколишнього середовища, але звичайно характеризуються тим, що їхні властивості сформувались під впливом діяльності людини. Вони об'єднані в реферативній групі антросолі (ANTHROSOLS).

**БЛОК 3** складають мінеральні ґрунти, формування яких зумовлено специфічними властивостями материнських порід. Блок охоплює три реферативні групи:

1. андосолі (ANDOSOLS) – ґрунти вулканічних областей.
2. ареносолі (ARENOSOLS) – піщані ґрунти пустель, берегових валів, дюн, територій із сильно вивітреними піщаниками тощо.
3. важкі глинисті тріщинуваті ґрунти вертисолі (VERTISOLS) боліт, річкових і озерних долин та інших регіонів із високим вмістом глинистих мінералів з рухомою кристалічною решіткою.

**БЛОК 4** – це мінеральні ґрунти, формування яких здебільшого залежить від фізико-географічного розташування. До цього блоку входять ґрунти знижених елементів рельєфу, що перебувають під періодичним впливом повеней і/або тривалого перезволоження, а також ґрунти підвищень або розчленованих форм рельєфу, де ґрунтоутворенню перешкоджають

низькі температури чи ерозія.

Блок містить чотири реферативні групи ґрунтів у знижених елементах рельєфу:

1. Молоді алювіальні флювісоли (FLUVISOLS), що характеризуються шаруватістю або іншими ознаками сучасних відкладів породи.

2. Нешаруваті глейсоли (GLEYSOLS) у затоплюваних місцях, в яких, проте, не спостерігалось регулярного відкладення алювію.

На підвищених елементах рельєфу і/або районах, де поширена ерозія:

3. Слаборозвинені лептосоли (LEPTOSOLS) на щільних або сильно карбонатних породах.

4. Потужніші регосоли (REGOSOLS) на пухких породах і із слабким розвитком поверхневих горизонтів, наприклад, через низькі температури, тривалі засухи або ерозію.

**БЛОК 5** містить слаборозвинені ґрунти через їх незначний вік або через постійне омолодження. Такі ґрунти зустрічаються по всій території Землі незалежно від географічного розташування, гіпсометрії, типу рослинності. Вони мають ознаки початкової стадії ґрунтоутворення, тому у цьому блоці не спостерігається значної різноманітності ґрунтів. Усі ґрунти належать до однієї реферативної групи – камбісолой (CAMBISOLS).

**БЛОК 6** охоплює типові червоні та жовті ґрунти вологих тропічних і субтропічних областей. Високі температури і значне періодичне зволоження сприяють вивітрюванню порід і швидкому розкладу органічних залишків. Реферативні групи у цьому блоці характеризуються тривалим процесом руйнування й міграції продуктів вивітрювання, що сформувало глибокі та генетично зрілі ґрунти:

1. Плінтосоли (PLINTHOSOLS) утворились на старих корах вивітрювання, характеризуються поєднанням глини та кварцу – плінтиту, що необоротно зцементовуються після виходу на поверхню під впливом окислення.

2. Сильно вивітрені феральсоли (FERRALSOLS), які характеризуються дуже низькою ємністю катіонного обміну (ЄКО) і фактично не містять первинних мінералів.

3. Алісоли (ALISOLS) з високою ЄКО і підвищеним вмістом обмінного алюмінію.

4. Потужні нітісоли (NITISOLS), утворені на відносно багатих материнських породах, з глянцевиими горіхуватими структурними агрегатами.

5. Сильно вилугувані червоні й жовті акрісоли (ACRISOLS) на кислих материнських породах, з горизонтом нагромадження глини, незначною ЄКО і низьким ступенем насиченості основами (СНО).

6. Ліксісоли (LIXISOLS) з низькою ЄКО, але високим СНО.

**БЛОК 7** містить реферативні групи ґрунтів засушливих і напівза-

сушливих областей. Перерозподіл карбонатів кальцію і гіпсу – важливий механізм диференціації профілю ґрунтів цих зон. Розчинні солі можуть акумулюватися на деякій глибині або в місцях із неглибоким рівнем ґрунтових вод (РГВ) – біля поверхні ґрунтів. Реферативні групи ґрунтів блоку 7:

1. солончаки (SOLONCHAKS) з високим вмістом розчинних солей.
2. солонці (SOLONETZ) з високим вмістом увібраного натрію.
3. гіпсісолі (GYPSISOLS) з горизонтом, збагаченим вторинним гіпсом.
4. дурісолі (DURISOLS) із шаром або конкреціями ґрунтової речовини, зцементованої кварцом.
5. кальцісолі (CALCISOLS) із вторинним накопиченням карбонатів.

**БЛОК 8** охоплює ґрунти, що утворюються в зоні степу, який межує з сухими зонами і вологою помірною зоною. Ця перехідна зона характеризується потужним розвитком ефемерної трав'янистої рослинності і ксерофітних лісів. Місце розташування зони приблизно відповідає переходові від домінування акумулятивних процесів у ґрунтоутворенні до переважання процесів вилугування. Блок 8 складають три реферативні групи:

1. чорноземи (CHERNOZEMS) із потужними, дуже темними поверхневими горизонтами і збагаченими карбонатами нижніми горизонтами та породами.
2. каштаноземи (KASTANOZEMS) з менш потужними, коричнюватими поверхневими горизонтами і нагромадженням карбонатів і/або гіпсу на деякій глибині (ці ґрунти утворюються в найбільш сухих частинах степової зони).
3. феоземи (PHAEOZEMS), темно-червоні ґрунти прерій з високим СНО, але без видимих ознак вторинного нагромадження карбонатів.

**БЛОК 9** охоплює коричнюваті й сіруваті ґрунти вологих помірних областей. Ґрунти блоку мають явні ознаки перерозподілу глини і/або органічної речовини. Прохолодний клімат і коротка генетична історія більшості ґрунтів у цій зоні пояснюють, чому значна кількість ґрунтів відносно багаті основами, незважаючи на переважання елювіальних процесів над акумулятивними. Елювіювання та ілювіювання металоорганічних комплексів утворюють сірувате (білясте) та коричневе до чорного забарвлення. Блок 9 містить п'ять реферативних груп:

1. кислі підзоли (PODZOLS) зі знебарвленим елювіальним горизонтом над горизонтом нагромадження органічної речовини, алюмінію і/або заліза.
2. планосолі (PLANOSOLS) зі знебарвленим верхнім шаром над щільним, слабо водопроникним горизонтом.
3. збіднені основами альбелювісолі (ALBELUVISOLS) зі знебарвленим елювіальним горизонтом, який різко переходить у збагачений глиною підповерхневий горизонт.
4. багаті основами лювісолі (LUVISOLS) з яскраво вираженим горизонтом нагромадження глини.

5. умбрисолі (UMBRISOLS) з потужним темним кислим поверхневим горизонтом, збагаченим гумусом.

БЛОК 10 містить ґрунти областей із вічною мерзлотою. Ці ґрунти мають ознаки кріотурбації на зразок фрагментарних або порушених горизонтів й органічної речовини в середній частині профілю, часто сконцентрованої вздовж поверхні вічної мерзлоти. Кріотурбація також проявляється у присутності каменів у ґрунті, сортованих і несорттованих акумуляцій дрібнозему біля поверхні. Усі мерзлотні ґрунти зібрані в групі кріосолі (CRYOSOLS).

Реферативні групи у блоках від 6 до 10 представляють ґрунти, що утворюються переважно у певних кліматичних зонах. Такі ґрунти відомі як зональні. Однак не всі ґрунти в блоках 6-10 зональні, при цьому ґрунти в інших групах не завжди азональні. Підзоли, наприклад, найбільш типові для (суб)гумідних помірних областей (блок 9), але вони також зустрічаються у вологих тропіках; планосолі можуть однаково утворитися в субтропіках і степах, а феральсолі можуть розташовуватися як залишкові поза вологими тропіками.

Ґрунти, характеристики яких є результатом сильного впливу домінуючого місцевого фактору ґрунтоутворення, окрім клімату, не є зональними. Вони – інтразональні. Тобто, існують зональні та інтразональні підзоли, зональні та інтразональні глейсолі, зональні та інтразональні гітосолі тощо. Деякі ґрунти занадто молоді, щоб відобразити вплив певних місцевих умов у властивостях профілю; вони також інтразональні ґрунти. Молоді алювіальні (флювісолі) та ґрунти, які нещодавно еродувалися (наприклад, камбісолі), – приклади азональних ґрунтів. Поняття зональності допомагає зрозуміти (частково) розмаїтість глобального ґрунтового покриву, але є неприйнятною основою для класифікації ґрунтів. Тому блоки реферативних груп ґрунтів не можуть служити вищою одиницею класифікації, а просто ілюструють, як проявляються основні принципи формування ґрунтів у глобальному аспекті

Мета світової реферативної бази подвійна. З одного боку, WRB – реферативна система для користувачів, зацікавлених описом ґрунтів на найвищому рівні узагальнення, поясненнями за допомогою неспеціальних термінів. З іншого – повинна полегшити кореляцію поміж національними класифікаціями.

### ***Правила діагностики одиниць ґрунтів***

1. Одиниці ґрунтів визначені і названі на основі затверджених WRB визначників.

2. Визначник може використовуватися в комбінації з індикаторами глибини, потужності або інтенсивності. Наприклад, епідістрік лювісоль (Epi-Dystric Luvisol) – назва одиниці ґрунтів, в якому „епі” показує незначну глибину, тоді як „дістрік” – показник, що характеризує низький вміст основ. Якщо необхідні більше ніж два визначники, вони внесені в список після назви реферативної групи ґрунтів (у дужках), наприклад Acri-Geric Ferralsol



(Abruptic i Xanthic).

3. Назви одиниць ґрунтів не повинні накладатися або суперечити назвам інших одиниць чи визначенням реферативних груп. Наприклад, "Dystri-Petric Calcisol" неприпустимий, тому що містить протиріччя („Dystri” несумісний з „Calcisol”), також неприпустима назва "Eutri-Petric Calcisol", бо визначник "Eutri" збігається з інформацією, властивою для реферативної групи ґрунтів під назвою „Calcisol”.

Нові одиниці можуть бути введені тільки тоді, якщо задокументовано відповідний опис профілю ґрунту і підтверджений результатами лабораторних досліджень.

Показники визначені унікальними наборами діагностичних критеріїв. Більшість діагностичних критеріїв для визначення показника отримані з уже встановлених еталонів реферативної групи ґрунтів – діагностичних горизонтів, властивостей і речовин. Слабкі або часткові особливості при виділенні одиниць не обговорюються. Ознаки, що стосуються клімату, материнської породи, рослинності або рельєфу – схил або ерозія, – не використовуються для діагностики одиниць ґрунтів. Також не використовуються показники, що характеризують стан води в ґрунті, – такі як РГВ або глибина дренажу, особливості субстрату, особливості потужності і/або морфології профілю чи окремих горизонтів.

### **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Дайте визначення ґрунтознавства як науки та назвіть його основні розділи.
2. Назвіть основні положення генетичного ґрунтознавства та основні методи дослідження.
3. Дайте визначення ґрунту.
4. Назвіть глобальні функції ґрунту.
5. Обґрунтуйте роль ґрунту в природі та житті людини.
6. Укажіть особливості використання ґрунту як основного засобу виробництва та розкрийте суть культурного ґрунтоутворного процесу.
7. Ґрунтовий покрив як об’єкт землекористування.

# РОЗДІЛ 4. МОРФОЛОГІЧНІ ОЗНАКИ ГРУНТУ

## 4.1. Морфологічні ознаки ґрунту у розрізі його фаз

В результаті ґрунтоутворювального процесу з материнської породи утворюється ґрунт з рядом найважливіших ознак і властивостей.

Ґрунт – продукт різнобічних процесів, які відбуваються в поверхневому шарі земної кори при взаємодії чотирьох фаз, які утворюють єдину сукупність: тверда, рідка, газова і жива.

**Тверда фаза ґрунту** – основа ґрунту, яка формується з материнської породи і наслідує її склад і властивості. Тверда фаза складається із залишкових мінералів або уламків гірської породи і вторинних продуктів ґрунтоутворення – рослинних залишків, гумусу, вторинних глинистих мінералів, простих солей та елементів, звільнених при вивітрюванні гірської породи. Тверда фаза, з одного боку, характеризується гранулометричним, мінералогічним, хімічним складом, з іншого – складом, структурою і порозністю. Завдяки своїм властивостям ця фаза утворює твердий каркас ґрунту і є найбільш стійкою за обсягом, складом і в часі.

Тверда фаза ґрунтів, що утворюється внаслідок вивітрювання гірських порід, складається з часточок ґрунту різного розміру, які називаються механічними елементами:  $> 1$  мм (камінці і гравій) – скелет ґрунту  $< 1$  мм – дрібнозем. У межах фракції дрібнозему виділяють дві групи часточок:  $> 0,01$  мм – «*фізичний пісок*»,  $< 0,01$  мм – «*фізична глина*» (рис. 4.1-4.2).

**Рідка фаза ґрунту** являє собою ґрунтовий розчин, вода у ґрунті заповнює поровий простір. зміст і властивості ґрунтового розчину залежать від водно-фізичних властивостей ґрунту та його стану на даний момент у відповідності з умовами й атмосферного зволоження. У районах з низькими зимовими температурами в холодний сезон рідка фаза переходить у твердий стан (замерзає), перетворюючись у лід; при підвищенні температури частина ґрунтової води може випаруватися, перейшовши в газову фазу ґрунту. Рідка фаза служить основним фактором диференціації ґрунтового профілю, так як забезпечує переміщення тих чи інших речовин в ґрунті у вигляді суспензій або розчинів.

**Газова фаза ґрунту** – це повітря, у ґрунті заповнює пори, вільні від води. склад ґрунтового повітря істотно відрізняється від атмосферного і дуже динамічний у часі. У сухому ґрунті повітря більше, ніж у вологому, оскільки вода і повітря є антагоністами, взаємно заміщаючи один одного.

**Жива фаза ґрунту** – це організми, які безпосередньо беруть участь в процесі ґрунтоутворення (мікроорганізми, представники мікро- і мезофауни та кореневі системи рослин) та населяють ґрунт.



Рис. 4.1-4.2. Механічні елементи твердої фази ґрунту.

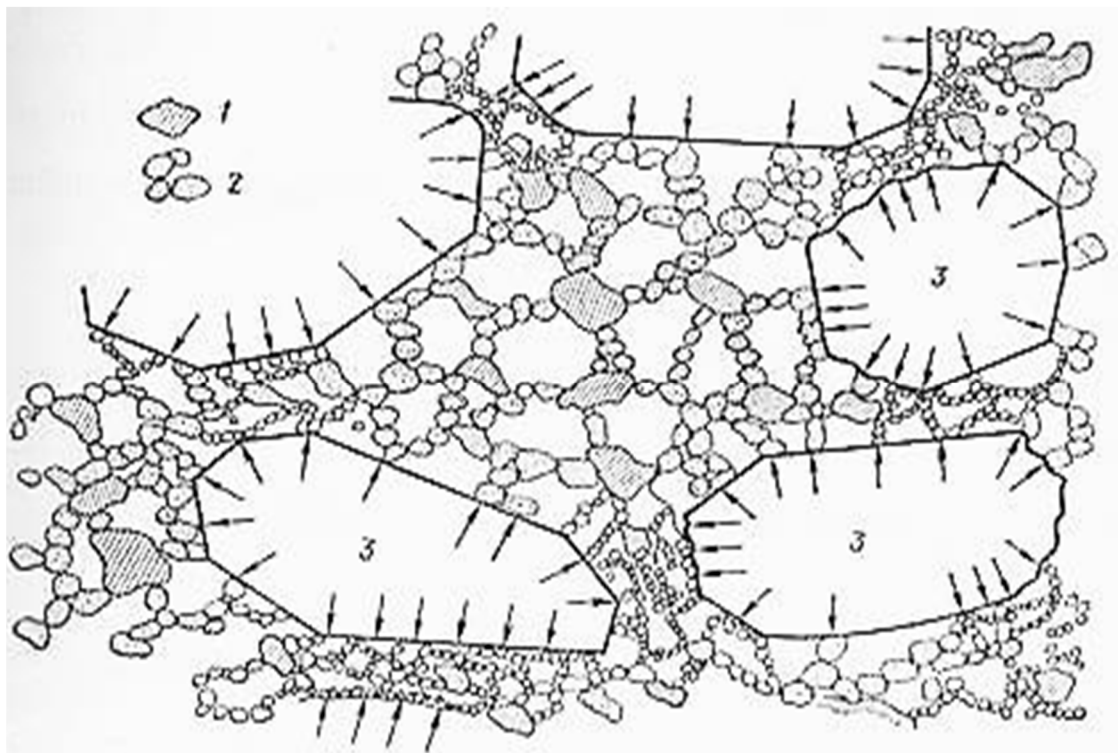


Рис. 4.3. Просторова структура глини: 1 – частинки глини; 2 – ущільнені колоїди; 3 – зерна піску.

Природний ґрунт існує і функціонує в єдності своїх фаз як єдине фізичне тіло. Під впливом вивітрювання гірська порода, яка виходить на «денну» поверхню втрачає свою суцільність, змінює механічний склад, набуває органічної речовини і з часом, завдяки процесам ґрунтоутворення, перетворюється на ґрунт. Основоположником науки ґрунтознавство є видатний російський вчений Василь Васильович Докучаєв, який вперше визначив, що ґрунтом називаються денні горизонти гірських порід видозмінені впливом факторів живих (рослинні та тваринні організми) або мертвих (клімат та рельєф). Саме під впливом процесів ґрунтоутворення ґрунт набуває нових ознак і властивостей.

Зовнішні (видимі) ознаки ґрунту, що визначаються за допомогою дотику і зору називаються **морфологічними**. Ці ознаки відображають характер міграції і перетворення органічних і мінеральних речовин під впливом біологічних і фізико-хімічних процесів, що становлять у сукупності процес ґрунтоутворення. У ґрунтах, при формуванні яких, процеси ґрунтоутворення протікають однаково, буде подібним і їх зовнішній вигляд, а саме, їх морфологічні ознаки.

**До основних морфологічних ознак належать:** будова і глибина ґрунтового профілю та генетичних горизонтів, колір або забарвлення, механічний (гранулометричний) склад, структура, зложення, новоутворення і включення. Вони досліджуються в польових умовах і за даними ознаками попередньо визначають (класифікують) ґрунт, що потім підтверджується і доповнюється результатами лабораторних досліджень.

Вивчення морфології ґрунту допомагає встановити особливості генезису (утворення) ґрунту та напрямок його розвитку, виявленню основних виробничих показників ґрунту. Тому при опису кожної морфологічної ознаки необхідно знати, які внутрішні властивості ґрунту взаємопов'язані між собою, що дає можливість виявлення основних його властивостей, особливостей і характеристик.

## 4.2. Характеристика морфологічних ознак ґрунту

З точки зору морфологічної будови ґрунту його основним морфологічним елементом є генетичний горизонт і його складові.

Як уже вказувалось раніше *до морфологічних ознак відносять:*

- забарвлення (колір) ґрунту;
- структуру;
- складення (зложення);
- гранулометричний склад (детальний опис ознаки у розділі 5 посібника);
- новоутворення;
- включення;
- вологість;
- характер переходу з одного горизонту в інший;
- потужність горизонтів і характер ґрунтового профілю.

Самі морфологічні ознаки ґрунту мають певну часову детермінацію, що визначає їх як тимчасові та постійні діагностичні критерії при характеристиці ґрунтового покриву та його класифікації.

Вивчаючи будь-який ґрунт в розрізі, можна переконатися, що він неоднорідний і складається з відмінних між собою шарів. Це пояснюється проходженням різних за напрямком і швидкістю взаємопов'язаних процесів які діючи протягом тривалого часу обумовлюють розчленування однорідної до цього гірської породи на горизонти, що відрізняються морфологічними ознаками і властивостями. Шари ґрунтів з більш-менш однаковими морфологічними ознаками називаються **генетичними горизонтами** (рис. 4.4). Сукупність ґрунтових горизонтів, об'єднаних єдиним процесом ґрунтоутворення, називається ґрунтовим профілем (вертикальним розрізом від поверхні до ґрунтоутворюючої породи).

**Розрізняють такі аспекти аналізу морфологічної будови ґрунту:**

**Будова ґрунту** – це специфічне для кожного ґрунтового типу сполучення (характер і послідовність) генетичних горизонтів, внутрішньогоризонтних і позагоризонтних утворень, що складає ґрунтовий профіль, і служить основною діагностичною характеристикою ґрунтового типу.

**Складення ґрунту** – фізичний стан ґрунтового матеріалу в профілі ґрунту в цілому або його окремому горизонті, який обумовлено взаємним розташуванням і співвідношенням в просторі твердих часток і пов'язаних з ними пор (щільність, пористість).

**За характером порожнин, ґрунт може мати** (рис. 4.5):

*Пористе складення* – ґрунтова маса пронизана тонкими круглими отворами діаметром 1-2 мм;

*Губчате складення* – ґрунтова маса пронизана великими, переважно округлими отворами діаметром до 5 мм;

*Ячесте складення* – ґрунтова маса пронизана звивистими порожнечами шириною 10 мм і більше;

*Тріщинувате складення* – ґрунтова маса розсічена тріщинами.

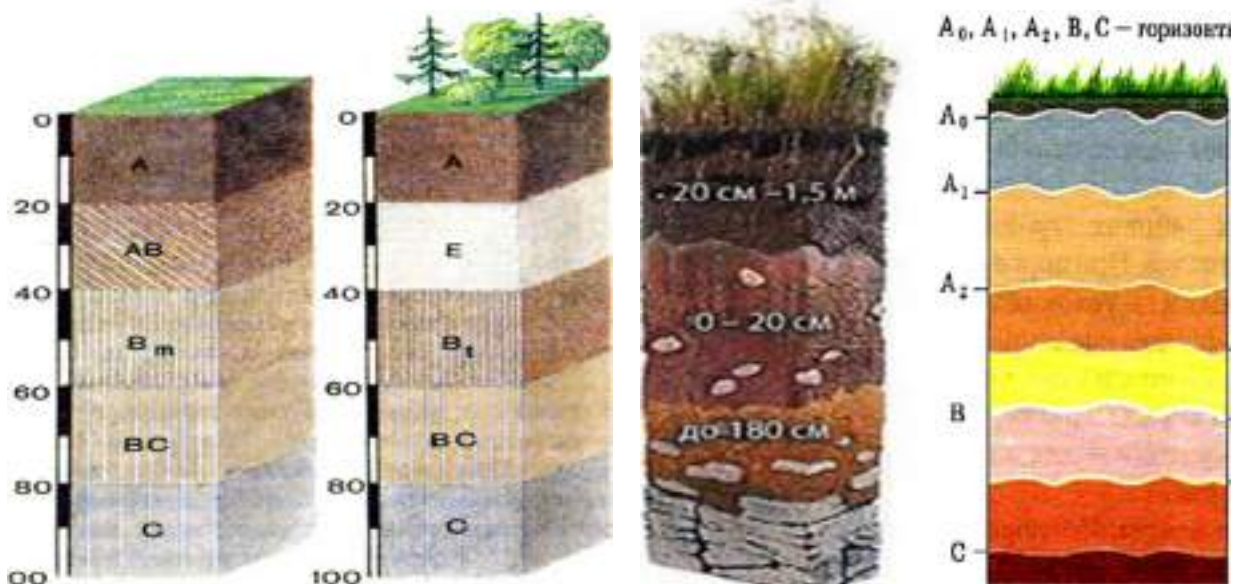


Рис. 4.4. Загальний вигляд форм відображення ґрунтових горизонтів.

**За ступенем ущільнення виділяють:**

**Пухкий ґрунт** – ґрунтова маса вільно розпадається на окремі гранулометричні елементи (пилуваті, піщані).

**Розсипчастий ґрунт** – ґрунтова маса розпадається на структурні агрегати (зерна, горіхи, грудки), утворені з окремих зцементованих гранулометричних елементів.

**Щільний ґрунт** – лезо ножа входить в стінку розрізу майже повністю з невеликим зусиллям (рис. 4.6).

**Злитий ґрунт** – ґрунтова маса не піддається дії ножа. Для препарування злитого ґрунту доводиться вдаватися до допомоги стамески, долота або кирки.



Рис. 4.5. Характер складення ґрунту у системі 3D сканування для різних горизонтів профілю ґрунту (пори і тріщини мають білий колір).

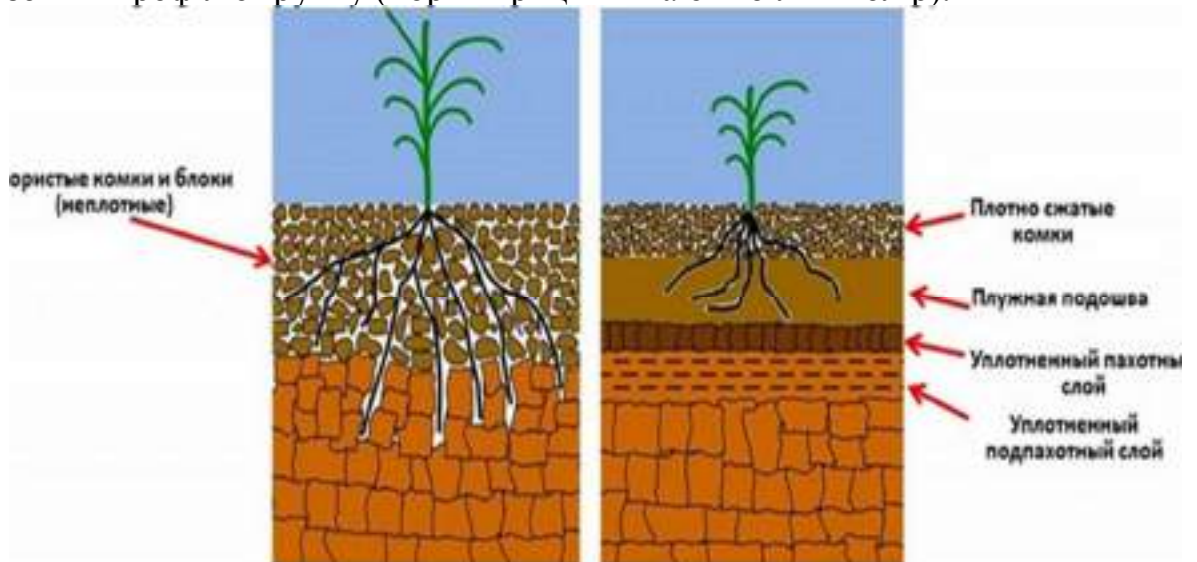


Рис. 4.6. Загальна схема розсипчастого (зліва) та щільного ґрунту (мовою оригіналу).

**Структура ґрунту** – взаємне розташування в ґрунтовому тілі структурних окремоностей (ґрунтових агрегатів) певної форми і розмірів (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Характер загального вигляду структурного ґрунту.

**Новоутворення в ґрунті** (табл. 4.1) – морфологічно оформлені окремі і скупчення речовини, що відрізняються від основного ґрунтового матеріалу складом і складенням та є результатом того чи іншого ґрунтоутвірного процесу. Вони формуються всередині ґрунтових агрегатів, на їх поверхні та між ними в порах і тріщинах ґрунту. Новоутворення класифікують за складом, формою і походженням. За походженням бувають хімічні і біологічні. За формою В.А. Ковда виділяє: присипки, нальоти, вицвіти, псевдоміцелій, плями, прожилки, трубочки, конкреції, стяжіння, пластини, горизонти цементації. За хімічним складом новоутворення дуже різноманітні.

*Хімічні новоутворення за формою розділяють на такі групи:*

- присипки – окремі речовини, які покривають структурні агрегати чи поверхню ґрунту тонкою плівкою;
- примазки – агрегати та поверхня ґрунту покрита товстим шаром речовин;
- прожилки та трубочки – речовина заповнює капіляри, тріщини та ходи землерийних тварин;

Таблиця 4.1

Класифікація новоутворень в ґрунті (за С.О. Захаровим)

Хімічний склад Форма	Нальоти і вицвіти	Примазки, потьоки і кірочки	Прожилки, трубочки і т.д.	Конкреції або стяжіння	Прошарки
Легкорозчинні солі: солоні NaCl, CaCl <sub>2</sub> і MgCl <sub>2</sub> , гіркі – Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Світлі і білясті нальоти і вицвіти легкорозчинних солей	Світлі примазки легкорозчинних солей, тонкі кірочки Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Білі прожилочки легкорозчинних солей і псевдоміцелій глауберової солі	Білі цяточки легкорозчинних солей	
Гіпс – CaSO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O	Світлі нальоти і вицвіти гіпсу, «гіпсовий рушник»	Білі примазки кірочки і «борідки» гіпсу	Білі прожилки кристалічного гіпсу і псевдоміцелій	«Земляні серця» і «ластівчині хвости» – двійники гіпсу	Прошарки «гажі»
Вуглекисле вапно – CaCO <sub>3</sub>	Нальоти («сивинка») і вицвіти вапна	Світлі примазки, плями, кірочки і	Псевдоміцелій і прожилки кристалічного	Вапнисті білозірки, журавчики,	Прошарки лугового вапна і

	«цвіль»), а також «дендрити» люблініту і т.п.	борідки вапна	або борошнистого вапна	дутики, брязкальця, жовна	гардпен
Полуторні окисли – $Al_2O_3$ і $Fe_2O_3$ ; мангану і фосфорної кислоти $MnO_2$ ; $P_2O_5$	Вохристі плівки і вицвіти	Іржаві вохристі плями, примазки, потьоки, язики, розводи, дендрити і чорні плями $MnO_2$	Іржавий псевдоміцелій, бурі трубочки, бурі іржаві прожилки	Темно-бурі рядкові зерна, боровинки і «зірки»	«Залізняк», «рудяк», орштейн і прошарки бобової руди гориз. І кос. Ортзанди
Сполуки закису заліза – $FeO$	Сизуваті плівки	Голубуваті плями, язики і розводи		Білі, що синіють на повітрі скупчення $FeO$	
Кременева кислота – $SiO_2$	Кремениста сива «присипка»	Білі і білясті плями і язики	Білясті прожилки		
Перегнійні речовини		Бурі глянувваті плями, темно-бурі натіки, язики і тонкі кірочки	Буро-чорна інкрустація на поверхні структурних окремоностей	Бурі рудякові зерна	Перегнійні рештки ортзанду

– конкреції – накопичення речовин у пустотах більш-менш округлої форми;

– прошарки – накопичення речовин у вигляді тонких шарів.

**За хімічним складом хімічні новоутворення поділяють на такі групи:**

1) виділення і нагромадження легкорозчинних солей – хлориду натрію, кальцію, сульфату натрію та магнію. Дуже часто зустрічаються в засолених ґрунтах і породах (рис 4.8);



Рис. 4.8. Новоутворення легкорозчинних солей ( $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$ ,  $Na_2SO_4 \cdot 10 H_2O$ ) білого кольору у формі кірки, вицвітів або крупинок та прожилок в профілі засолених ґрунтів.



2) виділення гіпсу – характерне для галогенних та каштанових ґрунтів, виступає у вигляді прожилок, маленьких друз, окремих вкраплень (рис. 4.9);

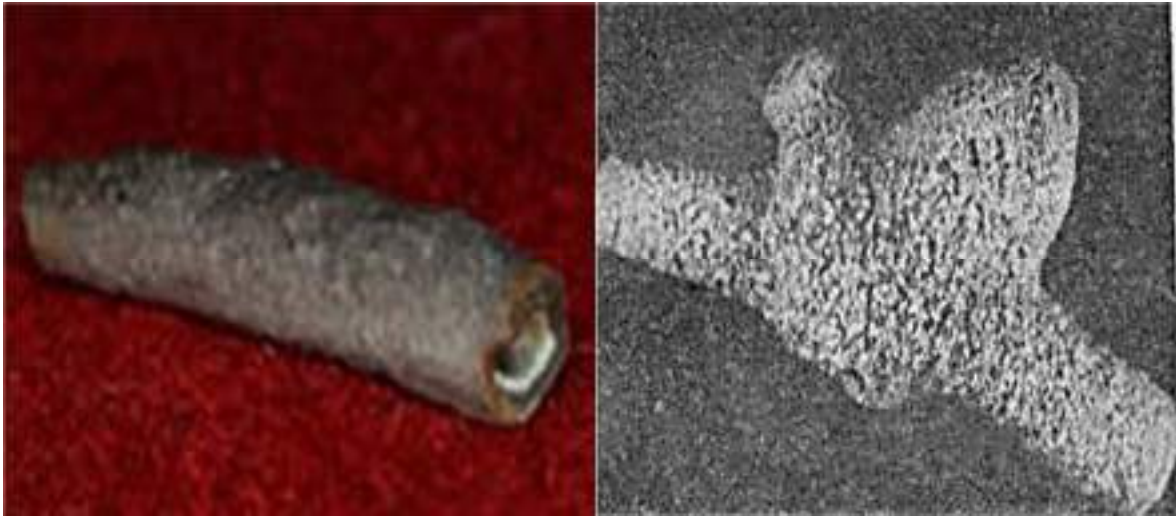


Рис. 4.9. Виділення гіпсу ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) білого або жовтуватого кольору у формі прожилок і трубок, друз, кристалів у порах засолених, каштанових та бурих ґрунтів.

3) виділення карбонатів кальцію та магнію – виступають у вигляді присипки на структурних елементах («плісня»), у вигляді гіфів грибів («псевдоміцелію»), нальоти на агрегатах у вигляді борідки, округлих окремих елементів діаметром до 1,5 см («білозірка» та «журавчики»); характерні для чорноземних областей (рис. 4.10);

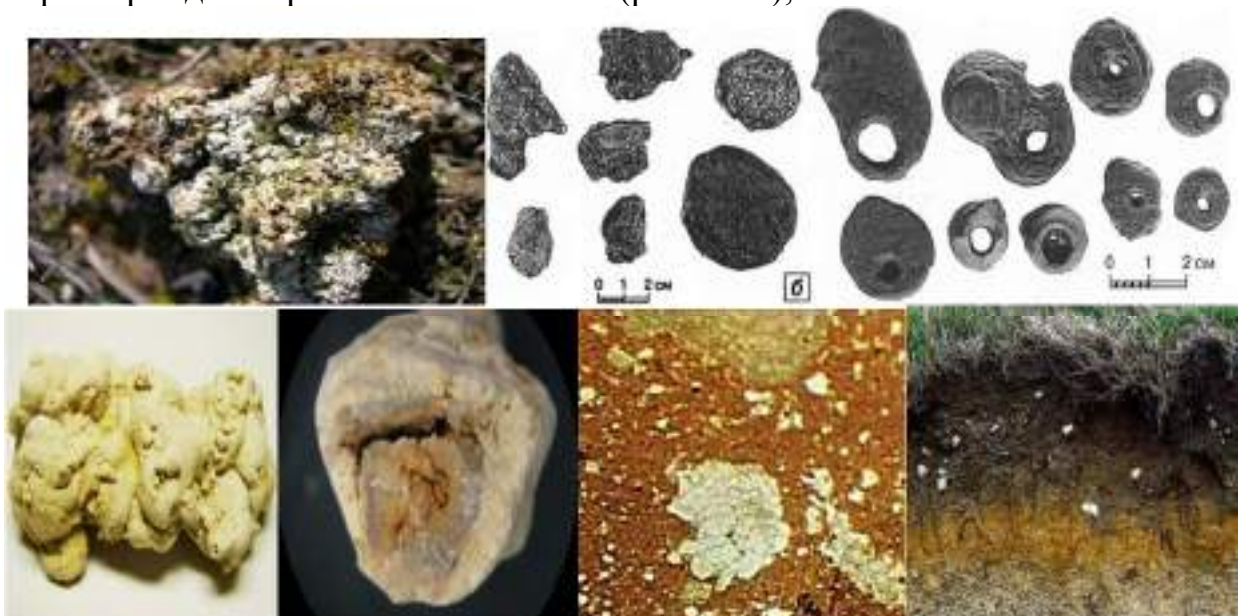


Рис. 4.10. Новоутворення карбонатів ( $\text{CaCO}_3$ ) білого кольору у формі плям і вицвітів, плісняви, білозірки, прошарків в чорноземах, каштанових, бурих та засолених ґрунтах.

4) виділення сполук заліза, алюмінію та фосфорної кислоти – основну масу цих виділень становить гідроокис заліза. Виступає у формі ортштейнових зерен – тверді виділення чорно-бурого кольору (рис. 4.11);

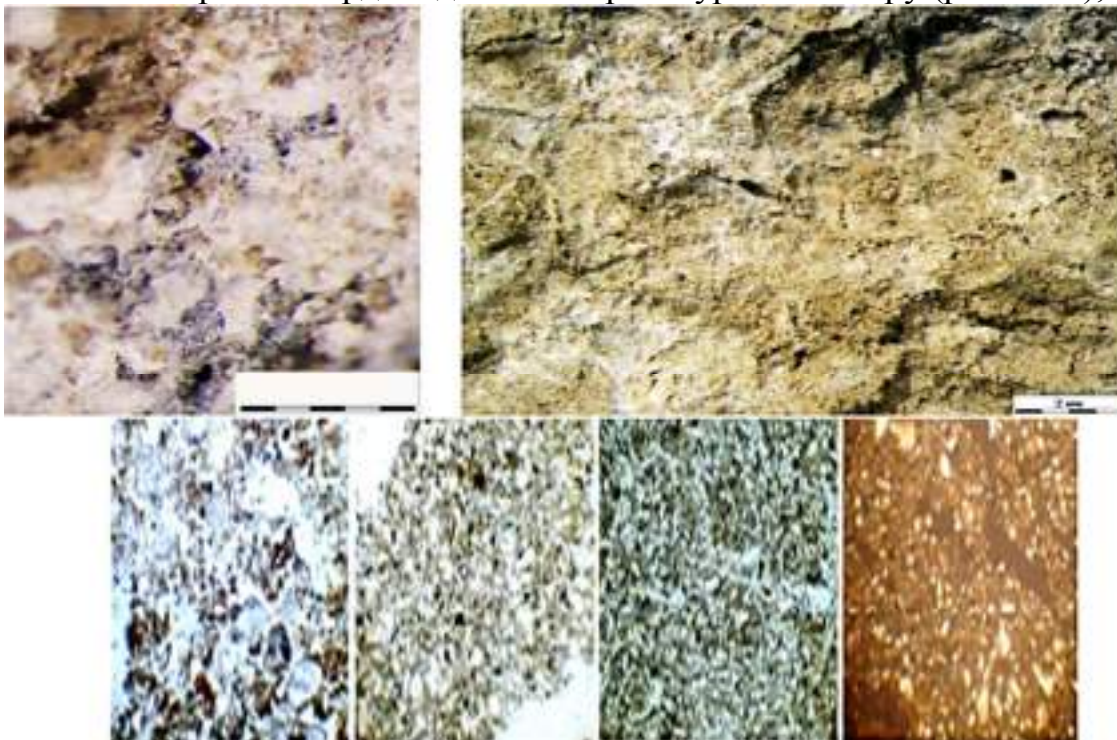


Рис. 4.11. Присипки карбонатів у ґрунтовому профілі.

5) виділення закису заліза – плями сизого, зеленуватого чи блакитного кольорів (рис 4.12-4.13);

6) виділення кремнезему – виступає у вигляді білого нальоту («присипка»), білуватих плям, язиків, прожилок (рис. 4.14-4.15);

7) виділення і нагромадження органічних речовин – гумусові натіки, плями, язики в нижчих генетичних горизонтах на значній глибині.



Рис. 4.12. Новоутворення гідроксидів заліза та оксидів мангану ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ) іржаво-бурого, вохристого та чорного кольорів у формі плям, твердих конкрецій (бобовин, ортштейнів) в піщаних ґрунтах, у формі прошарків (ортзандрів) в підзолистих, дерново-підзолистих і болотних ґрунтах.



Рис. 4.13. Новоутворення закисних форм заліза ( $\text{FeO}$ ) голубуватого, сизуватого або зеленкуватого кольору у формі плям і вицвітів у профілі болотних та заболочених ґрунтів.

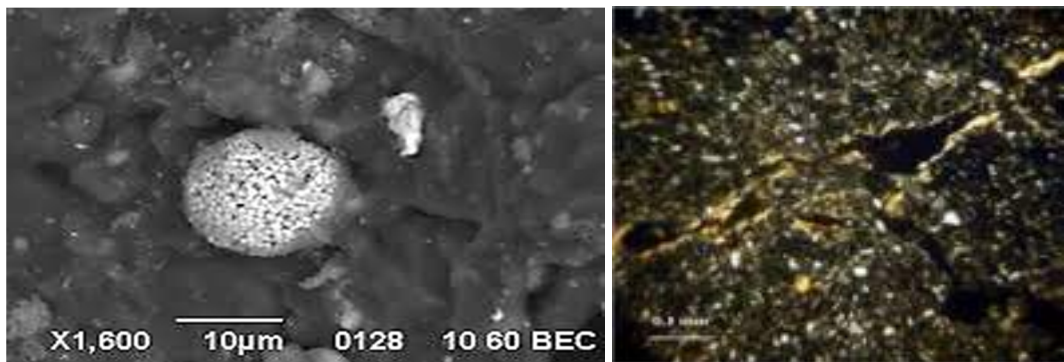


Рис. 4.14. Новоутворення кремнезему.

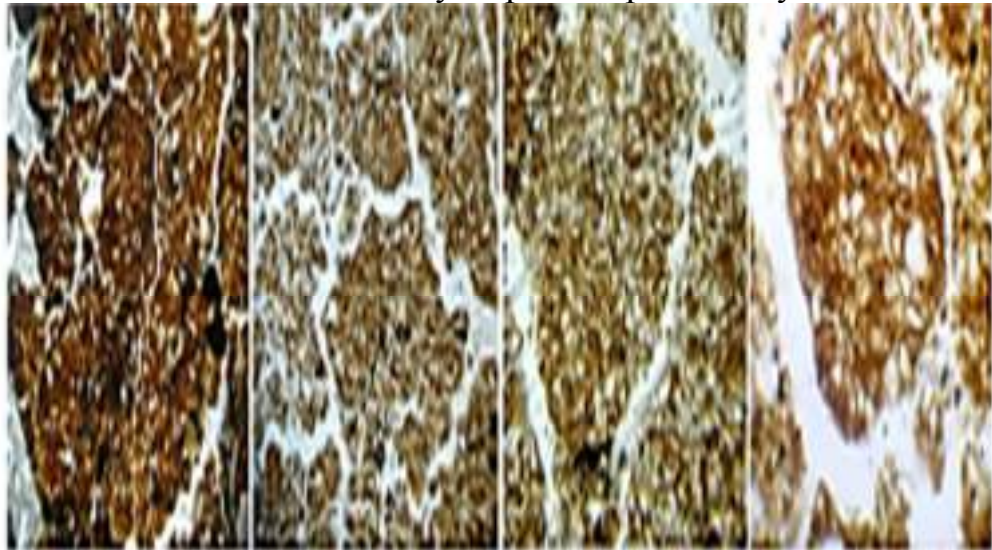


Рис. 4.15. Новоутворення кремнезему ( $\text{SiO}_2$ ) білуватого кольору.

**Новоутворення заліза і мангану** (рис 4.16-4.17). Характерні для ґрунтів тайгово-лісової зони. В їх утворенні беруть участь живі організми (вищі рослини і мікроорганізми) та фульвокислоти. В зв'язку з цим в ґрунтах поширені гумусно-залізисті та гумусно-манганові новоутворення. Типовими формами залізистих є ортштейни (округлі стяжіння), конкреції, трубчасті стяжіння, прожилки, плями. За формою розрізняють: а) натіки, плівки і

вицвіти бурого й темно-бурого забарвлення, які утворюються на поверхні структурних агрегатів або на стінках шпарин; б) примазки, плями, натіки різного забарвлення й відтінку (вохристі, брудно-бурі, чорні тощо), псевдофібри (тонкі (до 1 см) скупчення Fe – в товщі пісків), ортзанди (скупчення Fe у вигляді прошарків 1-3 см), ортштейни (дуже щільні залізисті плити, які утворюються при дуже сильному контрасті окисно-відновних процесів) у піщаних ґрунтах і породах («тигрові» піски); г) залізисті трубочки – накопичення сполук заліза по ходах коренів; д) конкреції й бобовини – накопичення сполучень заліза і мангану кулястої форми величиною від дрібного зерна до волоського горіха; е) залізо-манганові пунктації – розкидані темно-бурі або чорні цяточки на стінках розрізу.

*Закисні сполуки заліза* утворюються в умовах надмірного зволоження ґрунтів, мають вигляд сизуватих або сизувато-сірих плівок і плям, сизуватих кірочок на поверхні структурних агрегатів і на стінках шпарин, а також вигляд блакитно-зелених вицвітів вівіаніту. Сульфіди заліза надають оглеєному ґрунту чорного забарвлення.

*Манганові*, мають вигляд чорних плям або дрібних конкрецій. Вони трапляються в гідроморфних ґрунтах інших зон. Новоутворення кремнезему зустрічається в ґрунтах як аридних, так і гумідних ландшафтів. Вони є в тундрових, підзолистих, сірих лісових ґрунтах і опідзолених чорноземах у вигляді білястої дрібнокристалічної або аморфної присипки.



Рис. 4.16. Види новоутворень гідроморфних ґрунтів: 1. Темно-сірі дрібні манганово-залізисті ортштейни; 2. – бурі дрібні залізисті ортштейни; 3. – бурі грубі залізисті ортштейни; 4. – бурі грубі трубчаті конкреції (роренштейни); 5. – дернова руда; 6. – чорні смужки гумус-алюмінієві конкреції; 7. – чорні круглі манганово-залізисті конкреції; 8. – ортзанд; 9. – рудяк.

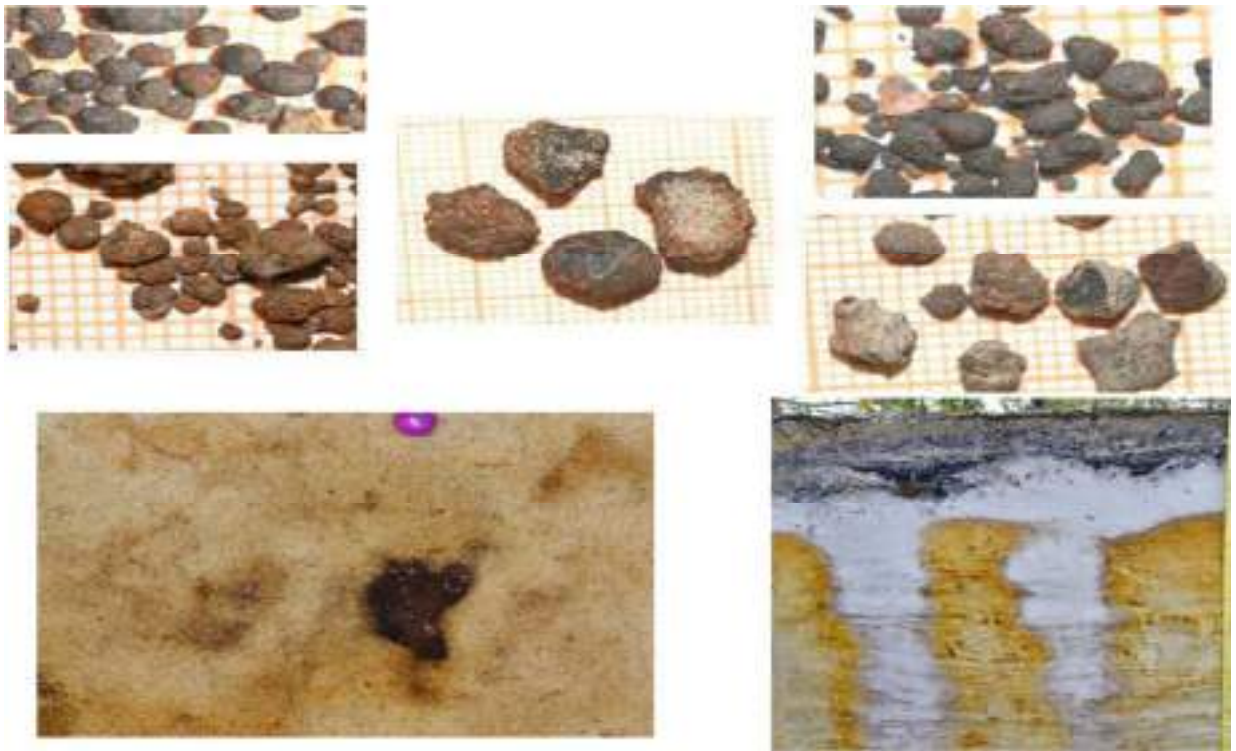


Рис. 4.17. Залізисто-манганові утворення (верхня позиція) та прожилки і язики (нижня позиція) у профілі ґрунту.

**Накопичення кремнезему** (рис 4.18) спостерігаються в елювіальних горизонтах у вигляді білястої борошністої присипки, прожилок і накопичень кулястої форми в порах, а також у вигляді натіків, язиків та кишень у верхній частині ілювіального горизонту, що надходять туди з елювіального горизонту.



Рис. 4.18. Новоутворення підзолистих ґрунтів у вигляді кремнезему.

**Карбонатні новоутворення** – найпоширеніші новоутворення в ґрунтах різних природних зон (рис 4.19). Особливо їх багато в ґрунтах, сформованих на лесах та лесовидних породах. В чорноземах України вони трапляються в

різноманітних формах: білозірка (пухкі скопичення), журавчики, дутики, погремки (тверді стяжіння), псевдоміцелій тощо. В основному вони характерні для ґрунтів лісостепу, степу, сухих саван, напівпустель і пустель. З наявністю карбонатів у ґрунтовому профілі тісно пов'язаний процес його закипання від 10% НСІ.



Рис. 4.19. Види новоутворень вапнякового характеру: 10. – Коричневато-сірі вапняково-глинисті кільцеподібні конкреції; 11. – Світло-сірі вапняково-глинисті спайно-кільцеподібні конкреції; 12 – Журавчики – білясті вапнякові грубі овальні конкреції; 13. – Білясті вапнякові грубі незграбні раковисті конкреції; 14. – Туф.

Наявність карбонатів у ґрунті виявляють за рахунок процесу *закипання*, що свідчить про наявність в ґрунті карбонатів (солей вуглекислого кальцію), які руйнуються при взаємодії з 10% соляною кислотою за реакцією:  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$  Вуглекислий газ виділяється з ґрунту у вигляді бульбашок з характерним шипінням, а при незначній кількості – з потріскуванням. Карбонати можуть утримуватись в ґрунті у вигляді дуже мілких кристалів, рівномірно розміщених у масі твердих часточок. Для визначення скипання беруть щіпку ґрунту на скло або у фарфорову чашку, змочують декількома краплями води і обробляють декількома краплями 10% розчину НСІ. Завчасне зволоження ґрунту необхідне для витіснення з нього повітря, яке, виділяючись з потріскуванням, може імітувати незначну кількість карбонату.

*Гіпсові новоутворення* – характерні для ґрунтів посушливих і пустельних територій (рис 4.20). Специфічними формами їх є грубі кристалічні утворення у вигляді поодиноких кристалів, двійників, «ластівчиного хвоста», «гіпсових роз», друз тощо. Вони накопичуються в нижніх горизонтах сухостепових ґрунтів (південні чорноземи, солончаки, солонці). Основною умовою акумуляції гіпсу в ґрунтах є інтенсивне

випаровування ґрунтових вод. Отже, конкретні новоутворення приурочені до певних типів ґрунтів. Вони є індикаторами певних типів ґрунтоутворення.

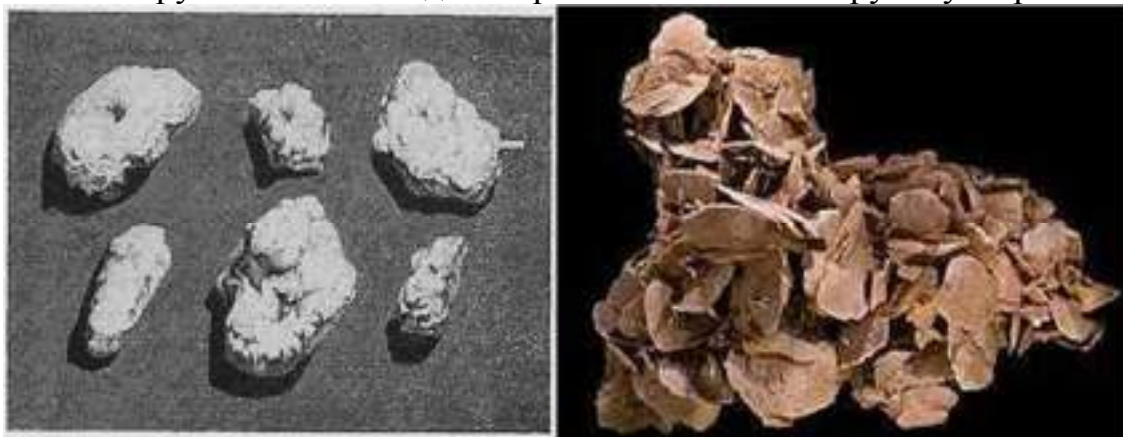


Рис. 4.20. Гіпсові новоутворення.



Рис. 4.21. Різні варіанти новоутворень у ґрунтах (мовою оригіналу).

**Новоутвореннями органічного походження варто вважати** (рис 4.22):

- **копроліти** – утворення у вигляді невеликих клубків (екскременти черв'яків). Представляють собою шматки землі, що пройшли через травний апарат черв'яків і просочені їх виділеннями;
- **червоточини** – звивисті ходи-каналці черв'яків;
- **кратовини** – пусті або заповнені ходи та камери землерийних тварин – сурків, кротів, щурів, мишей;
- **корневини** – пустоти від перегнаних деревних коренів;
- **дендрити** – відбитки дрібних корінців на поверхні структурних елементів.

**Включення в ґрунті** – випадкові органічні або мінеральні тіла, генетично не пов'язані з ґрунтовими процесами (рис. 4.23). До включень В.А. Ковда (1973) відносить уламки гірських порід, панцирі молюсків, рештки коренів і стовбурів дерев, кістки тварин, сліди минулих культур (антропогенні включення). Включення дають змогу розшифрувати генезис ґрунтоутворюючих порід і тих умов, в яких починалося і відбувалося ґрунтоутворення. Наприклад, черепашки прісноводних молюсків, які зустрічаються в ґрунтах Нижнього Поволжя, свідчать про те, що тут в

минулому існували прісні озера і болота. Наявність валунів вказує на льодовикове походження ґрунтоутворюючої породи.

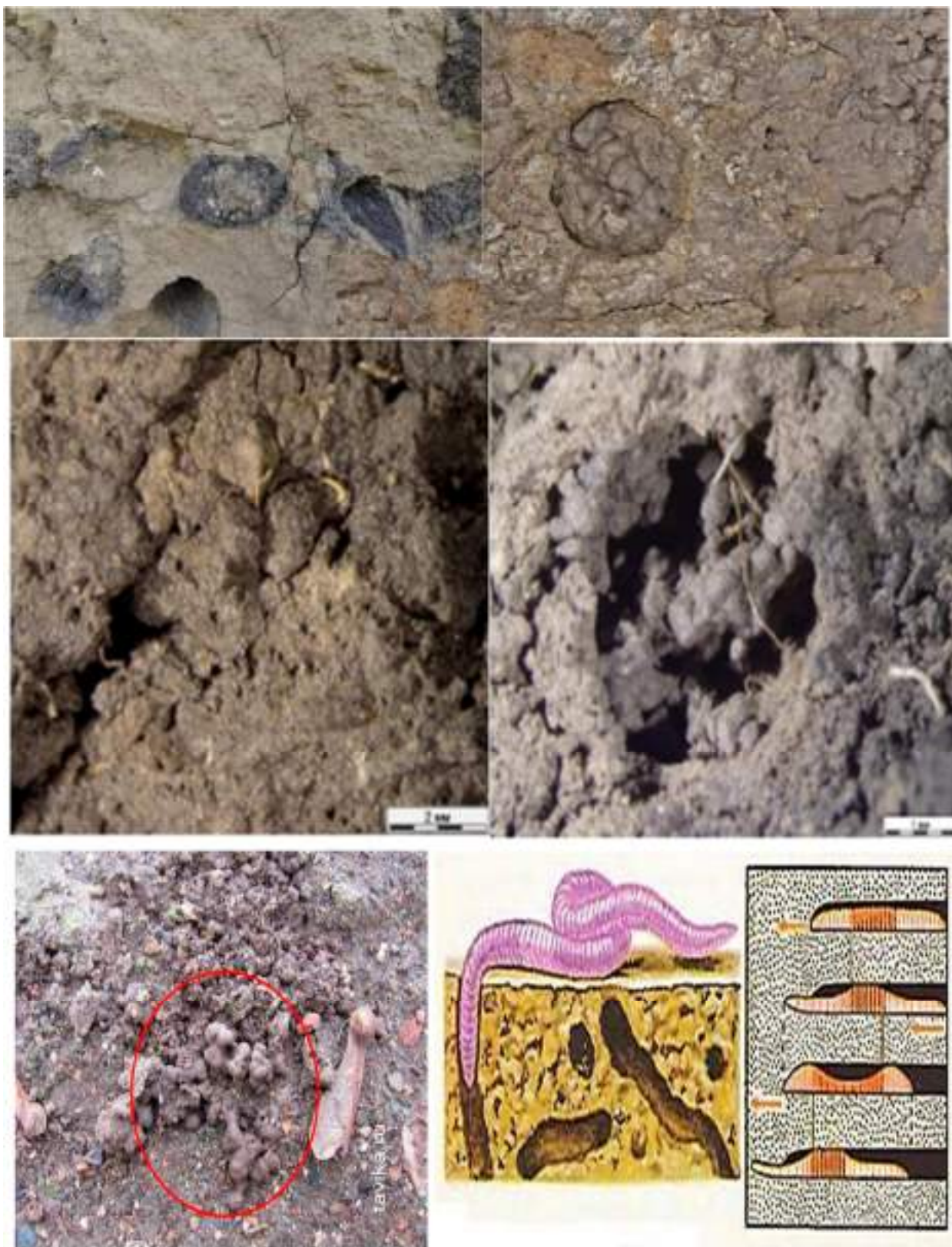


Рис. 4.22. Копроліти на поверхні ґрунту та механізм їх формування.





Рис. 4.23. Включення в ґрунті.

### 4.3. Структурні рівні організації ґрунту. Профіль ґрунту та закономірності його будови

Розглядаючи ґрунт з позицій більш широкого системного підходу було з'ясовано, що ґрунт має широкий ряд ієрархічних рівнів структурної організації, що вимагає специфічних методів і підходів дослідження.

**Ґрунтовий покрив (педосфера)** – як сукупність ґрунтів, вкриваючих Землю – формується окремими елементарними ґрунтовими ареалами, кожен з яких включає ряд однакових ґрунтових індивідуумів.

**Елементарний ґрунтовий ареал** (поліпедон – за термінологією ґрунтової школи США) – це одиниця ґрунтового покриття, що відноситься до однієї класифікаційної одиниці найбільш низького таксономічного рангу, і займає простір, з усіх боків обмежений іншими елементарними ґрунтовими ареалами або не ґрунтовими тілами. На відміну від ґрунтових індивідуумів, елементарний ґрунтовий ареал характеризується формою і природними межами (рис 4.24).



Рис 4.24. Карта-схема агрогрунтового районування України (укладено на основі ґрунтової карти-схеми масштабу 1:200000) (ґрунтово-ареальний принцип).

<b>П</b> – зона мішаних лісів дерново-підзолистих типових і оглеєних ґрунтів Українського Полісся		П1 – західна провінція	
		П2 – центральна правобережна провінція	
		П3 – лівобережна висока провінція	
		П4 – лівобережна низинна провінція	
<b>ЛС</b> – лісостепова зона чорноземів типових і сірих опідзолених ґрунтів		ЛС1 – західна провінція	
		ЛС2 – правобережна центральна висока провінція	ЛС2_1 – північна підпровінція
			ЛС2_2 – південна підпровінція
		ЛС3 – лівобережна низинна провінція	ЛС3_1 – північна підпровінція
			ЛС3_2 – південна підпровінція
		ЛС4 – лівобережна висока провінція	ЛС4_1 – північно-західна підпровінція
			ЛС4_2 – західна підпровінція
		<b>С</b> – степова зона чорноземів звичайних та південних	<b>СА</b> – підзона чорноземів звичайних північного Степу
СА2 – Дністровсько-Дніпровська провінція			
СА3 – Дніпровсько-Донецька провінція			
СА4 – Донецька провінція			
СА5 – Заднецька провінція			
<b>СБ</b> – підзона південно-степових чорноземів південних	СБ1 – Придунайська провінція		
	СБ2 – Азово-Причорноморська провінція		
	СБ3 – Кримська провінція		
	СБ4 – Керченська провінція		
<b>СС</b> – Сухостепова зона темно-каштанових та каштанових ґрунтів		СС1 – Причорноморська провінція	
СС2 – Північно-Кримська провінція			
<b>К</b> – зона буроземних ґрунтів Українських Карпат		<b>КЗН</b> – провінція лучно-буроземних оглеєних ґрунтів Закарпатської низовини	
<b>КП</b> – зона бурувато-підзолистих оглеєних ґрунтів передгір'я Карпат до 300–500 м а. в.			
<b>КПЗ</b> – зона буроземів опідзолених оглеєних Закарпатського передгір'я до 125–400 м а. в.			
<b>КПЛ</b> – зона гірсько-лучних буроземів полонин Карпат з 1200–1500 м а. в.			
<b>КГ</b> – зона гірсько-лісових буроземів Карпат до 500–1500 м а. в.			
<b>Кр</b> – ґрунтові зони Гірського Криму			
<b>КрС</b> – зона чорноземів передгірного Степу			
<b>КрЛС</b> – зона ґрунтів передгірного Лісостепу			
<b>КрЯ</b> – зона гірсько-лучних ґрунтів яйл			
<b>КрП</b> – зона коричневих ґрунтів південного схилу головного гірського хребта			

До рис. 4.24. Пояснення до карти-схеми агрогрунтового районування території України.

**Грунтовий індивідуум** (педон – за термінологією ґрунтової школи США) – мінімальний об’єм ґрунту, горизонтальні розміри якого достатньо великі, щоб мати повний спектр варіабельності генетичних горизонтів, що відповідає діагностичним ознакам даної ґрунтової відміни. На різних ґрунтах розміри ґрунтового індивідууму коливаються в межах від часток квадратного метра до десятків.

За Розановим Б.Г. прийнято виділяти *шість рівнів морфологічної організації ґрунту*:

I рівень – атомарний.

II рівень – кристало-молекулярний.

III – рівень елементарних ґрунтових часток (механічних елементів).

IV рівень – агрегатний стан ґрунтів.

V – рівень ґрунтових горизонтів.

VI рівень – ґрунтовий профіль або ґрунтовий індивідуум.

Основною ознакою ґрунтового індивідууму і ґрунту є **профіль ґрунту**, його характерний вигляд, будова, властивості. Відмінності в ґрунтовому профілі – це відмінності між різними ґрунтами, як складовими ґрунтового покриву планети.

За Б. Г. Розановим виділяють 10 типів будови ґрунтового профілю у залежності від співвідношення різних генетичних горизонтів: (рис. 4.25)

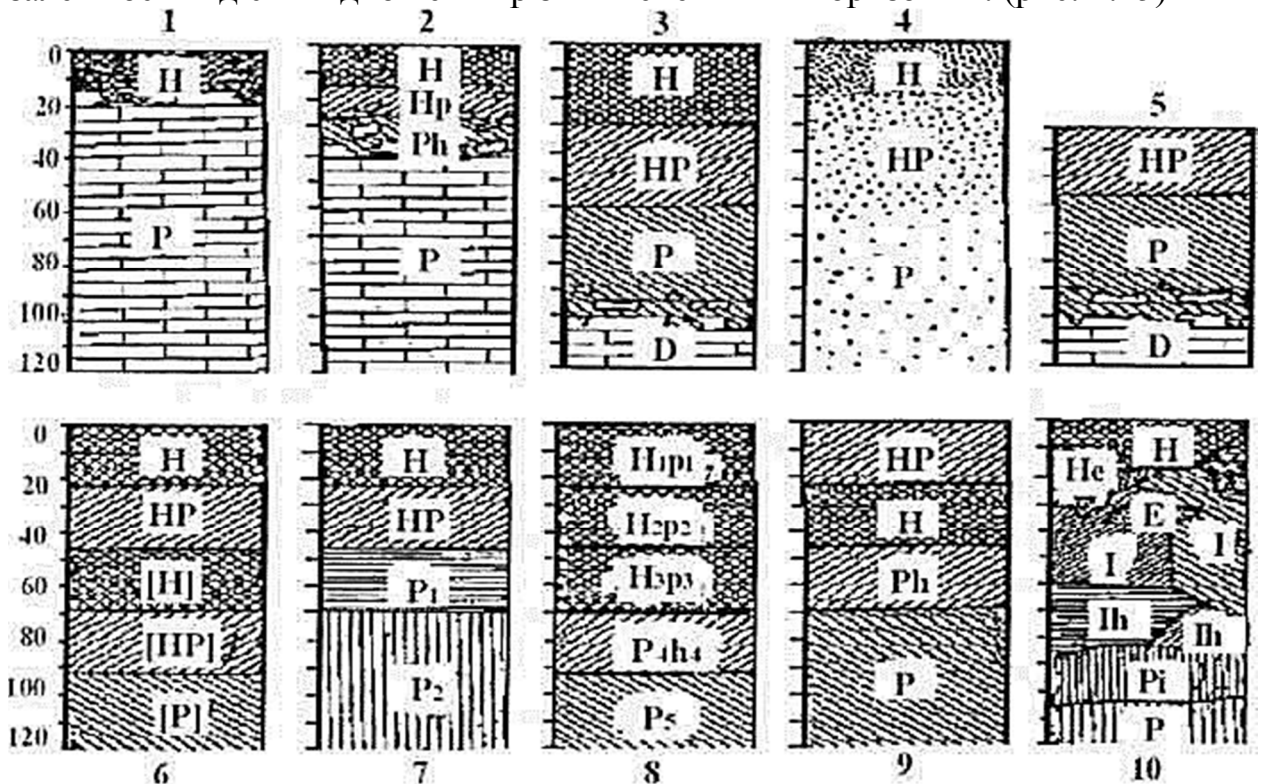


Рис 4.25. Типи будови ґрунтових профілів: *Прості профілі*: 1 – примітивний; 2 – неповнорозвинутий; 3 – нормальний; 4 – слабодиференційований; 5 – порушений (еродований); *Складні профілі*: 6 – реліктовий; 7 – багаточленний; 8 – поліциклічний; 9 – порушений (перевернутий); 10 – мозаїчний.

**Примітивний профіль** формується малопотужним гумусо-акумулятивним горизонтом (Н) або перехідним до материнської породи (НР), що залягають безпосередньо на ґрунотворній породі (рис. 4.25-1).

**Неповнорозвинений** має повний набір генетичних горизонтів, що характерний для даного типу ґрунту, але з малою їх потужністю (профіль укорочений) (рис. 4.25-2).

**Нормальний** має повний набір генетичних горизонтів, що характерний для даного типу ґрунту, з типовою для не еродованих плакорних ґрунтів потужністю генетичних горизонтів (рис. 4.25-3).

**Слабодиференційований** – дуже розтягнутий монотонний профіль, в якому генетичні горизонти поступово змінюють один одного без чітко помітних переходів (рис. 4.25-4).

**Порушений (еродований)** – профіль, в якому частина верхніх горизонтів знищена ерозією (рис. 4.25-5).

**Складної будови ґрунтовий профіль** може бути: реліктовим, багаточленним, поліциклічним, порушеним (переверненим) і мозаїчним.

**Реліктовий профіль** характеризується наявністю похованих горизонтів або похованих профілів палеоґрунтів. З іншого боку, в такому профілі можуть бути не поховані, а реліктові горизонти – результат стародавнього ґрунтоутворення, що на даний час іде по іншому типу (рис. 4.25-6).

**Багаточленний профіль** формується у випадках літологічних змін у межах ґрунтової товщі (двочленні материнські породи) (рис. 4.25-7).

**Поліциклічний профіль** утворюється в умовах періодичного перевідкладання ґрунотворного матеріалу (річковий алювій, вулканічний попіл, еолові наноси) (рис. 4.25-8).

**Порушений (перевернений) профіль** формується при вивертанні нижніх горизонтів на поверхню. Розрізняють штучний (діяльність людини) та природний (при буревіях) порушений профіль (рис. 4.25-9).

**Мозаїчний профіль** – профіль, в якому генетичні горизонти утворюють не послідовну за глибиною серію горизонтальних шарів, а непередбачувану строкату мозаїку, плямистість (рис. 4.25-10).

Виділені 10 типів будови ґрунтового профілю характеризують співвідношення різних генетичних горизонтів в профілі. Однак цим не вичерпується різноманітність ґрунтових профілів як типів вертикальної анізотропності ґрунту. Їх можна класифікувати і в іншому плані – за характером розподілу речовин, що відображається певним чином і в його морфологічних ознаках. Виділено 12 типів розподілу речовин (гумусу, мулистих частинок, карбонатів, гіпсу, водно-розчинних солей, полуторних окислів, кремнезему, вторинних мінералів, конкрецій) в ґрунтовому профілі (рис. 4.26).

Згідно даного типу систематики, виділяють акумулятивний, елювіальний, ґрунтово-акумулятивний елювіально-ілювіальний та недиференційовані ґрунтові профілі:

- **аккумулятивний профіль** характеризується максимальним накопиченням тих чи інших речовин у поверхневих горизонтах при поступовому зменшенні їх вмісту з глибиною. Такий тип профілю поділяється на регресивно-аккумулятивний (увігнута крива перерозподілу речовин по профілю), прогресивно-аккумулятивний (випукла крива) та рівномірно-аккумулятивний;

- **елювіальний профіль** із мінімумом речовини у верхній частині профілю (поверхневому горизонті) та поступовим зростанням їх вмісту з глибиною. Поділяється на регресивно-елювіальний (увігнута крива перерозподілу речовин по профілю), прогресивно-елювіальний (випукла крива), рівномірно-елювіальний;

- **грунтово-аккумулятивний профіль** характеризує накопичення речовин, які надходять із ґрунтових вод( за рахунок дії капілярних сил ґрунту) у нижню та середню частину товщі ґрунту;

- **елювіально-ілювіальний профіль** характеризується мінімумом речовин у верхній частині (елювіальному горизонті) та максимумом у середній (ілювіальному горизонті) або нижній частині ґрунтового профілю;

- **недиференційований профіль** характеризується рівномірним розподілом речовини по всій товщі ґрунту.

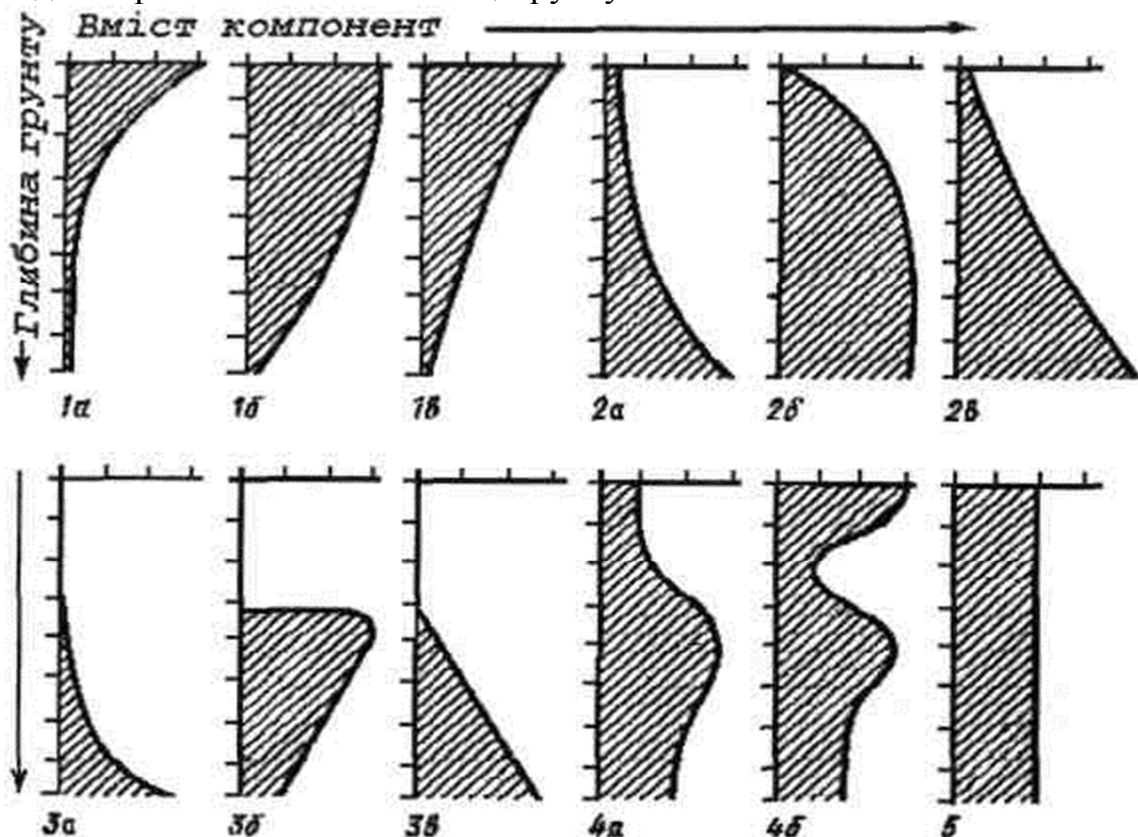


Рис. 4.26. Типи розподілу речовин в ґрунтовому профілі: 1а – регресивно-аккумулятивний; 1б – прогресивно-аккумулятивний; 1в – рівномірно-аккумулятивний; 2а – регресивно-елювіальний; 2б – прогресивно-елювіальний; 2в – рівномірно-елювіальний; 3а – регресивно-грунтово-аккумулятивний; 3б – прогресивно-грунтово-аккумулятивний; 3в –

рівномірно-грунтового-аккумулятивний; 4а – елювіально-ілювіальний; 4б – аккумулятивно-елювіально-ілювіальний; 5 – недиференційований (За Разановим).

Вивчення ґрунтових профілів найбільш ефективно з використанням методу монолітів.

**Моноліт** – зразок ґрунтового профілю з непошкодженою будовою, що включає всі основні генетичні горизонти. Прийнято вважати стандартним моноліт, що розміщується в дерев'яному ящику довжиною 100 см, шириною 20 см і глибиною 6-8 см (рис. 4.27-4.28).



Рис 4.27. Загальний вигляд колекції ґрунтових монолітів.



Рис. 4.28. Формування об'ємного моноліту в польових умовах.

У польових умовах вивчають і визначають ґрунти, дають їм назву за зовнішніми, так званими морфологічними ознаками, які відображають внутрішні процеси, що відбуваються в ґрунтах, їх походження (генезис) і історію розвитку.

Для опису ґрунтів, вивчення їх морфологічних ознак, встановлення відмінностей між різними ґрунтами, відбору зразків для аналізів закладають спеціальні ями, які називаються ґрунтовими розрізами.

На обраній ділянці місцевості копають **ґрунтовий розріз** так, щоб три стінки його були стрімкими, а четверта спускалася сходами. Передня, лицьова, стінка розрізу, призначена для опису і повинна бути обернена до сонця (рис. 4.29).

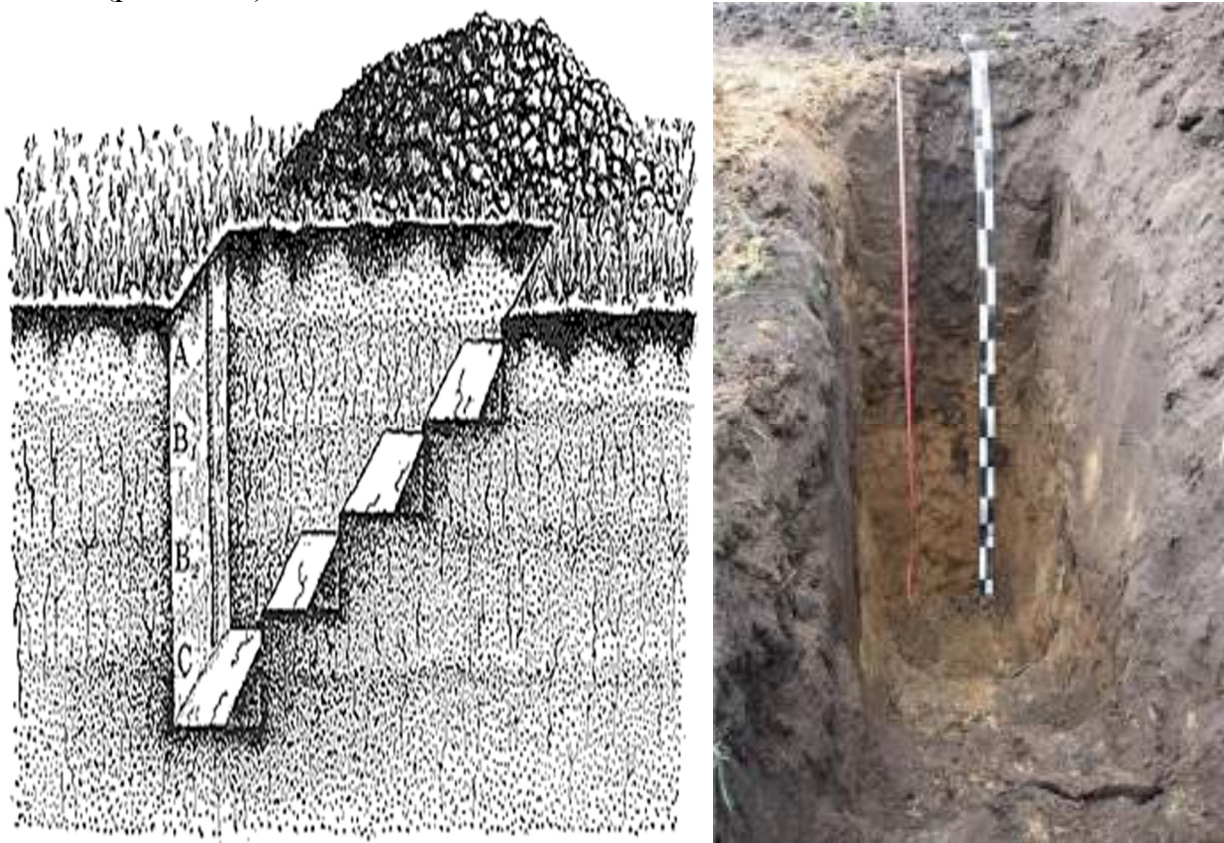


Рис. 4.29. Схема розрізу для вивчення ґрунтових профілів.

Під час викопування розрізу ґрунт необхідно нагромаджувати тільки на бічних сторонах і ні в якому разі не на лицьову стінку, що може привести до її забруднення, руйнування верхніх горизонтів, зміни їх потужності і т. д.

**Повні (основні) розрізи** закладають до такої глибини, щоб розкрити верхні горизонти незмінної материнської породи. Зазвичай ця глибина коливається від 1,5 до 5 м в залежності від потужності ґрунтів і мети дослідження. Такі розрізи служать для спеціального детального вивчення морфологічних властивостей ґрунтів і відбирання зразків для фізичних і хімічних аналізів (рис. ).

**Напівями** або **контрольні розрізи**, закладаються на меншу глибину – від 75 до 125 см (до початку материнської породи) (рис. ). Служать для вивчення потужності гумусових горизонтів, глибини скипання від HCl і залягання солей, ступеня вилугованості, опідзоленості, солонцюватості та

ін. Якщо при описі з використанням напівям виявилися нові ознаки, то на цьому місці необхідно закладати повний розріз (рис. 4.30).



Рис. 4.30. Напівями у вивченні ґрунтових профілів.

*Прикопки* або *дрібні поверхневі розрізи* глибиною менше 75 см, застосовують перш за все для визначення меж ґрунтових угруповань, виявлених основними розрізами і напівями. Зазвичай вони закладаються в місцях ймовірних порушень у будові тільки верхніх горизонтів профілю (рис. 4.31).



Рис. 4.31. Ґрунтовий розріз.





Рис. 4.32. Природній ґрунтовий зріз (оголення ґрунту).

**Будова ґрунтового профілю** – це розподіл ґрунту на генетичні горизонти, які характеризуються морфологічними ознаками і закономірно переходять один в інший. Зміна одного горизонту іншим просліджується в зміні забарвлення ґрунту або його структури, іноді за наявності різних видів та форм новоутворень.

Забарвлення горизонтів ґрунту важлива морфологічна ознака, яка залежить від фізичних властивостей і хімічного складу. Недаремно багато типів ґрунтів названо за типу їх забарвлення.

**Забарвлення ґрунту** – перша морфологічна ознака, за якою виділяють генетичні горизонти. Всі зміни забарвлення відбивають зміни властивостей окремих горизонтів профілю ґрунту. Отже, за забарвленням можна характеризувати як профіль ґрунту в цілому, так і окремі його горизонти. Воно частково успадковується від забарвлення ґрунтоутворюючої породи, інколи набувається в процесі ґрунтоутворення.

Нерідко назва ґрунту дається за кольором верхніх горизонтів: підзоли, сірі лісові, чорноземи, буроземи тощо. За кольором ґрунту в першу чергу виділяють генетичні горизонти, так як багато реакцій і процесів, що протікають в них, пов'язані зі зміною кольору сполук, які утворюються і переміщуються. Винос заліза, наприклад, супроводжується появою білястого забарвлення горизонту, а вмивання органічних сполук - зафарбовуванням горизонту в сірий або бурий колір. Сполука двовалентного заліза з фосфором (вівіаніт) нерідко надає ґрунтам блакитноподібного або сизуватого забарвлення, а накопичення карбонатів кальцію надає біляво-палевого відтінку бурим до цього горизонтам. Сполуки заліза забарвлюють горизонти в різні жовтуваті, червонуваті тони та їх відтінки.

Інтенсивність забарвлення може бути різноманітною, однорідною, неоднорідною, плямистою, строкатою, язичкуватою, глянцевою тощо, що пов'язано як з неоднаковою інтенсивністю процесів ґрунтоутворення, так і неоднорідністю розподілу речовини у ґрунтових горизонтах.

Виділяють три групи сполук, що визначають колір ґрунту: а) органічні і перегнійні речовини, які можуть надати горизонтам чорного кольору, б) різні

оксиди заліза, що фарбують ґрунт в червоний колір; в) закисні форми заліза надають сизуватого кольору; г) сполуки кальцію, силіцію (кремнезему), а також каолін, що надають ґрунту білий колір. На основі цих трьох груп сполук С. А. Захаров побудував стандартний трикутник кольору ґрунту (рис. 4.33).

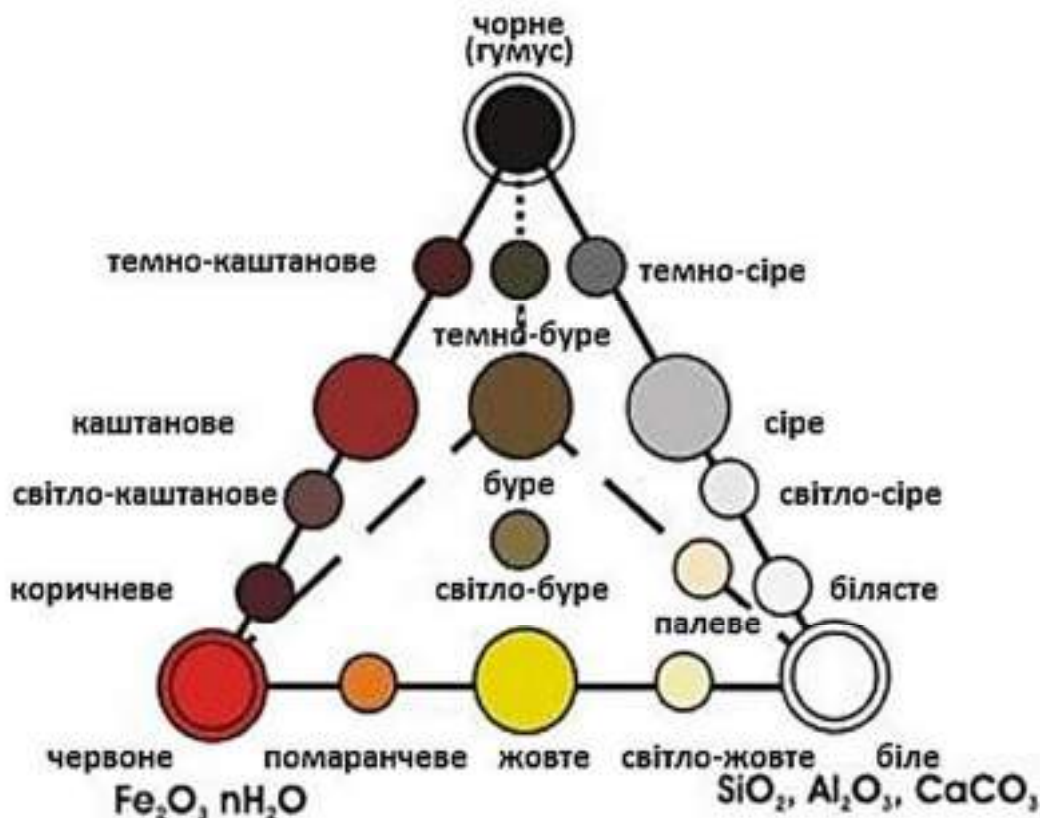


Рис. 4.33. Стандартний трикутник кольору ґрунту.

Поєднання кольорів та інтенсивності відтінків забарвлення у трикутнику С. А. Захарова дозволяє виділити 4 кольорних ряди ґрунтів: перший, в якому змішані чорний і білий кольори, називають сірим, до нього відносять чорний, темно-сірий, білястий і білий кольори; другий, де змішані чорний і жовтий кольори, називають бурим, в нього входять чорний, темно-бурий, бурий, світло-бурий і жовтий кольори; третій, в якому змішані чорний і червоний кольори, називають каштановим, до нього входять чорний, темно-каштановий, каштановий, світло-каштановий, коричневий і червоний кольори; четвертий, де змішані червоний і білий кольори, називають жовтим, в нього входять червоний, оранжевий, жовтий, світло-жовтий і білий кольори. Крім того, виділяють палевий колір (даний колір чітко видно на прикладі таких ґрунтоутворюючих порід, як леси) – це суміш світло-бурого і білого (рис 4.34).



Рис. 4.34. Кольорова гама забарвлення ґрунту.

*Розрізняють такі причинні форми забарвлення ґрунту (рис. 4.35-4.36):*

1. Чорне забарвлення ґрунту зумовлене, як правило, накопиченням гумусу, зокрема, гумінових кислот. Фульвокислоти надають ґрунтам світлого забарвлення. Крім гумусу чорного забарвлення ґрунтам надають деякі хімічні сполуки: оксид мангану, деревне вугілля, залізний монтморилоніт, магнетит та ін;

2. Біле забарвлення ґрунту залежить від наявності кварцу, каолініту, вапна, водорозчинних солей, вівіаніту, гіпсу тощо;

3. Червоне і жовте забарвлення зумовлюють оксиди заліза; червоне – негідратований гематит і тур'їт; жовте – гідратований лимоніт;

4. Буре забарвлення характерне для ґрунтів з високим вмістом іліту, слюди та суміші різних оксидів заліза. Це забарвлення властиве більшості

глинистих мінералів. Крім того, буре забарвлення формується в результаті змішування чорного, червоного, білого і жовтого кольорів;

5. Синє забарвлення мають глейові горизонти, які містять віваніт (болотні ґрунти північних регіонів), інші ґрунти мають забарвлення похідне від синього – сизе різних відтінків. Воно зумовлене наявністю оксиду заліза ( $Fe^{+2}$ ) - закисна форма.

6. Пурпурове забарвлення вказує на високий вміст оксидів мангану. Трапляється дуже рідко;

7. Оливкове (зелене) забарвлення характерне для ґрунтів з надмірним зволоженням, які містять зеленуваті глинисті мінерали з увібраним залізом. Зазначені забарвлення в чистому вигляді в ґрунтах існують рідко. Частіше вони зміщуються і утворюють перехідні кольори, що свідчить про змішаний склад ґрунтової маси.

Характеризуючи горизонти в першу чергу використовують перераховані кольори ґрунтів. Однак іноді одною назвою колір охарактеризувати не вдається, і тоді використовують поєднання з двох слів, на перше місце ставлять відтінок, а на друге – основний колір, наприклад, червоно-бурий, темно-сірий. При описі зустрічаються і оригінальні кольори горизонтів, наприклад, блакитні, сизі, зеленуваті (в глейових горизонтах).

Колір ґрунту непорушеної будови (при польовому дослідженні) може змінюватися в залежності від освітленості стінки розрізу, години доби, вологості. Наприклад, колір вологого ґрунту темніший, ніж сухого. Для відображення основного кольору сухого ґрунту в бланку ґрунтового опису роблять замальовку вологого ґрунту кольоровими олівцями.

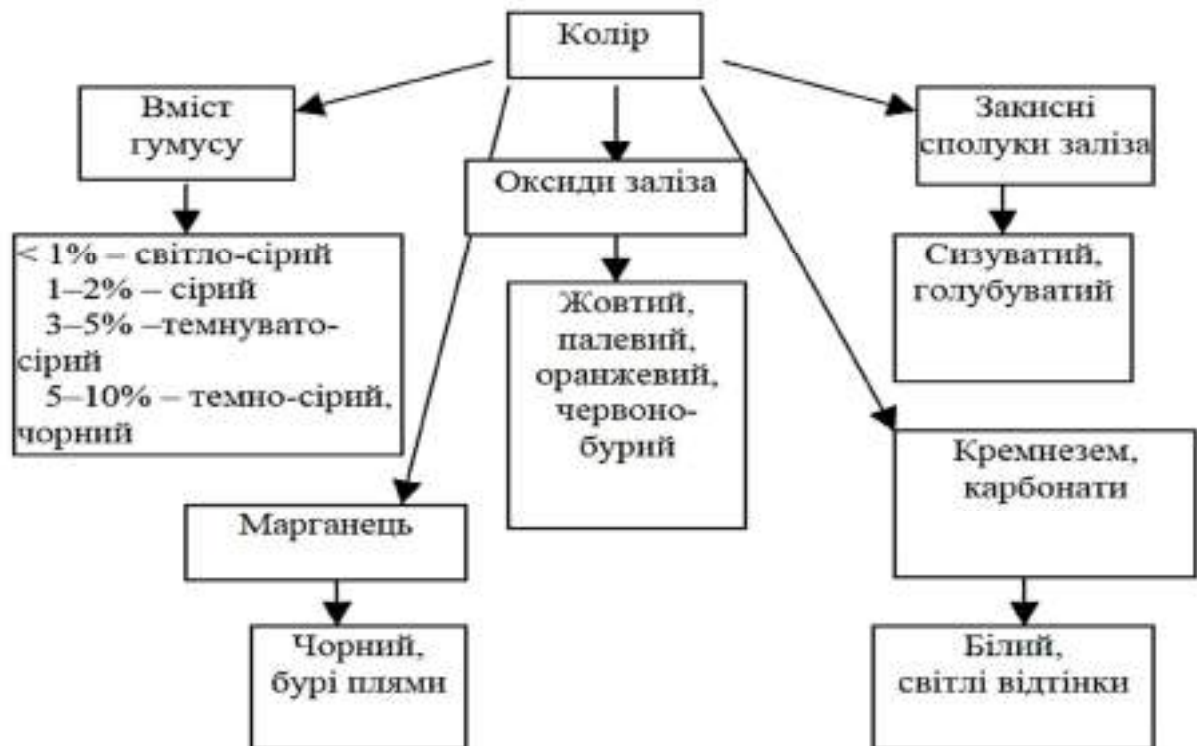


Рис. 4.35. Діаграма елементів та сполук, що визначають колір ґрунту.

**Глибина профілю і горизонтів** є важливим показником, який дає можливість визначити тип, підтип, агрономічні властивості ґрунту та інш. На співвідношенні глибини (товщини) гумусового і підзолистого горизонтів побудована класифікація дерново-підзолистих ґрунтів (слабопідзолисті, середньопідзолисті, сильнопідзолисті).

Глибина профілю і горизонтів вимірюється лише в сантиметрах, тому см після цифр можна не писати. В журналі відзначають глибину верхньої і нижньої межі залягання горизонту, а також його потужність.

**Наприклад:** Н(А)  $\frac{0-19}{19}$ ; І(В)  $\frac{31-43}{12}$  і т.д.

Замір глибини профілю і горизонтів найзручніше виконувати сантиметровою стрічкою, яку перед початком опису прикріплюють булавкою на передню стінку ґрунтового розрізу.

За **вологістю генетичних горизонтів** (це не морфологічна ознака, проте вона визначається при польових дослідженнях) вносять корективи в забарвлення ґрунту, його структуру та зложення. Виділяють такі градації польової вологості ґрунтів:

0 – *сухий* (в руці не відчувається наявності вологи, ґрунт не світлішає при підсиханні але темніє при додаванні води, при доторканні з'являється пил);

1 – *свіжий* (волога відчувається рукою по охолодженню, рука не забруднюється, ґрунт світлішає при висиханні і темніє при додаванні води);

2 – *вологий* (волога відчувається рукою, ґрунт не темніє при додаванні води);

3 – *сирий* (при легкому зтисканні рукою ґрунт перетворюється в тістоподібну масу, при цьому виділяється вода).

**Характер переходів між горизонтами** в ґрунтовому профілі, форма кордонів горизонтів і ступінь їх чіткості мають важливе генетичне значення і служать важливою морфологічною ознакою ґрунту, оскільки це один з критеріїв визначення інтенсивності ґрунтоутворення і його загальної спрямованості. Часто характер переходу між горизонтами має і діагностичне значення (рис. 4.36-4.38).

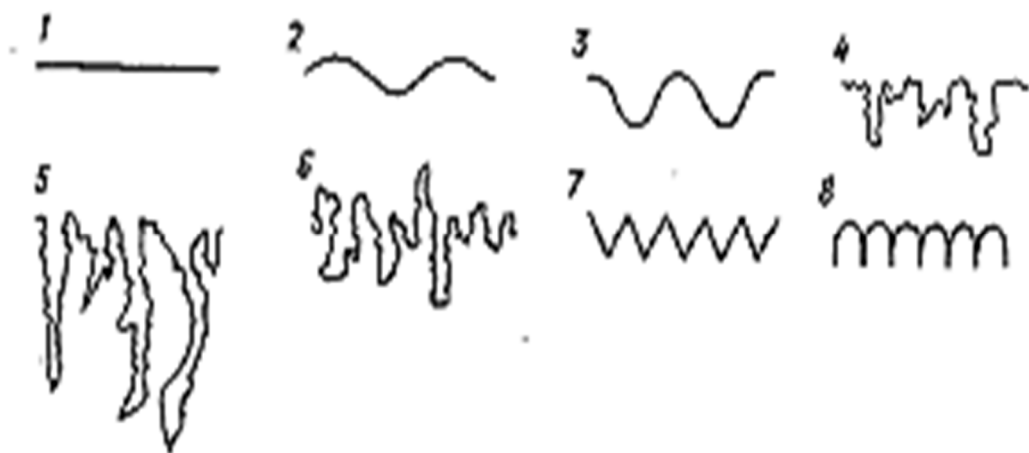


Рис. 4.36. Форма переходів від одного горизонту до іншого у профілі ґрунтів: 1 – рівна; 2 – хвиляста; 3 – кишенькова; 4 – язикова; 5 – натічна; 6 – розмита; 7 – пилчаста; 8 – полісадна (за Разановим).



Рис. 4.37. Язиковий (ліва позиція) та рівний перехід між горизонтами.

*Рівна границя* характерна для більшості ґрунтів, особливо для нижніх слабо диференційованих горизонтів, звичайно – при поступових переходах.

*Хвиляста* властива для нижньої частини гумусових горизонтів лісових ґрунтів, а також часто характерна для переходу між підгоризонтами.

*Кишенеподібна* характерна для нижньої частини гумусованих горизонтів степових ґрунтів.

*Язикоподібна* найтипівіша для нижньої частини Е-горизонту підзолистих ґрунтів.

*Натічна* – характерна для ґрунтів із затіками гумусу в ілювіальний горизонт або тих, які розтріскуються.

*Розмита* границя характерна для ґрунтів із сильним елювіально-ілювіальним процесом.

*Пильчаста* – зустрічається досить рідко, в підзолистих ґрунтах на структурних глинах.

*Палісадна* також дуже рідко зустрічається в солонцях при переході до солонцевого горизонту.

Ґрунтознавці США виділяють два типи переходу від ґрунту до щільної гірської породи: скельний і параскельний.

**Скельний перехід (*lithic contact*)** – це межа між ґрунтом і суцільним щільним підстилаючим матеріалом, який може бути тріщинуватих (при відстанях між тріщинами не менше 10 см), але без зміщення окремих уламків щодо всього шару; у вологому стані цей матеріал неможливо копати

лопатою, хоча можна довбати або дряпати; якщо матеріал мономінеральних порід, то він повинен мати твердість вище 3 по шкалі Мооса, а якщо полімінеральних, то його уламки розміром гравію не повинні розпадатися після 15-годинного струшування в воді або в розчині гексаметафосфату натрію.

**Параскельний контакт (paralithic contact)** – це межа між ґрунтом і суцільним щільним підстилаючим матеріалом мономінеральних порід з твердістю менше 3 по шкалі Мооса, або якщо полімінеральних, то дає уламки розміру гравію, які розпадаються після 15-годинного струшування в воді або в розчині гексаметафосфату натрію; у вологому стані такий матеріал можна дуже важко копати лопатою, і він проникний для коренів; цей підстилаючий матеріал включає такі осадові породи, як пісковики, мергелі, глинисті сланці

Характер переходу одного горизонту в інший розрізняють за зміною інтенсивності забарвлення двох суміжних горизонтів та потужності перехідного шару ґрунту. Перехід виділяється: різкий – перехідний горизонт має товщину 1-2 см (рис. 4.38 а); чіткий – 2-5 см (рис. 4.38 б); поступовий – до 10 см (рис. 4.38 в); нечіткий – понад 10 см (рис. 4.38 с).

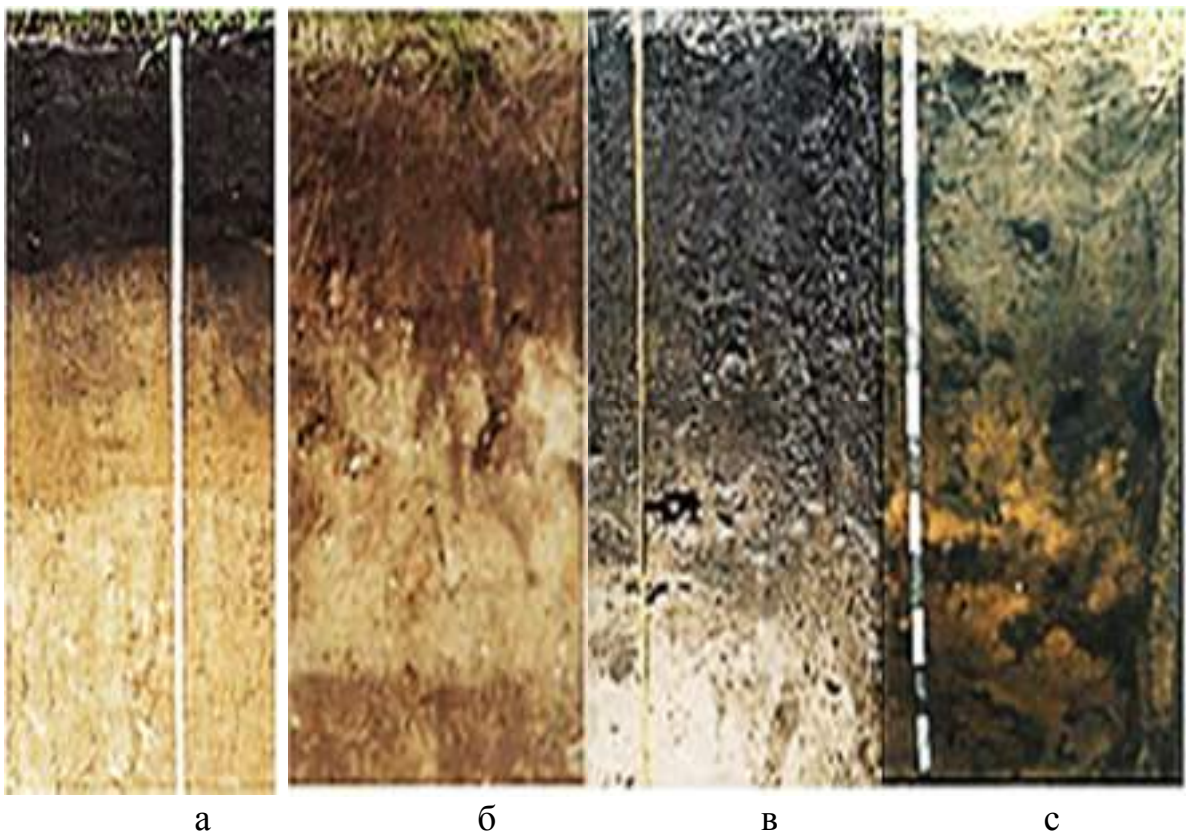


Рис. 4.38. Характер переходу між горизонтами у профілі ґрунту.



У більшості ґрунтів будова профілю зверху до низу порівняно однотипна: зверху лежить невеликий шар рослинних залишків, що утворюють лісову підстилку, трав'яну повсть, або дернину; глибше розташований горизонт, різною мірою забарвлений гумусом, або перегноем, далі утворюється горизонт, перехідний до материнської породи і закінчується профіль материнською породою іноді ще й підстелаючою породою. Потужність, або глибина, ґрунтового профілю залежить від типу і тривалості протікання ґрунтоутворюючого процесу і може змінюватися в дуже широких межах, а також визначати вид сформованого ґрунтового профілю – простий або складний.

Будова і потужність ґрунтового профілю дозволяють судити про характер і напрямок ґрунтоутворюючих процесів, застосуванні систем обробітку ґрунтів, необхідності внесення добрив, видах вирощуваних культур, про стійкість і продуктивність лісів. Тому опис ґрунтового профілю займає важливе місце при картуванні ґрунтів, розробці агротехніки вирощування культур і практичних прийомів ведення господарства. Для характеристики ґрунтового профілю здійснюють опис його генетичних горизонтів.

**Детальний опис морфологічних ознак кожного горизонту ведеться в такому порядку:** вказується назва і символ, верхня та нижня межа (в см), потужність, забарвлення, структура, гранулометричний склад, щільність, новоутворення, включення і характер переходу в наступний горизонт. Закінчується опис профілю визначенням типу ґрунту.

Наведемо приклад опису ґрунтового розрізу за загальною схемою:

**He**  $\frac{0-33}{33}$  – гумусовий, помітно елювіований, темно – сірий, сивуватий

від кремнеземної присипки, середньосуглинковий, безкарбонатний, грубогрудочкуватий, брилуватий в орному шарі і горіхувато-зернистий в підорному, ущільнений, перехід поступовий по забарвленню, але чіткий за структурою.

**HI**  $\frac{33-60}{27}$  – гумусово-ілювіальний, темно – бурий з білявими плямами

борошністого кремнезему, важко суглинковий, горіхуватий, щільний в сухому стані, одинична кротовина, поступово за щільністю і структурою, але ясно за забарвленням, переходить у горизонт **I**.



$I \frac{60-98}{38}$  – ілювіальний, чорнувато-бурий, горіхувато призматичний,

легко розпадається на призми з блискучими гляцюватими гранями, важкосуглинковий, дуже щільний, велика кротовина, поступово за структурою та забарвленням переходить в горизонт **Ір**.

$Ір \frac{98-125}{27}$  – перехідний до материнської породи, ілювіальний горизонт,

плямисто-червонувато-бурий, середньосуглинковий, стовпчасто-призматичний, нерівномірно щільний (менше, ніж попередній горизонт), перехід поступовий.

**Рк 125** – і глибше – материнська порода – лес карбонатний, середньосуглинковий, рясні дрібні карбонатні прожилки, тонкопористий.

Такий опис створює цілісне уявлення про вертикальний профіль ґрунту, що дає можливість віднести його до того або іншого типу (в даному прикладі темно – сірий опідзолений ґрунт) і робити приблизний висновок про походження і агрономічні властивості.

Зразки професійного номеклатурного опису профілю ґрунту представлено на рис. 4.39-4.40. Кожному природному типу ґрунтоутворення характерна своя сукупність певних горизонтів. Усі горизонти та профілі взаємо пов'язані і взаємо зумовлені. Вони формуються в процесі генезису ґрунту з материнської породи одночасно як єдине ціле.

Важливим у плані вивчення морфології ґрунтів та їх використання в агрономічній практиці є вивчення морфологічного характеру поверхні ґрунту

**Рівна поверхня** (рис. 4.43) – горизонтальна або похила (в залежності від рельєфу) практично плоска поверхня ґрунту, характерна для переважної більшості рівнинних ґрунтів піщаного або суглинного складу, які формуються під зімкнутим рослинним покривом або кіркою нижчих рослин. Виділяються декілька специфічних форм рівної поверхні ґрунтів.

2. **Зерниста поверхня** – порівняно рівна поверхня ґрунтів під трав'янистою рослинністю, складена структурними агрегатами подібної округлої форми і одноманітного розміру, зернистими або дрібногрудочкуватими; характерна для цілинних і культурних чорноземів, дернових ґрунтів, лучних ґрунтів, дерново-карбонатних ґрунтів, сильно окультурених дерново-підзолистих і бурих лісових ґрунтів, позбавлених підстилки лісових ґрунтів тропіків і субтропіків.

3. **Самомульчуюча поверхня** – специфічна поверхня вертисолів, представлена рівним шаром дрібних грудочок неправильної форми з чергуванням гострих і округлих ребер без виражених граней.

1. **Килимова поверхня** – поверхня ґрунтів, представлена рівним шаром лісової підстилки, найбільш рівна в хвойному лісі, особливо в зімкнутому мертвопокривному; мінеральна поверхня під шаром лісової підстилки також рівна, але наближається до зернистої; характерна для ґрунтів під пологом лісів помірного і субтропічного поясів.

	Індекси горизонту, глибина, см	Опис горизонту
	PU' 0-10	Вологий, темно-сірий (10YR 3/1; very dark gray), порошисто-грудкуватий, щільний, важкосуглинковий, коріння рослин, минулорічні пожнивні залишки. Перехід ясний за кольором і щільністю, межа рівна.
	PU" 10-20	Вологий, темно-сірий (10YR 3/1; very dark gray), забарвлення однорідне, важкосуглинковий, грубо грудкуватий, щільний, але щільніше попереднього, багато коренів. Перехід помітний за структурою і щільністю, межа рівна.
	AU 20-38	Вологий, темно-сірий (10YR 3/1; very dark gray), майже чорний, забарвлення однорідне, важкосуглинковий, зернистогрудочкуватий, є копроліти, ущільнений, дрібнопористий, багато коренів, ходи черв'яків. Перехід помітний за кольором, межа слабохвиляста.
	AUBIel 38-46	Вологуватий, плямистий, на сірувато-темно-бурому тлі (10YR 4/2; dark grayish brown), бурі плями і вертикальні смуги, важкосуглинковий, грудочкувато-дрібногріхуватий, структура однопорядкова, дрібно тріщинуватий, щільнуватий, коріння рослин, ходи черв'яків. Перехід ясний за кольором і структурою, дрібноязыковий.
	BIel 46-60	Вологуватий, плямистий, на темно-коричневому (10YR 4/3; dark brown) тлі темно-бурі і темно-сірі вертикальні смуги і плями, важкосуглинковий, грудкувато-дрібнопризматичної структури одно-двопорядковий, тріщинуватий. Коричневі глинисті тонкі часточки (до 1 мм). Кутани по поверхні агрегатів і по вертикальних стінках тріщин. Поверх кутан лежать пилюваті скелетани (кремнеземиста присипка) помітні при висиханні. Щільний, слабо пористий, поодинокі коріння рослин. Ходи коренів і черворини з копролітами з матеріалу темногумусового горизонту. Перехід помітний за структурою і забарвленням
	BI 60-87	Вологуватий, фон жовтувато-коричневий (10YR 5/3; brown), рідкісні вертикальні темно-сірі смуги, легкоглинистий, дрібно призматичний. Слабкі темно коричневі глинисті кутани по гранях агрегатів, але менше як у BIel. Скелетани відсутні. Щільний, поодинокі коріння рослин. Перехід різкий по скипанню, межа хвиляста.
	BCAmc 87-110	Вологуватий, однорідно забарвлений, палево-світло коричневий (10YR 6/3; pale brown), легкоглинистий, дрібно глибистий, щільнуватий, грубо пористий, бурхливо скипає від HCl, наявність карбонатів у вигляді псевдоміцелію по порах, а також загальне просочення, поодинокі коріння. Перехід різкий за скипанням, межа хвиляста.
	BCAnc 110-140	Вологуватий, однорідно забарвлений, жовтувато-світлокоричневий (10YR 6/4; light yellowish brown), легкоглинистий, дрібно глибистий, щільний, грубо пористий, бурхливо скипає від HCl, наявність карбонатів у вигляді псевдо міцелію і білозірки (сегрегаційні форми), поодинокі коріння. Перехід поступовий, межа слабохвиляста.
	Csa 140-200	Вологуватий, палево-світло-коричневий (10YR 7/3; very pale brown), легкоглинистий, дрібно-брилистий, щільний, грубопористий, бурхливо скипає від HCl, карбонати дифузно-розсіяні (просочення). Лесовидний карбонатний суглинок.

Рис. 4.39. Зразок опису ґрунтового профілю згідно сучасних вимог (ґрунт: чернозем опідзолений звичайний середньої потужності середньогумусний важко суглинковий).

	Індекси горизонту, потужність, см	Опис горизонту
	PU' 0-10	Вологуватий, темно-сірий (10YR 4/1; dark gray), дрібні світло-бурі плями, грудкувато-брилистий, щільний, важкосуглинковий, коріння рослин, минулорічні пожнивні рештки. Перехід ясний за щільністю, межа рівна.
	RU 22-70	Вологий, з глибиною стає сирим, місцями сочиться вода, забарвлення неоднорідне, на буро-темно-сірому тлі (10YR 4/2; dark grayish brown) дрібні світло-бурі плями, глибистий, щільний, важкосуглинковий, коріння рослин. Перехід помітний за кольором і по щільності, межа хвиляста.
	[AU] 70-90	Вологий, темно-сірий (10YR 3/1; very dark gray), забарвлення однорідне, грубогрудкуватий, щільний, важкосуглинковий, рідкі коріння рослин. Перехід помітний за забарвленням, межа хвиляста.
	[AUBI] 90-130	Вологий, неоднорідно-пофарбований, на бурому тлі темно сірі смуги і плями, дрібно-призматичної структури, по вертикальних поверхнях агрегатів – слабкі темно-коричневі глинисті кутани, важкосуглинковий, щільний, дрібно-тріщинуватий, дрібно-пористий, поодинокі коріння рослин, велика кротовина заповнена матеріалом з нижчого горизонту. Перехід помітний за кольором меж.
	[BI] 130-200	Вологий, жовтувато-коричневий (10YR 5/4), рідкісні вертикальні темно-сірі смуги, важкосуглинковий. Дрібно-горіхувато-призматичний, структура двохпорядкова: призми розпадаються на горіхуваті агрегати. Слабкі темно-коричневі глинисті кутани по гранях агрегатів. Щільний, поодинокі коріння рослин.

Рис. 4.40. Зразок опису ґрунтового профілю згідно сучасних вимог (ґрунт: лучно-чорноземний опідзолений глибокий малогумусний важкосуглинковий намитий).

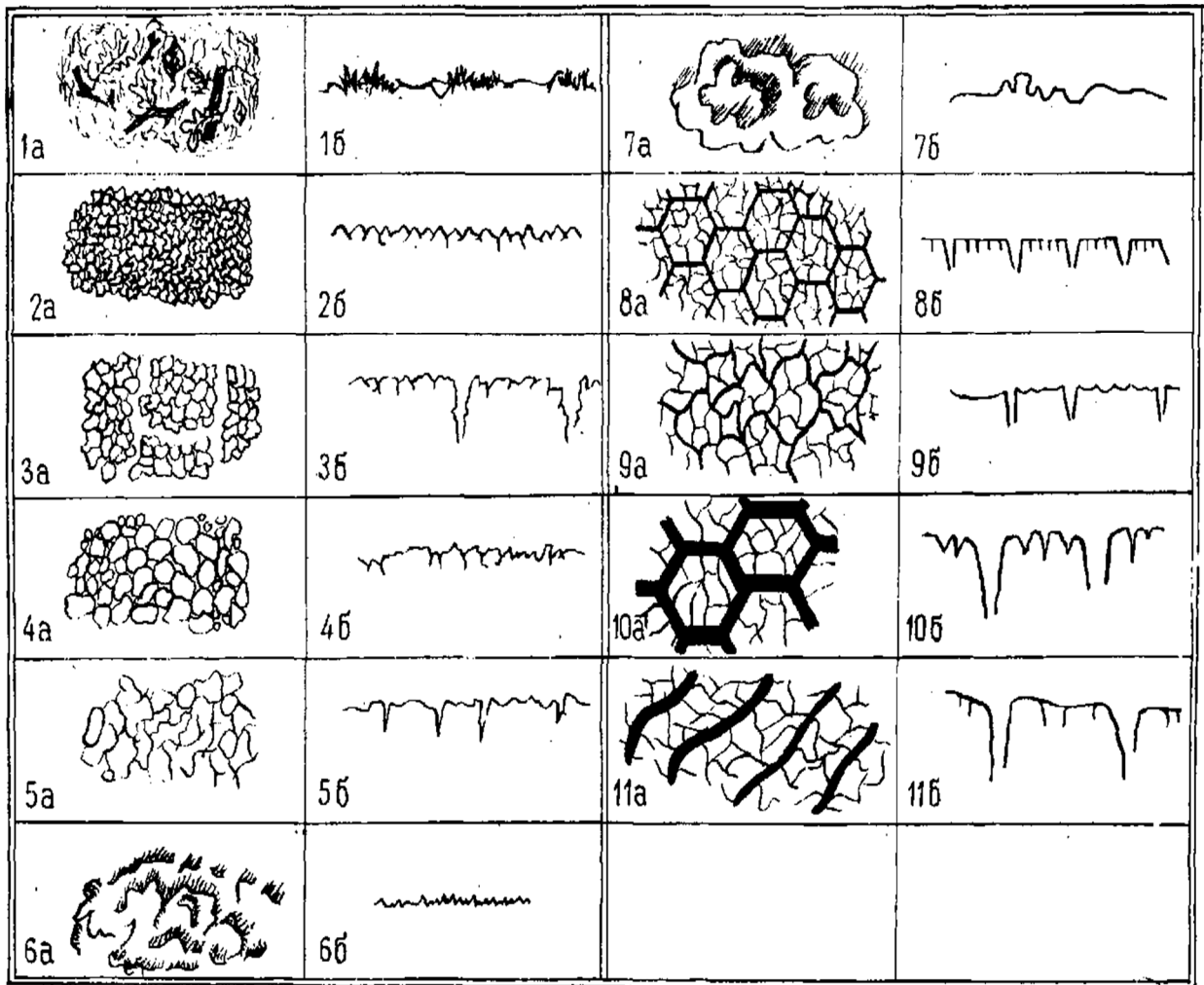


Рис. 4.41. Схема типів рівної поверхні ґрунтів в плані (а) й у профілі (б): 1 – килимова; 2 – зерниста; 3 – самомульчована; 4 – грудкувата; 5 – коркова; 6 – кіркова; 7 – панцирна; 8 – такирна; 9 – такирновидна; 10 – полігонально-тріщинувата; 11 – паралельно-тріщинувата.

4. *Грудкувата поверхня* – порівняно рівна поверхня орних ґрунтів, добре оброблених і вирівняних ґрунтів, представлена структурними агрегатами різного розміру від дрібно- до грубогрудочкуватих з невеликою участю розпорошеного матеріалу.

5. *Коркова поверхня (поверхнева кірка)* – рівна мікротріщинувата поверхня орних безструктурних ґрунтів, що формується в результаті руйнування зернистої або грудочкуватої поверхні при низькій культурі землеробства; особливо сильно кіркоутворення проявляється в поверхнево-солонцюватих або солончакуватих ґрунтах, на зрошуваних ґрунтах, причому тим сильніше, чим більший вміст фракції мулу.

6. *Кіркова поверхня* – специфічна форма поверхні коркових солончаків, представлена шорсткою, завдяки виступаючим кристаликам солей, кіркою на поверхні, повторює нерівності верхнього горизонту ґрунту; в типових

коркових солончаках ця поверхня зазвичай майже плоска, але може бути і не суцільною, нерівномірною.

7. *Панцирна поверхня* – специфічна форма поверхні ґрунтових твердих горизонтів, оголених поверхневою ерозією; в залежності від типу порід (вапнякова, кремнієва, латерітна) поверхня буде дещо різною, але у всіх випадках зберігається основна властивість такої поверхні – висока твердість; вона може бути гладкою, шорсткою, шлаковидною, раковистою, тріщинуватою.

8. *Такирна поверхня* – полігонально-тріщинувата майже плоска поверхня такирів або такировидних і отакирених ґрунтів пустель і напівпустель з розмірами полігональних окремоостей від кількох сантиметрів до кількох дециметрів і шириною тріщин між ними порядку 1-3 см; полігони розбиті на мережу неправильних багатокутників, плоскі поверхні яких мають пористу поверхню при розгляді за допомогою лупи.

9. *Такировидна поверхня* – розбита серією тріщин на неправильні полігональні утворення з мікротріщинами; від такирної поверхні відрізняється меншою правильністю і впорядкованістю полігонів, меншою шириною тріщин (до 1 см), меншою пористістю, часто наявністю лусочок.

10. *Полігонально-тріщинувата* – розбита серією широких тріщин на великі плоскі полігони (поверхня арктичних і субарктичних ґрунтів); розміри полігонів зазвичай становлять кілька дециметрів (інколи до 1,5-2 м), а розміри тріщин – кілька сантиметрів (іноді 20-30 см); полігони покриті серією дрібних мікротріщин, що поділяють плоску або трохи опуклу поверхню всередині полігонів на неправильні багатокутники; така ж форма поверхні характерна для ґрунтів старих рисових полів, вертисолів, мерзлотних або тривало-сезонно-мерзлотних ґрунтів, але розміри полігонів і тріщин тут значно менші, ніж у тундрових ґрунтах.

11. *Паралельно-тріщинувата* – розбита серією широких паралельних тріщин (з мережею більш дрібних тріщин між ними) на неправильні витягнуті в одному напрямку багатокутники (поверхня арктичних або субарктичних ґрунтів).

**Хвиляста поверхня** (рис. 4.42) – формується на ґрунтах в результаті обробітку при низькій культурі землеробства, впливу ерозійних та пасовищних процесів, специфічних педотурбаційних процесів; часто формування такої поверхні пов'язане з певним мікрорельєфом, пов'язаним з ґрунтоутворенням. Хвиляста поверхня може мати наступні форми:

1. *Купинна поверхня* – утворює специфічний купиноподібний нанорельєф поверхнево заболочених ґрунтів, особливо в трав'яних і деревних болотах; поверхня зазвичай нерівна, варіює на кілька сантиметрів або навіть дециметрів купинами і зниженнями між ними.

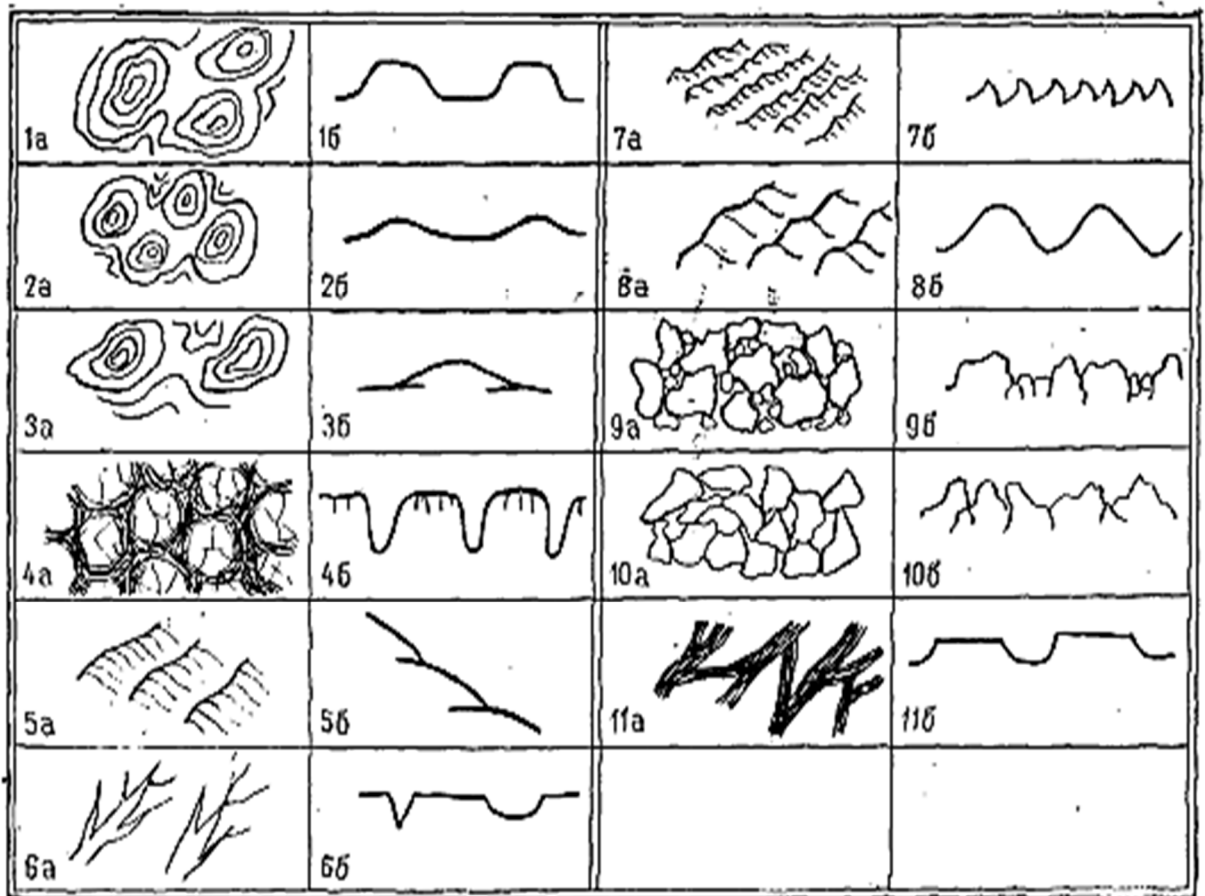


Рис. 4.42. Типи хвилястої поверхні ґрунтів в плані (а), і в профілі (б): 1 – купинна; 2 – дрібногорбкувата; 3 – дрібногорбкувато-випнута; 4 – гильгайна; 5 – соліфлюкційна; 6 – промоїнна; 7 – ребриста; 8 – гребениста; 9 – глибиста; 10 – видута; 11 – стравлена.

2. *Дрібногорбкувата поверхня* – нанорельєф тундрових ґрунтів, що рідко зустрічається при інших умовах ґрунтоутворення, характеризується регулярним чергуванням горбків та понижень між ними при амплітудах порядку 10-30 см.

3. *Дрібногорбкувато-випнута* – специфічний нанорельєф тундрових ґрунтів, що формується при випинанні на поверхню тиксотропного матеріалу надмерзлотних горизонтів; видуті горбки нерегулярно розкидані по поверхні і мають округлу форму.

4. *Гильгайна поверхня (гильгаї)* – специфічний мікрорельєф деяких вертисолів, описаних в південно-східній Азії, Австралії і Північній Америці, які формуються, в результаті дуже інтенсивного циклічного глибокого розтріскування важких монтморилонітових ґрунтів, інтенсивно висихаючих в сухий сезон після сильного перезволоження у вологий сезон; при висиханні ґрунту формуються глибокі і широкі полігональні тріщини, які по краях, у міру просихання і подальшого розтріскування, обсипаються, в результаті чого ґрунтовий матеріал поступово заповнює тріщини; при новому циклі

зволоження і набухання ґрунт полігонів спучується, так як тріщини вже заповнені матеріалом, і формує нерівну, зовні схожу на купинну, поверхню.

5. *Солифлюкційна поверхня* – нерівномірна поверхня ґрунтів крутих схилів, що формується в результаті зсувних явищ на схилах в мікромасштабі (в макромасштабі солифлюкція утворює певні форми мезорельєфу наприклад, солифлюкційні тераси на схилах).

6. *Вимоїнна поверхня* – нерівна поверхня, що формується в результаті нерегульованного поверхневого стоку, переважно на орних ґрунтах, схильних до кіркоутворення; поверхня розсічена нерівномірною гіллястою мережею дрібних вимоїн глибиною і шириною кілька сантиметрів, причому на дні таких мікродотоків зазвичай накопичується відмитий піщаний матеріал і місцями утворюються кірочки намулу, які розтріскуються при висиханні.

7. *Рєбриста поверхня (еолові брижі)* – регулярно-дрібнохвиляста поверхня пісків, що розвивається (дюни, бархани) на узбережжях річкових і морських, або в континентальних піщаних пустелях, що формуються в результаті еолової активності.

8. *Гребниста поверхня* – регулярно-нерівна поверхня, яка формується системою паралельних гребенів ґрунту і понижень між ними з амплітудою 5-10 см в результаті оранки або культивування ґрунту; поверхня нерівна не тільки в результаті наявності профілю оранки, а й сама по собі через велику різномірність розмірів ґрунтових агрегатів, що варіюють від пилу до великих грудок.

9. *Глибиста поверхня* – вкрай нерівномірна поверхня, яка формується безструктурними або слабоструктурними ґрунтами при оранці і утворена великими брилами з нерівною поверхнею.

10. *Видута поверхня* – специфічна поверхня потужних сольових поверхневих кірок пустель, утворена просоченими сіллю (переважно сульфатом натрію) твердими гострорєбристими брилами розміром 15-25 см, хаотично нагромадженими одна на одну; зовні вона нагадує глибисту поверхню зораного поля.

11. *Стравленна (випасена) поверхня* – специфічна поверхня занадто інтенсивно використовуваних пасовищ, утворена нерівномірного мережею поглиблених на 5-10 см, що перетинаються в усіх напрямках, доріжок шириною 30-50 см, позбавлених рослинності та утрамбованих; зазвичай така поверхня формується на крутих схилах, що піддаються надмірному випасу.

**Кам'яниста поверхня** (рис. 4.43) – рівна або хвиляста поверхня, на якій хаотично розкидані окремі камені чи групи каменів. Для визначення ступеня кам'янистості поверхні в радянській систематиці використовують ті ж градації, що для каменистості ґрунту в цілому, тобто виділяють поверхні слабокам'янисті (до 5% каміння), середньокам'янисті (5-10%) і сильнокам'янисті (>10%), враховуючи при цьому ступінь покриття поверхні камінням.

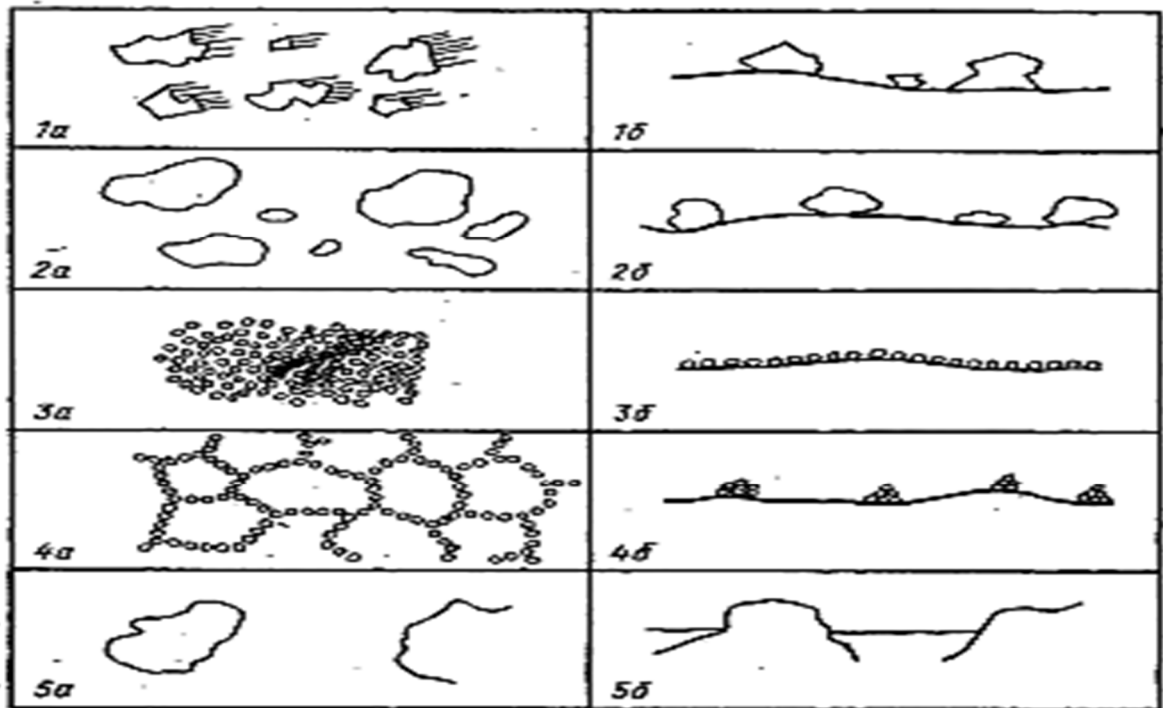


Рис. 4.43. Типи кам'янистої поверхні ґрунтів в плані (а) і в профілі (б): 1 – кам'яниста; 2 – завалунена; 3 – пустельна; 4 – полігонально-кам'яниста; 5 – виходи порід.

У системі США (USDA, 1951) і близької до неї системі ФАО (1967) виділяються п'ять класів кам'янистості поверхні:

- *слабокам'яниста (fairly stony)* – камені покривають від 0,01 до 0,1% площі (камені діаметром 15-30 см на відстані 10-30 м один від одного);
- *кам'яниста (stony)* – камені покривають 0,1-3,0% поверхні (камені діаметром 15-30 см на відстані 1,6-10 м один від одного);
- *дуже кам'яниста (very stony)* – камені покривають 3-15% поверхні (камені діаметром 15-30 см на відстані 75-160 см один від одного);
- *виключно кам'яниста (exceedingly stony)* – камені покривають 15-90% поверхні (камені діаметром 15-30 см на відстані менше 75 см);
- *щебениста поверхня (rubble land)* – поверхня, майже суцільно (>90%) вкрита камінням.

2. *Завалунена поверхня* – рівна або хвиляста поверхня, на якій хаотично розкидані окремі валуни або їх скупчення; характерна для ґрунтів моренних територій як на рівнинах, так і в горах; відрізняється від попереднього типу тільки характером поверхні кам'янистого матеріалу; градації ступеня завалунення можуть бути використані ті ж, що і для кам'янистих поверхонь.

3. *Пустельний покрив (desert pavement, desert detritus)* – специфічна поверхня кам'янистих пустель (гамад), представлена тонким однорідним шаром шліфованого гравію, який підстелено щільною гірською породою в горизонтальному заляганні. Особливо такі покриття характерні в Північній Африці, де гамади простягнулися на багато сотень кілометрів; це абсолютно



рівна поверхня, по якій на машині без всякої дороги можна їхати в будь-якому напрямку зі швидкістю до 100 км на годину (від англійського терміну «ravement», що буквально означає «дорожнє покриття»); гравій покриває 75-100% поверхні щільної породи дуже рівномірним шаром, створюючи однорідне покриття.

4. *Полігонально-кам'яниста поверхня (кам'яні полігони, кам'яні кільця, кам'яні троянди)* – специфічна поверхня арктичних і субарктичних ґрунтів, сформована правильними полігональними або кільцевими скупченнями каменів на дрібнозернистій рівній поверхні; в межах кам'яних полігонів поверхня може бути дрібнотріщинуватою.

5. *Виходи порід* – поверхні, де ґрунт чергується з позбавленими ґрунтового покриву виходами твердих гірських порід; виходи порід можуть бути незначними і практично повністю займати поверхню тієї чи іншої ділянки; іншими словами, це не ґрунтова поверхня, а форма поверхні суші, що не має відношення до ґрунтовому покриву.

#### 4.4. Індксація ґрунтових горизонтів

**Перше позначення генетичних горизонтів** було запропоновано В.В. Докучаєвим. Він виділив у ґрунті всього три генетичних горизонти і позначив їх першими літерами латинського алфавіту (А – поверхневий гумусово-аккумулятивний, В – перехідний до материнської породи, С – материнська порода, підґрунтя). Надалі, по мірі накопичення знань про ґрунти, ця індксація горизонтів стала недостатньою. Виникла необхідність створення більш повної й раціональної системи позначення горизонтів. Доповнювали і удосконалювали її такі вчені, як Г.М. Висоцький, К.Д. Глінка, С.О. Захаров, Д.Г. Віденський, Б.Б. Полинов та ін.

В Україні у 1936 р. український ґрунтознавець О.Н. Соколовський запропонував більш досконалу і принципово нову систему індксів, яка успішно використовується сьогодні при описуванні і характеристиці ґрунтів України. Детальніше її розробили його учні М.К. Крупський, Г.С. Гринь та інші. На сучасному етапі розвиток ґрунтознавства привів до виділення великої різноманітності генетичних горизонтів різних типів ґрунтів. Потрібно відмітити, що до сьогодні в ґрунтознавстві різних наукових шкіл немає єдиного підходу до діагностики й символіки ґрунтових горизонтів. Усі відомі генетичні горизонти ділять на ряд типів, тобто груп горизонтів, які мають подібну генетичну основу через єдиний ґрунтоутворний процес, але відрізняються в різних типах ґрунтів, що пов'язано з інтенсивністю прояву цього процесу, його віку, сполученнями з іншими процесами. Розглянути всі існуючі індксації важко, тому зупинимося лише на тих, які представляють найбільший інтерес. (табл. 4.2-4.3).

Таблиця 4.2

Порівняльна таблиця різних систем індексації горизонтів I (В.В. Докучаєва), II (О.Н. Соколовського), III (Б.Г. Розанова)

Назва горизонту	Індекси горизонтів за системою:			Коротка характеристика
	I	II	III	
Торф'яний	<i>am</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	Формується на поверхні в умовах постійного надмірного зволоження
Торф'яний мінералізований	<i>am</i>	<i>TC</i>	<i>TA</i>	Орний торф'яний горизонт змінений осушенням і обробіткою
Лісова або степова (повсть) підстилка	<i>Ao</i>	<i>Ho, Hl, Hc</i>	<i>O</i>	Шар відмерлих органічних решток рослин і тварин який формується на поверхні лісових або степових цілинних ґрунтів
Дернина	<i>Ad</i>	<i>Hd</i>	<i>Ad</i>	Формується під трав'янистою рослинністю, половину і більше об'єму становлять коріння рослин
Перегнійний або торфво-перегнійний	<i>A</i>	<i>TH</i>	<i>AT</i>	Гумусно-акумулятивний, вміст органічної речовини 15–35%, мулуватий, чорний, постійно або періодично насичений водою
Гумусовий	<i>A</i>	<i>H</i>	<i>A</i>	Гумусово-акумулятивний горизонт з вмістом органічних речовин до 15%. Утворюється у верхній частині профілю
Орний	$A_{OPH}$ $A_{IOPH}$	<i>H</i> $H_{OPH}$	$A_{OPH}$ $A_{IOPH}$	Верхній гумусовий або гумусово-елювіальний горизонт, змінений обробіткою
Гумусово-елювіальний	<i>A<sub>1</sub></i>	<i>HE, He, Eh,</i> <i>H/e</i>	<i>A<sub>1</sub></i>	Верхній горизонт профілю у якому чітко виражені морфологічні ознаки підзолистого або дернового процесу
Елювіальний	<i>A<sub>2</sub></i>	<i>E</i>	<i>E</i>	Освітлений, білястий, розташований під гумусовим або під гумусово-елювіальним горизонтом (підзолистий, осолоділий та ін.)
Ілювіальний (перехідний)	<i>B (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>)</i>	<i>I (I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub>)</i>	<i>B</i>	Глинисто-ілювіальний ( <i>Bt</i> ), залізисто-ілювіальний ( <i>Bf</i> ), гумусово-ілювіальний ( <i>Bh</i> ), сольовий ( <i>Bsa</i> ), гіпсовий ( <i>Bcs</i> ) та ін.
Глейовий	<i>G</i>	<i>Gl</i>	<i>G</i>	Формується в умовах постійного надмірного зволоження, має сизе або оливкове забарвлення, іноді з іржавими плямами
Солонцевий	<i>B<sub>1</sub></i>	<i>Sl</i>	<i>B<sub>Na</sub></i>	Характерний для солонців, має високий вміст обмінного Na <sup>+</sup>
Карбонатний	<i>B<sub>K</sub></i>	<i>I<sub>K</sub>, P<sub>K</sub></i>	<i>B<sub>Ca</sub></i>	Характерний для карбонатних ґрунтів, виражається наявністю карбонатів в певних горизонтах або по профілю.
Материнська порода	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	Гірська порода з якої утворився ґрунт
Підстилаюча порода	<i>D</i>	<i>D</i>	<i>D</i>	Гірська порода на якій розташована ґрунтоутворююча порода

Таблиця 4.3

Порівняльна таблиця різних систем індексації горизонтів (Ґрунтового інституту ім. В.В.Докучаєва (1959, система I), В.А.Ковди та інших (1989, система II), система українських ґрунтознавців (1980, система III)

СИСТЕМИ			НАЗВА	ДІАГНОСТИКА
I	II	III		
I група – поверхневі органогенні горизонти				
At	T	T	торф'яний	Формується на поверхні, але зустрічається іноді і в товщі профілю, характеризується консервацією органічної речовини без перетворення в гумус або без мінералізації, містить більше 70% рослинних решток (деревних, мохових, трав'яних), видимих неозброєним оком, різного кольору – бурого, коричневого, жовтого залежно від типу рослинності й ступеня її розкладу
-	TA	TH	торф'яно-перегнійний	Складається із сильно розкладених гуміфікованих (невидимих оком) рослинних решток, чорний, забруднює руки, нестійкої пилювато-зернистої або грудкуватої структури, постійно або періодично насичений водою
-	AT	HT	перегнійний	Поверхневий горизонт чорного кольору з умістом органічної речовини 30-70%, складається з добре розкладених органічних залишків і гумусу з домішками мінеральних компонентів, безструктурний, брудниться, м'який, пухкий
-	TA	TC	торф'яно-мінералізований	Складається з інтенсивно роздроблених мінералізованих і обвуглених рослинних залишків (найдрібніші залишки видимі), попелоподібний, гідрофобний, легко розвіюваний, трапляється на переосушених торф'яниках
Ao	O	Ho	органічний, акумулятивний	Малопотужний, до 15 см, поверхневий шар органічної речовини, що розкладається, не розкладені й напіврозкладені залишки видимі оком, в нижній частині частково перемішаний з мінеральними компонентами, розділяється на:
Ao	-	Hл	лісова підстилка	- суцільний килим, що покриває поверхню ґрунту в лісі;
-	-	Hс	степова повсть	-формується в степах;
-	Ao	Hд	дернина	- мінеральний гумусово-акумулятивний поверхневий горизонт, що формується під трав'янистою рослинністю, складається на 0.5 і більше об'єму з живих коренів, сірий, пухкий
II група – поверхневі мінеральні горизонти				
A	A	H	гумусовий	Мінеральний горизонт акумуляції гуміфікованої органічної речовини (гумусу), рівномірно

СИСТЕМИ			НАЗВА	ДІАГНОСТИКА
I	II	III		
				розміщеної й тісно зв'язаної із мінеральною частиною, найтемніше забарвлений в профілі (сірий, темно-сірий, інколи – коричневий або бурий колір), з великим (до 15-20%) вмістом гумусу, звичайно розташований у верхній частині профілю, найчастіше добре оструктурений грудкувато-зернистий, грудкуватий, зернистий, інколи – домішки інших типів структур, пухкий
Ap	Ap	N <sub>орн</sub>	орний	Змінений тривалим обробітком у землеробстві поверхневий горизонт орних ґрунтів, сформований з одного або декількох різних ґрунтових горизонтів, від нижніх завжди відділяється ясною рівною границею, пилюватий, зернисто-пилюватий; пухкий
A	A <sub>al</sub>	-	водоростева кірочка	Поверхнева добре відшаровувана кірочка водоростей і їх залишків, чорна в сухому стані й зелена при зволоженні, з великою домішкою мінеральних часток, потужністю декілька міліметрів, характерна для пустельних ґрунтів
-	K	-	кірковий	Світла крихка кірочка потужністю до 5 см, розтріскана, легко відділяється від ґрунту, що лежить під нею
-	Q	-	підкірковий	Лежить звичайно під кіркою, світло-забарвлений, сильно пористий, шаруватий або лускуватий, у пустельних ґрунтах
-	S	-	сольова кірка	Біла кірка солей або значні їх вицвіти на поверхні ґрунту
III група – підповерхневі горизонти				
A <sub>2</sub>	E	E	елювіальний	Збіднений внаслідок вимивання органічних і мінеральних речовин, білястий, світло-сірий або палевий, пластинчастий або плитчастий, пухкий. Поділяється на:
A <sub>2</sub>	E	E	підзолистий	- освітлений, білястий, залягає у верхній частині профілю під T, No, N або N <sub>орн.</sub> , формується під впливом опідзолення. Тобто кислотного розкладу мінеральної частини, продукти якого виносяться з цього горизонту; пухкий, плитчастий, лускуватий або безструктурний
-	-	Ne	опідзолений	- сірий, білястий, грудкувато-горіхуватий або із зачатками пластинчастої структури, із присипкою SiO <sub>2</sub> , характеризується слабо вираженим процесом опідзолення
A <sub>2</sub>	E	E	осолоділий	- освітлений, білястий, знаходиться у верхній частині профілю з поверхні або під N, формується

СИСТЕМИ			НАЗВА	ДІАГНОСТИКА
I	II	III		
				під впливом осолодіння, тобто лужного розкладу мінеральної частини в результаті надходження Na в ГВК (грунтово-вбирний комплекс) і подальшого його вилучення воднем, виносу вниз продуктів розкладу й мулу. плитчастий, лускуватий або безструктурний, пухкий
B	B	I	ілювіальний	Збагачений глинистими частинками, бурувато-коричневий, темно-сірий, щільний, призматичний, горіхуватий, стовпчастий або безструктурний, розташований під горизонтом E в середній частині профілю, характеризується накопиченням глини, аморфних продуктів, півтораокислів. Виділяють за інтенсивно пептизованою грунтовою масою, збагачений рухомими глинами, кремнеземом, органічною рухомою речовиною, сірого або чорного кольору, стовбчастої або призматичної структури, в сухому стані дуже твердий, щільний, у вологому – безструктурний, в'язкий
-	B <sub>1</sub>	-	глинисто-ілювіальний	
-	B <sub>fe</sub>	-	залізисто-ілювіальний	
-	B <sub>h</sub>	-	гумусово-ілювіальний	
-	B <sub>Na</sub>	Sl	солонцевий	
-	B <sub>Ca</sub>	-	карбонатно-ілювіальний	
-	B <sub>Sa</sub>	-	сольовий	
-	B <sub>cs</sub>	-	гіпсовий	
B	B	-	метаморфічний	Збагачений глинистими частинками, з буруватим відтінком, утворений при трансформації мінералів ґрунту на місці. Поділяється на сіалітно-, фералітно-метаморфічний, глейовий.
-	B <sub>m</sub>	-	сіалітно-метаморфічний	
-	B <sub>ox</sub>	-	фералітно-метаморфічний	
G	G	Gl	глейовий	Мінеральний або органо-мінеральний, суцільний або строкатий горизонт яскраво-синього, голубого, сизого або оливкового кольору, безструктурний, формується при заболоченні ґрунтів, постійному перенасиченні водою
-	-	gl	глеюватий	Будь-який горизонт, в якому є окремі сизі або сизуваті плями
IV група – підґрунтові горизонти				
C	C	P	материнська порода	Гірська порода, з якої сформувався ґрунт, горизонт подібний на ґрунт літологічно, але не має його ознак
D	D	D	підстилаюча порода	Порода, що залягає нижче ґрунтоутворюючої

На сучасному етапі вчені в ґрунтах України виділяють такі основні генетичні горизонти:

**T** – торфовий – складається більш ніж на 70% з рослинних решток різного ступеню розкладання; торфово-перегнійний – складається зі спресованих гуміфікованих рослинних решток, має слабку пилювато-грудочкувату структуру, чорний колір. Спостерігається на окультурених торфовищах;

**ТС** – торфово-мінералізований – складається із сильноподрібнених мінералізованих рослинних решток. Вони порохоподібні, гідрофобні. Залягають на переосушених торфовищах;

**ТН** – торфово – перегнійні, складаються з сильнорозкладених гуміфікованих рослинних залишків (розорані торфовища);

**Но** – лісова підстилка – надґрунтовий поверхневий шар різного ступеня розкладу, лісовий опад (Нл) або залишки трав'янистої рослинності (повстина) (Нс);

**Hd** – дернинний – складається більше ніж наполовину з живих і мертвих коренів трав'янистої рослинності; **H** – гумусовий – горизонт акумуляції гумусу, який рівномірно забарвлює його у чорний колір і тісно пов'язаний з мінеральною частиною ґрунту, зернистої або грудкуватої структури;

**E** – елювіальний – збіднений на органічні та мінеральні колоїди внаслідок їх вимивання. Має ясно-сірі й білясті кольори, горизонтально поділений;

**I** – ілювіальний – збагачений колоїдами (глинистими часточками, рухомими півтораоксидами й органічними речовинами). Має бурувато-червоний, м'ясочервоний, бурувато-брудний, темно-сірий колір, щільний, призматичної, горіхуватої структури;

**I (SL)** – солонцевий – ґрунтова маса дуже сильно пептизована, збагачена на колоїди (глину, півтораокисли, органічні речовини) сірого або чорного кольору, стовбчастої, призматичної, горіхуватої структури;

**GI** – глейовий – мінеральний або орґано-мінеральний горизонт оливкового, сталевосірого, блакитного чи сизого кольору, безструктурний, що утворився внаслідок відновних процесів у гідроморфних умовах;

**M** – мергелистий – горизонт акумуляції мергелю гідрогенним шляхом. Перехідні горизонти позначаються змішаним символом, який складається із символів суміжних горизонтів:

**Pf** – псевдофібровий горизонт;

**R** – орґандовий горизонт;

**Rt** – орґштейновий горизонт;

**EI** – елювіально-ілювіальний – перехідний горизонт, у якому проявляються ознаки двох суміжних горизонтів, у даному разі елювіального та ілювіального;

**Hp** – верхня частина перехідного горизонту – спостерігається в ґрунтах з поступовим переходом ознак гумусового горизонту до материнської породи;

**Ph** – нижня частина перехідного горизонту, що межує з материнською породою;

**HE** – гумусово-елювіальний горизонт – характеризується тим, що в ньому разом з накопиченням гумусу відбувається гідроліз мінералів і частковий винос продуктів руйнування (колоїдів, солей тощо);

**HI** – гумусово-ілювіальний – горизонт, у якому акумулюються органічні і мінеральні колоїди, солі, що вимиті з верхніх елювіальних горизонтів;

**P** – материнська порода – гірська порода, з якої утворився ґрунт.

**D** – підстилаюча порода – порода, що залягає нижче материнської. Майже всі ознаки, що виділяються в основних горизонтах, можуть проявлятися по-різному: в одних випадках – бути основними ознаками, а в інших – допоміжними, де вони проявляються в меншій мірі. У такому випадку їх позначають такими ж самими, але маленькими літерами і пишуть праворуч від основного символу, наприклад **He, Hpi, Ip**.

Особливі властивості позначаються так (рис. 4.46): **k** – наявність карбонатів; **ks** – наявність легкорозчинних солей ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ); **g** – наявність гіпсу; **c** – наявність соди; **r** – м'які Fe-Mn-конкреції; **rt (n)** – тверді Fe-Mn-конкреції; **rk (kn)** – карбонатні конкреції; **f** – наявність вохристих плям; **mf** – метаморфізований горизонт; **les** – лесивований (оглинений) горизонт; **q** – уламки щільних безкарбонатних порід; **qk** – уламки щільних карбонатних порід; **z** – копроліти, червороїни, кротовини; **n** – орний горизонт; **df** – гумусовий еолово-відкладений; **pl** – плантажований; **ag** – насипні (рекультивовані) горизонти; **m** – ознаки пов'язані з осушенням; **mo** – ознаки пов'язані зі зрошенням; **de(eol)** – еолові наносні горизонти на поверхні ґрунту; **dl** – делювіальні наносні горизонти на поверхні ґрунту; **al** – алювіальні наносні горизонти на поверхні ґрунту; **a (orn)** – орні горизонти; **(h), (s), (gl), ...** – слабкий прояв морфологічних ознак; **/k, /s, /h, ...** – прояв ознак у нижній частині горизонту.

Перехідні горизонти, що сполучають в однаковій мірі ознаки двох сусідніх горизонтів, позначаються символами суміжних горизонтів (наприклад, **HE** – гумусово-елювіальний горизонт).

– Перехідні горизонти, що сполучають ознаки різного ступеня виразності, позначають символами із великої і малої літери (наприклад, **Hp, Ph**).

– Поховані горизонти записують у квадратних дужках (наприклад, **[H]**).

– Локальна концентрація новоутворення чи включення, чи дуже слабо виражена ознака позначається символом у дужках (наприклад, **P(h)**).

– Ознаку в нижній частині горизонту відокремлюють косою рисою, (наприклад, **P/k**).

- k – наявність карбонатів;
- s – наявність легкорозчинних солей;
- r – наявність м'яких залізисто-марганцевих стягнень та пунктуаций;
- p – наявність твердих залізисто-марганцевих конкрецій;
- kp – наявність карбонатних конкрецій;
- q – наявність уламків твердих безкарбонатних порід;
- qk – наявність уламків твердих карбонатних порід;
- F – наявність вохри;
- z – наявність копролітів, червоточки, кротовин;
- dn – наявність ерозії (денудації);
- dl – делювіальні наносні горизонти на поверхні ґрунту;
- de – еолові наносні горизонти на поверхні ґрунту;
- al – алювіальні наносні горизонти на поверхні ґрунту;
- a – орні горизонти (від лат. arvisum – поле);
- ag – насипні рєкультивовані горизонти (agger – насип);
- pl – плантажовані горизонти;
- mo – ознаки, пов'язані зі зрошенням;
- m – ознаки, пов'язані з осушенням.

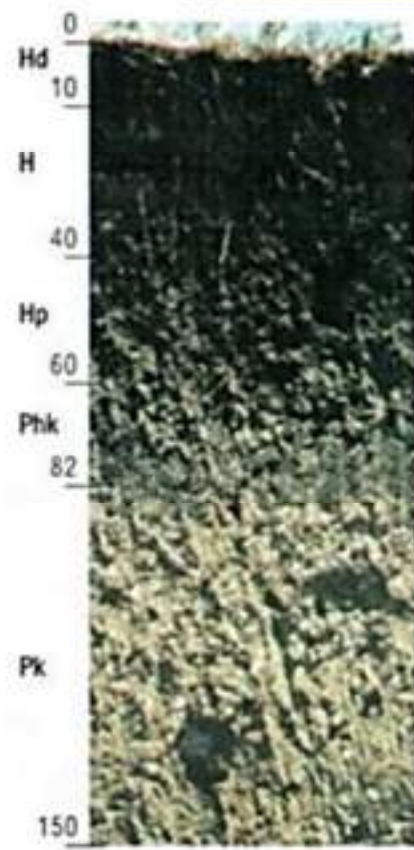
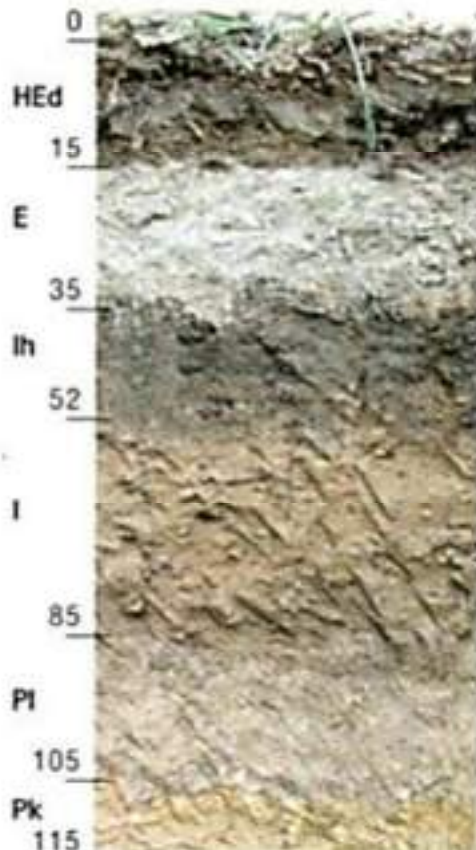
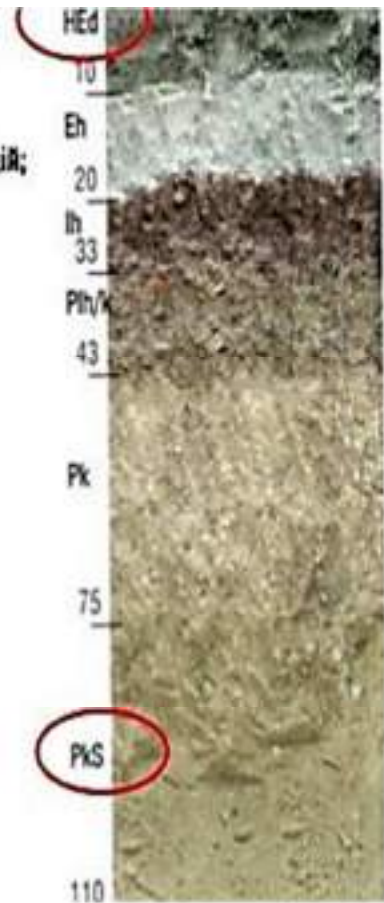


Рис. 4.44. Індєксація профілю різних типів ґрунтів та використання додаткових індєксів у індєксації ґрунтового профілю (нижня позиція).



### Міжнародна діагностична система горизонтів

Таксономічні одиниці WRB визначені в термінах „діагностичні горизонти”, які можна виміряти і спостерігати – основних ідентифікаторів у класифікації ґрунтів. Діагностичні горизонти визначені як „характерні властивості (комбінації властивостей) ґрунтів і/або матеріалу ґрунтів”. Діагностичні горизонти, властивості та речовини, що використовуються WRB для виділення реферативних груп ґрунтів, описані в таблицях 3.7-3.9 та представлено на рис. 4.45-4.47.

Необхідно відзначити різницю між позначеннями горизонтів, які застосовуються для опису профілю і діагностичними горизонтами, які використовуються в класифікації ґрунтів. Перші належать до номенклатури, у якій головні індекси горизонтів (H, O, A, E, B, C і R) використовуються для різних горизонтів профілів при описі й інтерпретації в польових умовах. Вибір індексу горизонту залежить від персональної оцінки ґрунтознавця. Діагностичні горизонти, з іншого боку, жорстко визначені, а їх наявність чи відсутність може бути встановлена на основі однозначних польових і/або лабораторних досліджень. Деякі з діагностичних горизонтів у системі WRB – особливі форми A або B-горизонтів, наприклад моллік (mollic) горизонт A або фералік (ferralic) B-горизонт. Інші діагностичні горизонти не обов'язково позначаються A чи B, наприклад карбонатні (calcic) або гіпсові (gypsic).

Таблиця 3.7

#### Короткий огляд діагностичних горизонтів

Поверхневі та підповерхневі горизонти, що знаходяться на незначній глибині	
антропогенні (anthropogenic)	поверхневі та підповерхневі горизонти, які є результатом довготривалого антропогенезу, особливо – глибокого обробітку, інтенсивного удобрення, внесення земляного матеріалу, зрощення або осушення
чорнуваті (chernic)	глибокий, добре структурований, чорнуватий поверхневий горизонт з високою СНО, високим вмістом органічної речовини, інтенсивною біологічною активністю і добре розвиненою, зазвичай кубоподібною, структурою. Вміст органічного вуглецю проміжний між mollic (моллік) і histic (гістік) горизонтом
фолік (folic)	поверхневий або підповерхневий горизонт на незначній глибині, складається з добре аерованого органічного матеріалу
фульвік (fulvic)	потужний, чорний поверхневий горизонт, має низьку щільність і високий вміст органічного вуглецю через наявність свіжевивержених мінералів (наприклад, аллофану) і/або органо-алюмінієвих комплексів
гістік (histic)	(торф'яний) поверхневий або підповерхневий горизонт, зустрічається на незначній глибині, складається з органічної речовини

меланік (melanic)	потужний, чорний поверхневий горизонт, зумовлений наявністю свіжовивержених мінералів (наприклад, аллофану) і/або органо-алюмінієвих комплексів. Подібний до горизонту фульвік, за винятком того, що індекс меланік <sup>1</sup> менший 1.70
моллік (mollic)	добре оструктурений, темний поверхневий горизонт з високою СНО і від помірного до високого вмістом вуглецю
такирік (takyric)	поверхневий горизонт важкого гранскладу, що складається зі щільної поверхневої кірки і плитоподібної нижньої частини; сформований у засушливих умовах у періодично затоплюваних ґрунтах
умбрік (umbric)	добре оструктурений, темний поверхневий горизонт з низькою СНО і від помірного до високого вмістом органічної речовини
охрік (ochric)	поверхневий нешаруватий горизонт, що має або світле забарвлення, або малопотужний, або має низький вміст органічного вуглецю, або є масивним і дуже твердим в сухому стані
вітрік (vitric)	поверхневий або підповерхневий горизонт, багатий вулканічним склом та іншими первинними мінералами, пов'язаний з вулканічним виверженням
єрмік (yermic)	поверхневий горизонт із фрагментів породи („пустельний тротуар”), які звичайно, але не завжди, вкладені у пористу кірку і покриті тонким еоловим піском або шаром лесу
<b>Підповерхневі горизонти</b>	
альбік (albic)	освітлений елювіальний горизонт кольору оголених мінеральних зерен ґрунтів, який зазвичай лежить над горизонтом ілювіальним
андік (andic)	горизонт, що утворився внаслідок вивітрювання переважно пірокластичних відкладів; мінеральна частина складається зі свіжовивержених мінералів типу аллофану
аргік (argic)	підповерхневий горизонт, що містить помітно більше глини, ніж горизонт, що знаходиться вище, результат ілювіального нагромадження глини і/або педогенетичного формування глини в підґрунті, і/або руйнування чи вибіркової ерозії глини на поверхні ґрунту
камбік (cambic)	генетично молодий підповерхневий горизонт, в якому очевидні зміни відносно нижчих горизонтів ґрунту: змінене забарвлення, відсутність карбонатів або змінена структура
кріік (cryic)	горизонт вічної мерзлоти у мінеральних або органічних матеріалах ґрунтів
карбонатний (calcic)	горизонт помітного збагачення карбонатом кальцію
дурік (duric)	підповерхневий горизонт зі слабо зцементованих кварцом (SiO <sub>2</sub> ) отверділих конкрецій, відомий як пізоліт

фералік (ferralic)	сильно вивітрений горизонт, у якому серед глинистих мінералів переважають низькоактивні глини, а фракції піску представлені стійкими речовинами типу оксидів заліза, алюмінію, мангану, титану
феррік (ferric)	підповерхневий горизонт, у якому відбулася сегрегація заліза такого ступеня, що в масі ґрунту (матриці), яка значно збіднена залізом, сформувалися великі залізисті плями, або конкреції
фрагік (fragic)	щільний, зцементований підповерхневий горизонт, через який корені та вода можуть проникати тільки по природних тріщинах і смугах
гіпсовий (gypsic)	помітно збагачений сульфатом кальцію горизонт
натрієвий (natric)	підповерхневий горизонт з великою кількістю глини порівняно з будь-яким іншим горизонтом у профілі та високим відсотком ввібраного натрію; зазвичай щільний, зі стовбчастою або призматичною структурою
нітік (nitic)	збагачений глиною підповерхневий горизонт з помірною або надмірною багатогранною чи горіхуватою структурою та глянсуватими агрегатами
петрокарбонатний (petrocalcic)	суцільний, зцементований або затверділий карбонатний горизонт
петродурік (petroduric)	суцільний підповерхневий горизонт, зцементований в основному вторинним кварцом (SiO <sub>2</sub> ), також відомий як дуріпен
петрогіпсовий (petrogypsic)	зцементований горизонт, що містить вторинні акумуляції гіпсу (CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O)
петроплінтік (petroplinthic)	суцільний шар, зцементований залізовмісними сполуками, містить тільки сліди органічної речовини
плінтік (plinthic)	підповерхневий горизонт, що складається з багатої на залізо, бідної на гумус суміші каолінової глини з кварцом та іншими елементами, і який незворотно перетворився в ортштейн або в неупорядковані агрегати при періодичному зволоженні та висушуванні з вільним доступом кисню
сольовий (salic)	поверхневий або малопотужний підповерхневий горизонт, що містить 1 % або більше розчинних солей
сподік (spodic)	темнозabarвлений підповерхневий горизонт з ілювіюваними аморфними сполуками, що складаються з органічної речовини й алюмінію, із залізом або без нього
сірчаний (sulfuric)	надзвичайно кислий підповерхневий горизонт, у якому сірчана кислота утворилася шляхом окислення сульфідів
вертік (vertic)	підповерхневий горизонт, збагачений глинами, що набрякають, має поліровані „поверхні ковзання” структурних агрегатів, або клиноподібні чи паралелепіпедні структурні відміни, що сформувалися після періодичного розширення і звуження

<sup>1</sup> melanic індекс (MI) – відношення спектральної поглинальної здатності гумусу, екстрагованого NaOH-витяжкою, при довжині хвиль 450 і 520 нм. (Honna T., S. Yamamoto і K. Matsui. 1988. A simple procedure to determine the melanic index that is useful for differentiating Melanic from Fulvic Andisols. Pedologist, Vol.32 No 1, 69-75.)

**Короткий опис діагностичних властивостей**

різка структурна зміна	дуже різке збільшення вмісту глини протягом незначної вертикальної відстані
альбелювіковий язик	збіднена залізом речовина, що проникає в горизонт аргік по поверхнях структурних агрегатів
алікові властивості	дуже кисла речовина ґрунтів з високим вмістом обмінного алюмінію
арідікові властивості	стосуються матеріалів ґрунтів з низьким вмістом органічної речовини, наявністю еолової діяльності, світлим забарвленням і (фактично) насиченого основами
суцільна важка порода	матеріал, що виглядає досить суцільним і твердим при копанні лопатою
фералік властивості	вказують, що мінеральна частина ґрунтів має низьку ЄКО або набула би властивості горизонту фералік, якщо була б важчого гранскладу
джерік властивості	позначають речовину ґрунтів з дуже низькою ЄКО або навіть здатну до обміну аніонів
глейік властивості	візуальне свідчення тривалого застою високого рівня ґрунтової води
вічна мерзлота	вказує, що температура ґрунтів завжди дорівнює або нижча 0°C протягом, принаймні, двох років підряд
вторинні карбонати	значна кількість переміщеного вапна, досить м'якого, який може бути легко зрізаним нігтем пальця, яке випало з ґрунтового розчину, а не успадковане від материнської породи
стагнік властивості	візуальне свідчення тривалого поверхневого перезволоження застійною водою
сильно гумусові властивості	свідчать про високий вміст органічного вуглецю у верхньому метрі ґрунтів

**Короткий опис діагностичних речовин**

антропогенна	незатверділа мінеральна або органічна речовина, значною мірою створена діями людини і мало змінена ґрунтоутворними процесами
карбонатна	речовина ґрунтів, що містить більше ніж 2-процентний еквівалент карбонату кальцію і сильно закипає з 10% HCl у більшості родючих ґрунтів
флювік	флювіальні, морські й озерні відклади, що характеризуються шаруватістю, принаймні 25 відсотків об'єму ґрунтів на протязі певної глибини і/або мають вміст органічного вуглецю, що хаотично зменшується з глибиною
гіпсова	мінеральна речовина ґрунтів, що містить 5 або більше відсотків гіпсу за об'ємом
органічна	органічні залишки, що накопичуються біля поверхні й в яких мінеральний компонент не впливає суттєво на властивості ґрунтів
сульфідна	затоплені відклади, що містять сірку, головним чином сульфіді, не більше середнього вміст карбонату кальцію
тефрікова (tephric)	незатверділі, невивітрені або тільки слабо вивітрені продукти вулканічних вивержень, що містять (або не містять) домішки речовин іншого походження

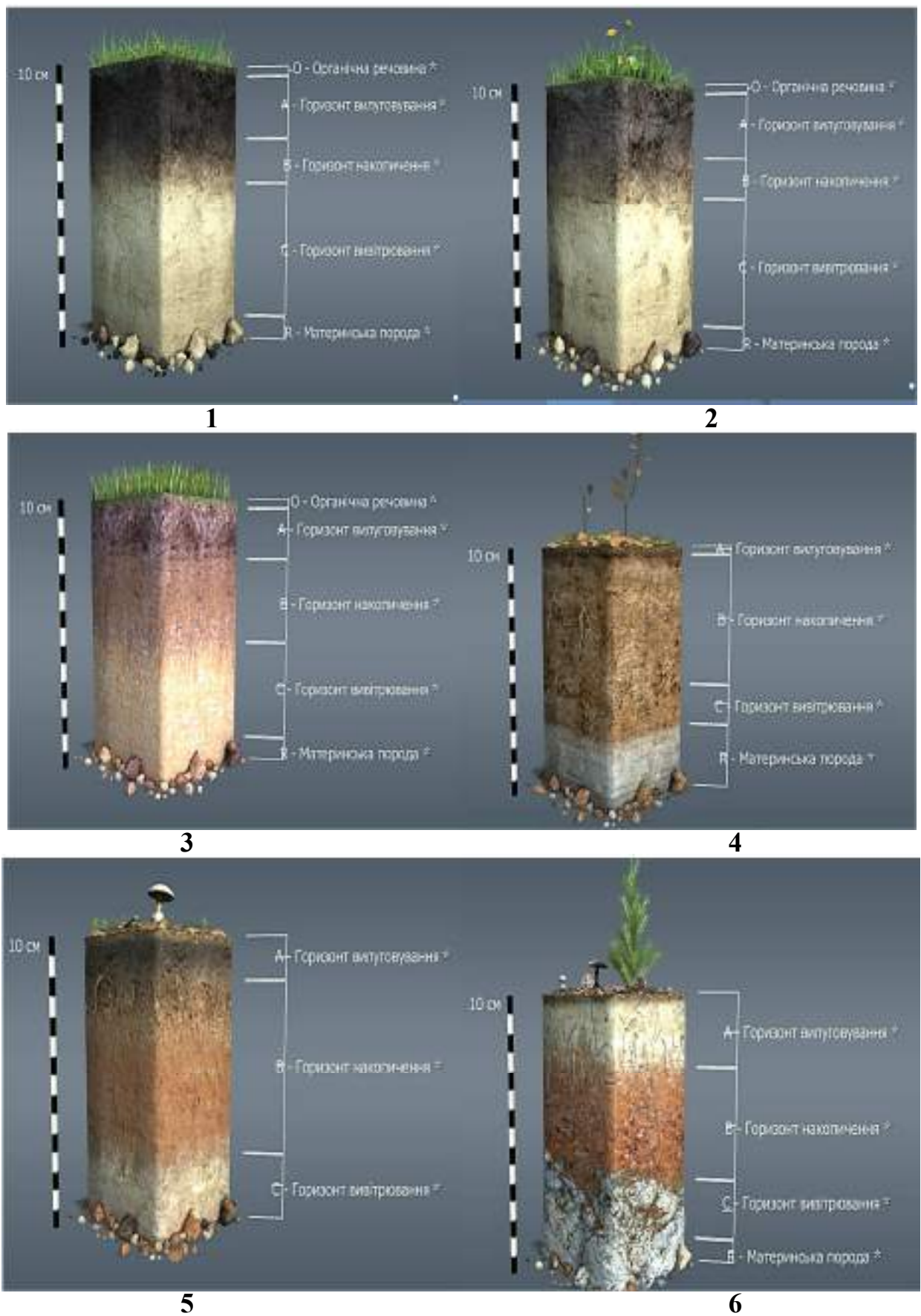


Рис. 4.45. 3D профілі ґрунтів помірної зони  
 (1 – Чорноземи, 2 – Феоземи, 3 – Каштаноземи, 4 – Бурі лісові (Камбісоли), 5 – Глинисто-бурі (Лювісоли), 6 – Підзолисто-бурі (Альбелювісоли).

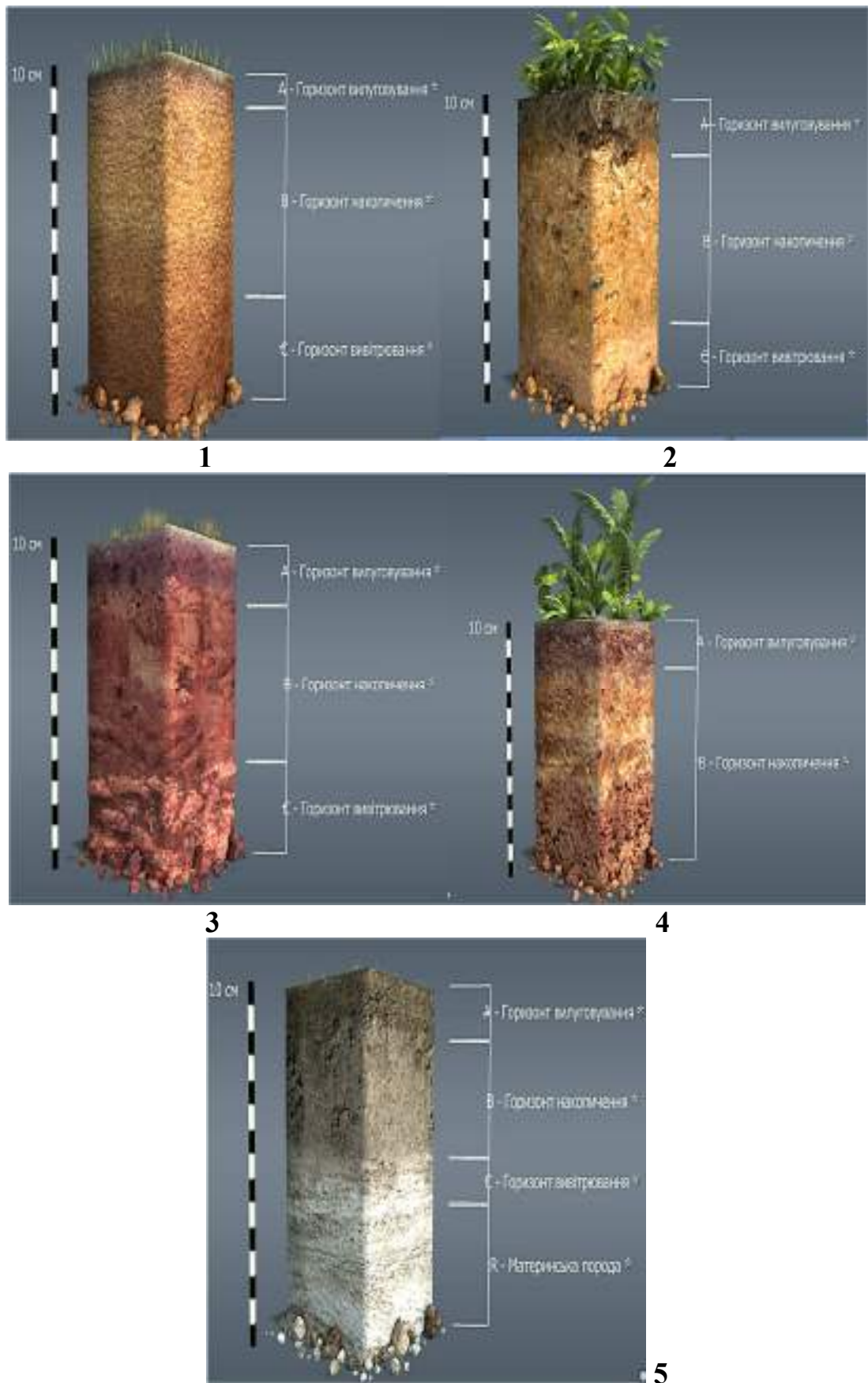


Рис. 4.46. 3D профілі ґрунтів помірно-теплого і тропічного, спекотного поясу (1 – Акрісолі, 2 – Алісолі, 3 – Ліксісолі, 4 – Феральсолі, 5 – Кальцісолі).

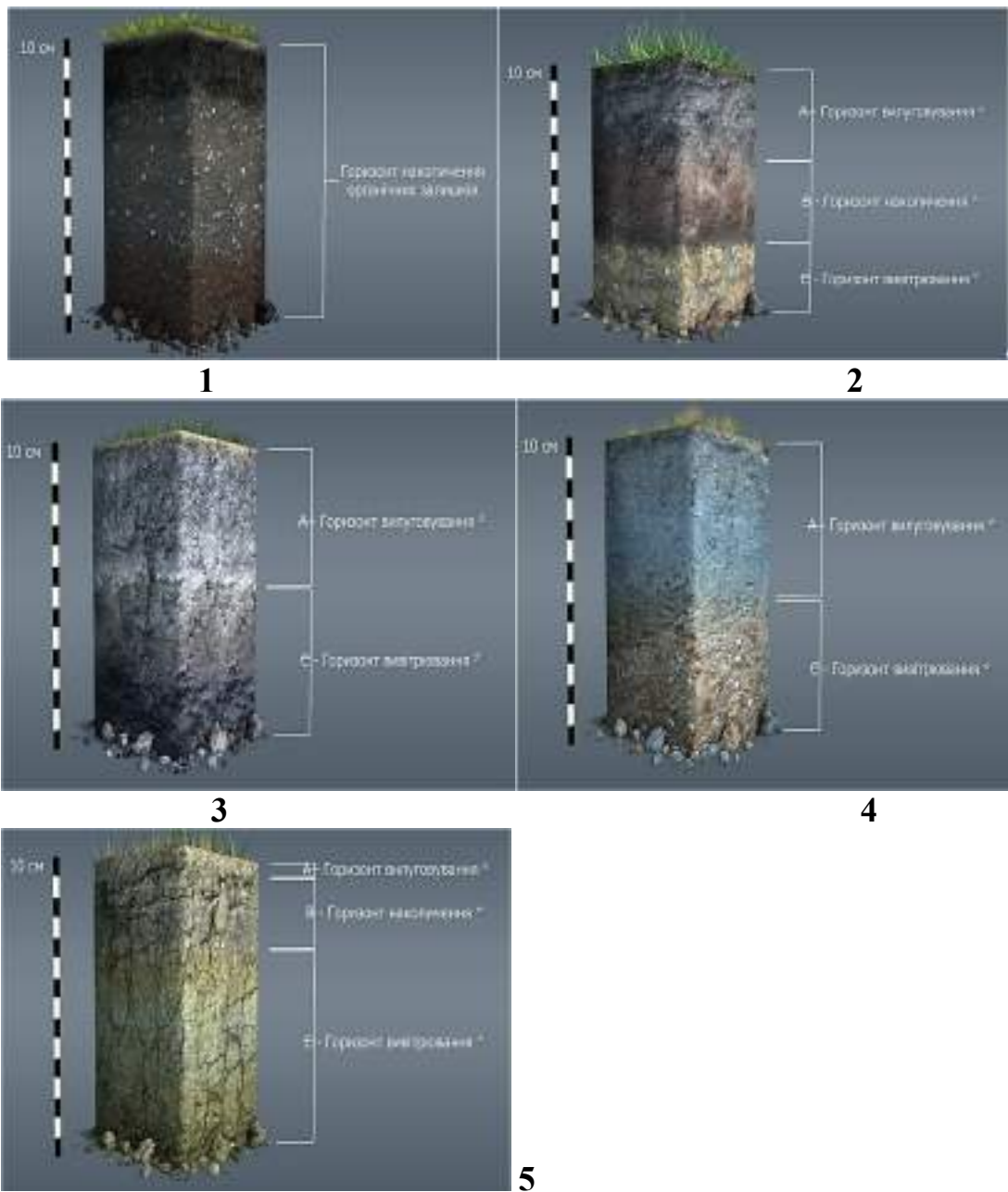


Рис. 4.49. 3D профілі гідрогенних ґрунтів (1 – Гістосоли, 2 – Глейсоли, 3 – Вертисоли, 4 – Солончаки, 5 – Солонці).

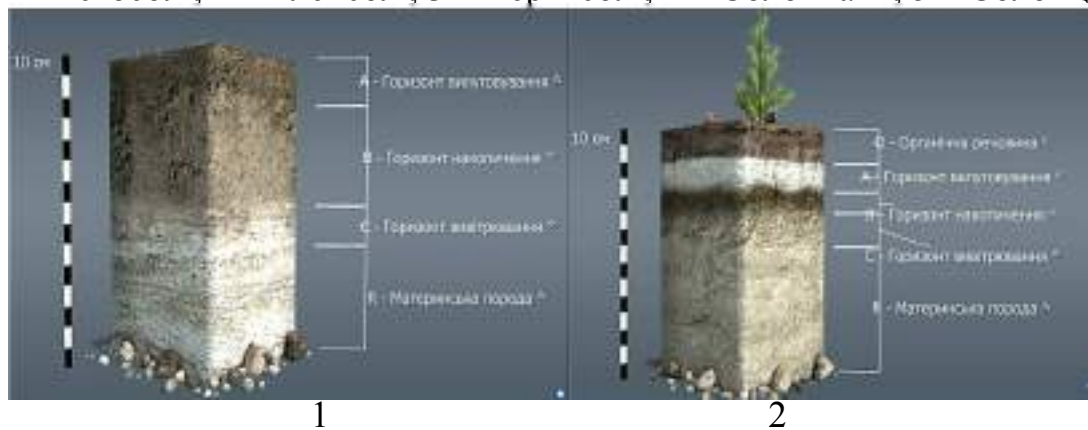


Рис. 4.47. 3D профілі ґрунтів арктичної та помірно-холодної зон (1 – Криосоли, 2 – Підзоли).

## ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які Ви знаєте морфологічні ознаки ґрунту?
2. Як проводиться запис глибини генетичних горизонтів?
3. В яких одиницях вимірюється глибина профілю?
4. Що розуміється під терміном "будова ґрунту"?
5. Що значить термін „гранулометричний склад ґрунту”?
6. Що розуміється під терміном „структура ґрунту”?
7. Що значить термін „зложення ґрунту”?
8. Які за походженням бувають новоутворення?
9. Що відносять до включень?
10. Назвіть горизонти які позначають індексами Но–А<sub>0</sub>, Н<sub>d</sub> – А<sub>d</sub>, Н–А
11. Назвіть горизонти які позначають індексами НЕ – А<sub>1</sub>, Е – А<sub>2</sub>
12. Які горизонти позначають індексами І – В, Р – С?
13. Які горизонти позначають індексами ЕІ – В<sub>1</sub>, ІР – В<sub>3</sub>?
14. Чим обумовлюється забарвлення ґрунту в чорний, червоний та білий кольори?
15. Яка різниця між горизонтами, які позначають індексами НЕ, Не, ЕН та Еh?
16. Дайте коротку характеристику фазового складу ґрунту.
17. Оцініть поняття "морфологічна будова ґрунту", опишіть рівні морфологічної організації ґрунту. Основні поняття ґрунтової морфології.
18. Визначте поняття "ґрунтовий профіль", причини його утворення.
19. Охарактеризуйте основні типи будови профілів і границь між генетичними горизонтами.
20. Визначте поняття "генетичні горизонти", охарактеризуйте основні принципи та напрямки їх індексації.
21. Оцініть забарвлення як важливу морфологічну ознаку ґрунту.
22. Оцініть структуру ґрунту як важливу морфологічну ознаку.
23. Визначте поняття "гранулометричні фракції", дайте їх коротку характеристику.
24. Визначте поняття "гранулометричний склад ґрунту", принципи класифікації ґрунтів за гранулометричним складом.
25. Дайте класифікацію та характеристику властивостей механічних елементів ґрунтів.
26. Як впливає гранулометричний склад порід на ґрунтоутворення?
27. Як впливає гранулометричний склад ґрунтів на їх властивості?
28. Оцініть новоутворення та включення як важливу морфологічну ознаку ґрунту.
29. опишіть принципи української індексації генетичних горизонтів.
30. Охарактеризуйте діагностичні ознаки поверхневих генетичних горизонтів.
31. Охарактеризуйте діагностичні ознаки підповерхневих генетичних горизонтів.
32. Обґрунтуйте переваги та недоліки української індексації генетичних горизонтів.
33. Оцініть характер переходів між генетичними горизонтами як морфологічну ознаку.



## РОЗДІЛ 5. СТРУКТУРА ҐРУНТУ

### 5.1. Гранулометричний склад ґрунту

До складу ґрунтоутворюючих порід та ґрунтів входять первинні та вторинні мінерали. Первинні мінерали утворюються під впливом вивітрювання з вихідних порід і представлені переважно частинками більше 0.001 мм. Вторинні мінерали виникають з первинних під дією кліматичних та біологічних чинників та їх розміри будуть менше 0.001 мм (табл 5.1, рис. 5.1-5.3). Гранулометричні елементи успадковані від материнської породи в результаті фізичного, хімічного й біологічного вивітрювання. Поняття гранулометричного елемента – умовне, тому що його існування визначається способом відокремлення його із ґрунту.

Таблиця 5.1  
Фракції гранулометричного складу ґрунту за М.О. Качинським

	<i>Назва фракції</i>	<i>Розмір фракції, мм</i>
1.	Камні	> 3
2.	Гравій	3 – 1
3.	Пісок: грубий середній дрібний	1 – 0,5 0,5 – 0,25 0,25 – 0,05
4.	Пил: грубий середній дрібний	0,05 – 0,01 0,01 – 0,005 0,005 – 0,001
5.	Мул: грубий тонкий	0,001 – 0,0005 0,0005 – 0,0001
6.	Колоїди	<0,001
7.	Фізична глина	<0,01
8.	Фізичний пісок	>0,01

Тверда фаза ґрунту та ґрунтоутворюючих порід складається з часточок різної величини, які називають механічними елементами. За походженням розрізняють мінеральні, органічні і органо-мінеральні часточки. Вони являють собою уламки гірських порід, деякі первинні та вторинні мінерали, гумусові речовини, продукти взаємодії органічних і мінеральних речовин.

Скелетна частина ґрунту представлена частками більш як 1 мм у діаметрі (частинки менше від 1 мм називають дрібноземом (табл 5.2)).

Таблиця 5.2  
Хімічний склад окремих механічних фракцій, %

Фракції	C	SiO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
0.25-0.01	3,12	77,42	10,68	4,81	1,01	0,11
0,01-0,005	5,29	62,21	17,34	7,65	2,03	0,23
<0,001	10,11	38,98	24,85	14,09	5,10	0,32



Рис. 5.1. Зовнішня відмінність у гранулометричному складі ґрунту.



Рис. 5.2. Органолептичне розділення ґрунту за фракційним складом.

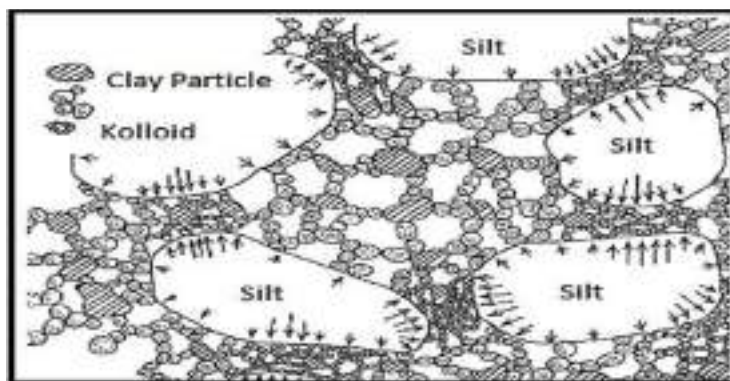
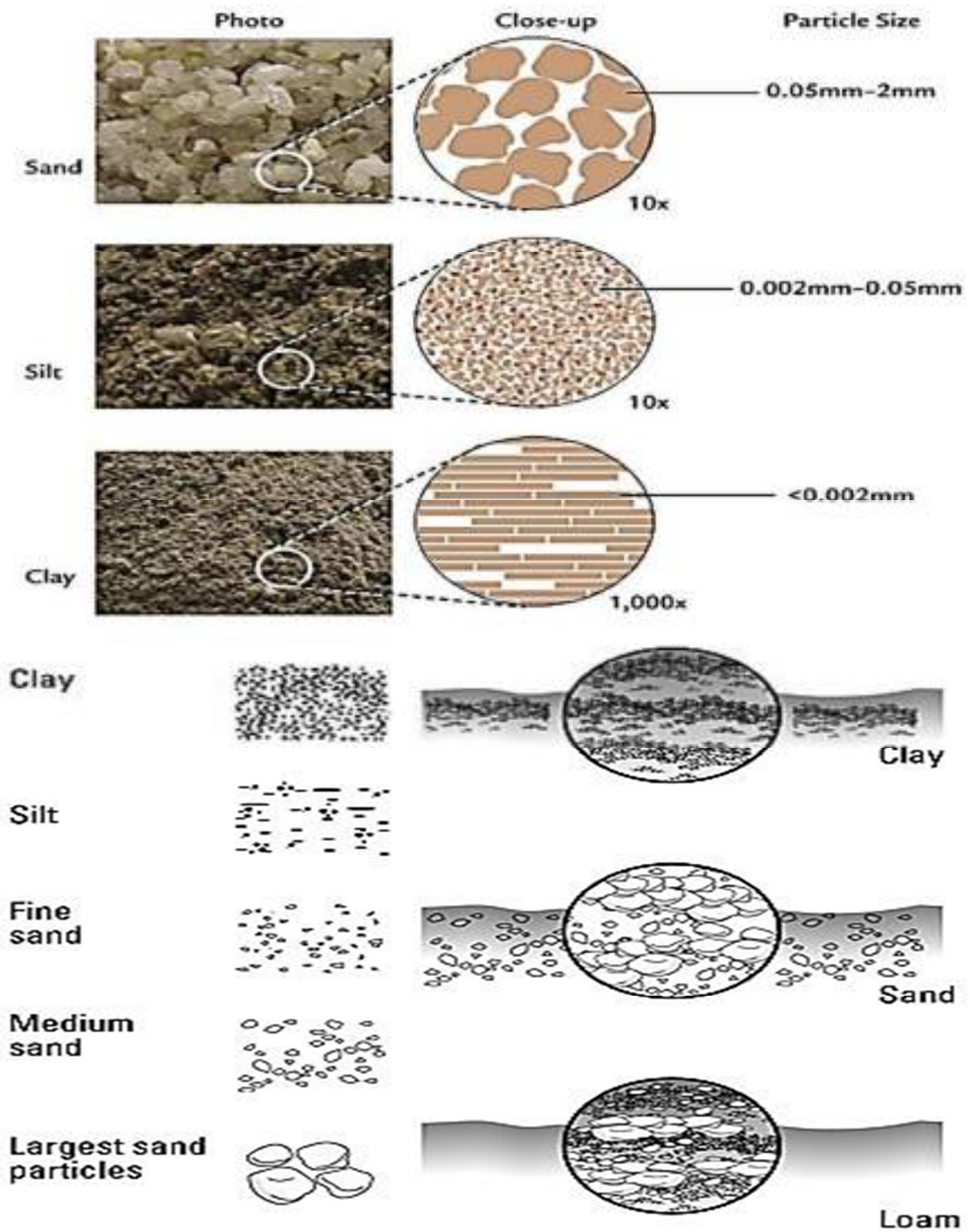


Рис. 5.3. Міжнародна класифікація фракцій гранулометричного складу ґрунту (мовою оригіналу). Сама нижня структура просторова структура суглинку.

Гравійно-кам'яниста частина, пісок, пил і мул дуже відрізняються між собою мінералогічним складом. Каміні складаються з окремих уламків ортоклазу, альбіту, анортиту, слюд та інших первинних мінералів. Зменшення розмірів мінеральних частинок до піщаної та пилуватої розмірності супроводжується збільшенням вмісту в них кварцу. Мул є сумішшю глинистих мінералів, гідрослюд, лимоніту, піролюзиту, псиломелану, гідроаргіліту, вапна, опалу та інших збагачених біогенними елементами мінералів. Це урізноманітнює хімізм окремих механічних фракцій в тому самому ґрунті.

**Гранулометричний (механічний) склад ґрунту** – це процентне співвідношення в ньому частинок різних розмірів. Визначають його за відносним вмістом в ґрунті частинок фізичного піску (розмір більше 0,01 мм) і фізичної глини (частки за розміром менше 0,01 мм), які володіють певними визначеними властивостями (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Характеристика параметрів фізичної глини та фізичного піску

Показник	Фізична глина (до 0,01мм)	Фізичний пісок (понад 0,01)
Пористість	Висока (капілярна)	Помірна (некапілярна)
Зв'язність сухої	Висока	Низька
Зв'язність вологої	Низька	Висока
Пластичність	Висока	Низька
Просідання	Висока	Слабка
Водопроникність	Дуже низька	Дуже висока
Вологоємність	Висока	Невисока
Водопідйомність	Повільна, висока	Швидка, невисока
Уміст SiO <sub>2</sub> , %	До 40	Понад 90
Уміст R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	До 40	До 10
Мінерали	Вторинні	Первинні, кварц
Трофність	Висока	Низька
Фітоіндикація	Аргілофіти	Псамофіти
Терміка	Холодні	Теплі
Обробіток	Важкий	Легкий

Існують різні класифікації ґрунтів за гранулометричним складом. Значного поширення у вітчизняному ґрунтознавстві набула класифікація І.А. Качиньського, в основу якої було покладено вміст та співвідношення фізичного піску і фізичної глини з урахуванням типу ґрунтоутворення (степового-дернового-чорноземного, підзолистого, фералітного, солонцьового). За суцільного обстеження ґрунтів України в період 1957-1961 р. використовували класифікацію М.М. Годліна (табл 5.4).

Коротку назву різновидності ґрунту за гранулометричним складом подано за вмістом фізичного піску (ФП) та глини (ФГ) (їх сума завжди дорівнює 100%). Крім того, в назві можна відобразити наявність двох найбільш вагомих фракцій.

Класифікація ґрунтів за гранулометричним складом  
за Н.А. Качинським

Назва гранулометричного складу ґрунту	Вміст фракції фізичного піску (частинки >0,01 мм), %			Вміст фракції фізичної глини (частинки <0,01 мм), %		
	Підзолисті, сірі лісові (ненасичені)	Чорноземи, червоноземи, жовтоземи	Солонці і солонцюваті	Підзолисті, сірі лісові (ненасичені)	Чорноземи, червоноземи, жовтоземи	Солонці і солонцюваті
Пісок пухкий	100-95	100-95	100-95	0-5	0-5	0-5
Пісок зв'язний	95-90	95-90	95-90	5-10	5-10	5-10
Супіщаний	90-80	90-80	90-85	10-20	10-20	10-20
Суглинки						
Легкі	80-70	80-70	85-80	20-30	20-30	15-20
Середні	70-60	70-55	80-70	30-40	30-45	20-30
Важкі	60-50	55-40	70-60	40-50	45-60	30-40
Глина						
Легка	50-35	40-25	60-50	50-65	60-75	40-50
Середня	35-20	25-15	50-35	65-80	75-85	50-65
Важка	<20	<15	<35	>80	>85	>65

## за М.М.Годліним

Група ґрунтів	Підгрупа ґрунтів	Вміст часток фракцій піску (>0,05 мм), %		Вміст фракції грубого піску, 0,05-0,01 мм	Вміст часток фракцій глини (<0,01 мм)	
		сума всіх фракц і	фракц ія піску 1-0,25 мм		сума фракції 0,01- 0,001 мм	фракція мулу, <0,001 мм
1	2	3	4	5	6	7
Піщані	Піщані	>90	>50	< 6	< 6	>2
	Глинисто-піщані	75-90	< 25	< 15	< 15	2-4
Супіщані	Супіщані	40-70	>20	20-45	10-20	4-10
	Пилувато-супіщані	25-50	< 10	40-60	10-25	4-10
Піщано-суглинкові	Піщано-легкосуглинкові	30-60		10-30	25-40	11-19
	Піщано-середньосуглинкові	20-40		20-40	35-50	20-30
	Піщано-важкосуглинкові	10-20		20-40	40-60	31-39
Грубопилувато-середньосуглинкові	Грубопилувато-легкосуглинкові	< 25		55-65	20-35	11-19
	Грубопилувато-середньосуглинкові	< 15		50-60	30-60	20-30
Пилувато-суглинкові	Пилувато-легкосуглинкові	< 20		40-50	30-45	10-18
	Пилуво-середньосуглинкові	< 10		35-45	40-55	19-25
	Пилувато-важкосуглинкові	< 5		30-40	50-65	26-34
Глинисті	Легкоглинисті			45-35	55-65	35-45
	Середньоглинисті			35-20	65-80	45-55
	Важкоглинисті			< 25	70-90	>55
Піщано-глинисті	> 10		< 30	60-80	40-50	

Класифікація Н.А. Качинського є суто генетичною. У ній враховано здатність глинистої фракції до агрегування при підвищенні гумусованості і великій кількості коагуляторів (Са – в чорноземах, Fe – у червоноземах), а також її легку пептизованість (у солонцюватих ґрунтах). Саме через це за однакового (скажімо, 59 %) вмісту фізичної глини в підзолистих, чорноземних та солонцюватих ґрунтах за гранулометричним складом їх ранжирують по-різному: чорнозем важкосуглинковий, підзолистий легкоглинистий, солонець середньоглинистий.

Додатково поділ ґрунтів на підгрупи проводиться за співвідношенням фракцій: гравію (3-1 мм), піску (1-0,05 мм), грубого пилу (0,05-0,01 мм), пилу (0,01-0,001 мм) і мулу (< 0,001 мм).

У назві ґрунту за механічним складом підкреслено його основну групу (пісок, супісок, суглинок, глина) і підгрупу за вмістом двох вищеназваних фракцій, при цьому на останнє місце ставиться назва переважаючої фракції (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Класифікація ґрунтів за механічним складом (за Н.А.Качинським, 1965)

Група ґрунту за механічним складом	Вміст фізичної глини (частки <0,01 мм), %		
	ґрунти підзолистого типу ґрунтоутворення	ґрунти степового типу ґрунтоутворення	Солонці та сильно солонцюваті ґрунти
Пісок пухкий	0-5	0-5	0-5
Пісок зв'язний	5-10	5-10	5-10
Супісок	10-20	10-20	10-15
Суглинок легкий	20-30	20-30	15-20
Суглинок середній	30-40	30-45	20-30
Суглинок важкий	40-50	45-60	30-40
Глина легка	50-65	60-75	40-50
Глина середня	65-80	75-85	50-65
Глина важка	>80	>85	>65

Наприклад, темно-каштановий ґрунт містить фізичної глини – 62,1%; піску – 7,8; грубого пилу – 29,1; пилу – 28,4; мулу – 32,7%. За вмістом фізичної глини (62,1%) даний ґрунт належить до легких глин. Серед фракцій переважають частки грубого пилу (29,1%) і мулу (32,7%). Отже, повна назва ґрунту за механічним складом буде така: легкоглинистий грубопилувато-мулуватий.

Гранулометричний склад ґрунтів накладає певний відбиток на перебіг ґрунтоутворних процесів, а також має чітко визначене екологічне та певне (нерідко вирішальне) сільськогосподарське, передусім агрономічне значення,

оскільки в тих самих природних умовах, але за різного стартового гранулометричного складу материнської породи формуються ґрунти з різними властивостями. Зокрема, механічний склад ґрунтового покриву України представлений переважно середньосуглинковим та легкоглинистим механічним складом (рис. 5.4).

Кам'янистість ґрунтів враховують і класифікують залежно від вмісту часток розміром  $> 3$  мм (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

Класифікація ґрунтів за кам'янистістю (за Н.А.Качинським, 1965)

Частки 3 мм, %	Ступінь кам'янистості ґрунтів	Тип кам'янистості
$<0,5$	Некам'янистий	Встановлюється за характером скелетної частини
0,5-5	Слабокам'янистий	
5-10	Середньо-кам'янистий	Ґрунти можуть бути валунні, рінякові, щебнисті
$>10$	Сильно-кам'янистий	

На існуючій до цього часу карті ґрунтів України, яку було складено в 1972 р. механічний склад ґрунтів позначено згідно із класифікацією та номенклатурою М.М.Годліна (табл. 5.4 (а і б)).

Ця класифікація відноситься до тричленної, бо в ній при визначенні механічного складу ґрунту враховують три фракції механічних елементів: мулисту ( $<0.001$  мм), грубого пилу (0,05-0,01 мм) та піщану (1-0,25 мм).

За класифікацією М.М.Годліна виділяють наступні групи ґрунтів за механічним складом: піщані, супіщані, піщано-суглинкові, грубопилувато-суглинкові, пилувато-суглинкові та глинисті.

Для розподілу груп ґрунтів за механічним складом на підгрупи враховують додаткові показники:

- в піщаних ґрунтах вміст часток розміром  $>0,25$  мм (піску) –  $>50\%$ ;
- в пилувато-піщаних ґрунтах часток розміром  $>0,25$  мм (піску) –  $< 50\%$ ;
- в глинисто-піщаних ґрунтах часток розміром  $<0.001$  мм (мулу) – від 2 до 5%;
- в грубопилувато-суглинкових ґрунтах часток розміром 0,05-0,01 мм (грубого пилу) –  $> 50\%$

Для визначення назви ґрунту за гранулометричним складом згідно класифікації М.М. Годліна починають визначати з вмісту часток розміром  $< 0,001$  мм (мулу), потім часток розміром 0,05-0,01 мм (грубого пилу) і, в останню чергу, вміст піщаної фракції (1-0,05). Тобто спочатку визначають групу ґрунту за механічним складом, а потім підгрупу.

Механічні елементи знаходяться в ґрунті або породі в вільному стані (наприклад, у піску) і в агрегатному, коли вони з'єднані в структурні окремість – агрегати різної форми, величини і міцності.

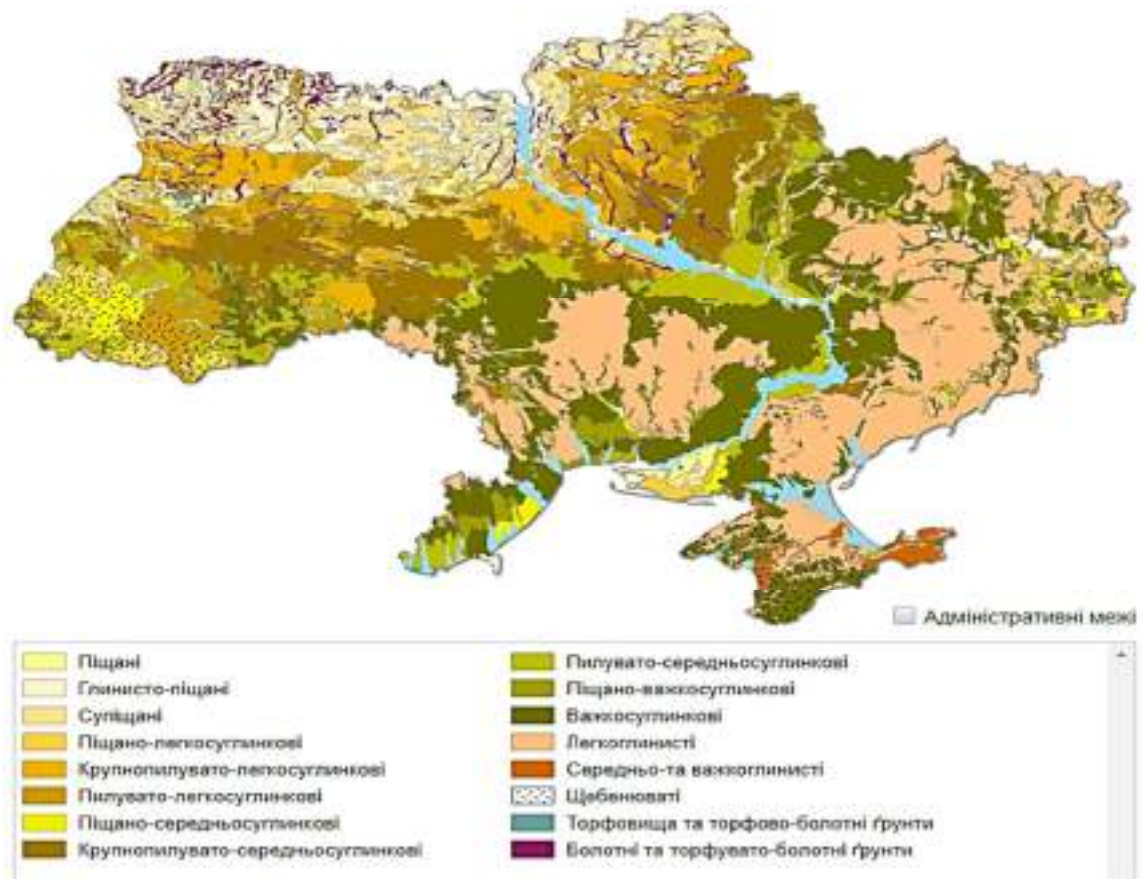


Рис. 5.4 а. Карта механічного (гранулометричного) складу ґрунтів України (градаційна деталізація по регіонах в додатку А).

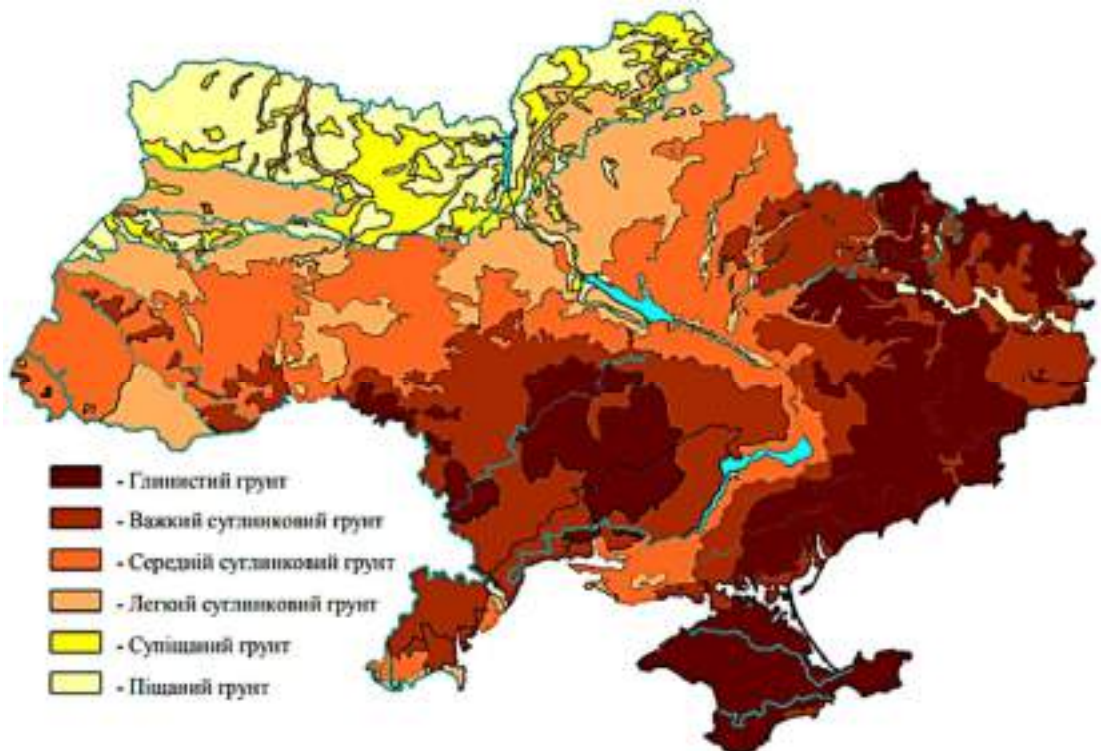


Рис. 5.4 б. Карта механічного (гранулометричного) складу ґрунтів України у форматі доміючих територіальних груп.



Великі агрегати можуть руйнуватися на механічні елементи і більш дрібні агрегати при механічному зусиллі або при розмоканні у воді. В мікроагрегатах (< 0.25 мм) частинки тримаються міцніше і для їх повного роз'єднання застосовують хімічний обробіток. Кількісне визначення механічних елементів називається механічним аналізом. Властивості механічних елементів змінюються в залежності від їх розміру.

Окремі групи механічних елементів по-різному впливають на властивості ґрунту. Це пояснюється їх неоднаковим мінералогічним і хімічним складом та різними фізичними та фізико-хімічними властивостями.

Для графічного зображення гранулометричного складу ґрунтів існує декілька способів, з яких найбільш розповсюджені циклограми, криві гранулометричного складу та діаграмитрикутники (рис. 5.5-5.6).



Рис. 5.5. Трикутник Ферє для діаграмного визначення співвідношення гранулометричних фракцій ґрунту (верхня позиція в оригінальному методично-мовному представленні).

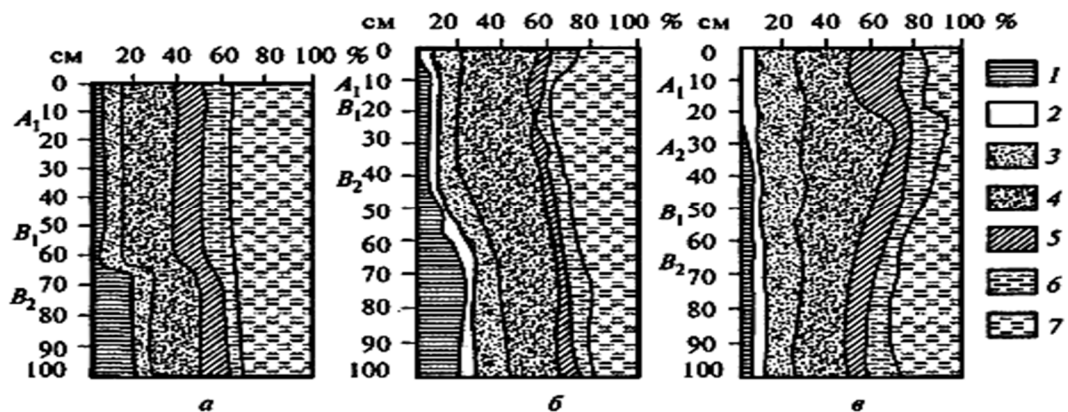


Рис. 5.6. Профільний метод зображення гранулометричного складу: а – чорнозем глинистий муловато-пилуватий; б – солонець стовпчастий суглинистий муловато-пилуватий; в – сильноопідзолений важкосуглинковий піщано-пилуватий ґрунт; 1 – втрата при обробці 0,05 н. НСІ; 2 – пісок середній; 3 – пісок дрібний; 4 – пил грубий; 5 – пил середній; 6 – пил дрібний; 7 – мул.

Розглянемо характерні властивості окремих механічних фракцій. У нормальних (зональних) ґрунтах зазвичай чітко виділяють три фракції: піщану, пиловату, муловату. Четверта (кам'яниста) фракція присутня лише в ґрунтах, де вміст часточок більших за 2-3 мм перевищує 0,5 %. Їх поділяють на слабо- (0,5-5,0 %), середньо- (5-10 %), сильно кам'янисті (> 10 %, частково 8 %). Залежно від характеру скелету ці ґрунти можуть бути кам'янистими, валунними та галечниковими (рінняковими).

**Камні (> 3 мм)** представлені переважно уламками гірських порід. Кам'янистість – це негативна властивість ґрунту. Наявність каміння в ґрунтах ускладнює використання сільськогосподарських машин та обладнання, заважає появі сходів і росту рослин. Кам'янистість класифікують в залежності від кількості часточок більше 3 мм. На слабо кам'янистих ґрунтах спостерігається прискорений знос робочих поверхонь знарядь обробітку. Середньо- і сильно кам'янисті ґрунти потребують меліоративних заходів по видаленню каміння. Валунний тип кам'янистості часто зустрічається в північно-західних районах (на моренних відкладах), щебенюваті ґрунти широко представлені в гірських районах та передгір'ї.

**Гравій (3-1 мм)** – складається з уламків первинних мінералів. Його високий вміст в ґрунтах не перешкоджає обробітку, але надає їм малосприятливі властивості – надмірну водопроникність, відсутність водопідіймальної здатності, низьку вологоємність (менше 3 %). Це є незадовільним для вирощування сільськогосподарських культур.

**Піщана фракція (1-0.05 мм)** складається з уламків первинних мінералів, насамперед кварца і польових шпатів. Характеризується високою водопроникністю, не набрякає, не пластична, однак володіє деякою капілярністю і вологоємністю. Тому природні піски, особливо дрібнозернисті, придатні для вирощування сільськогосподарських культур. Для польових культур придатні піски з вологоємністю не менше 10%, для лісових культур не менше 3 – 5%.

**Пил грубий і середній.** Фракція грубого пилу (0.05 – 0.01 мм) за мінералогічним складом мало відрізняється від піщаної, тому володіє деякими фізичними властивостями піску: не пластичний, погано набрякає, володіє невисокою вологоємністю.

**Для середнього пилу (0.01-0.005 мм)** характерний підвищений вміст слюд. Це надає даній фракції підвищеної пластичності, зв'язності. Середній пил, як більш дисперсний, краще утримує вологу, але володіє поганою водопроникністю, не здатний до коагуляції, не приймає участь в структуроутворенні та фізико-хімічних процесах, що відбуваються в ґрунті. Тому ґрунти, збагачені фракцією грубого і середнього пилу, легко розпорошуються, схильні до запливання і ущільнення, відрізняються слабкою водопроникністю.

**Пил тонкий (0.005-0.001)** характеризується відносно високою дисперсністю, до складу входять первинні і вторинні мінерали. Часточки

здатні до коагуляції та структуроутворення, володіють поглинальною здатністю, тому характеризуються підвищеною кількістю гумусових речовин. З іншого боку, надлишок тонкого пилу в ґрунтах у вільному, не агрегованому стані надає їм таких неблагодіючих властивостей, як низька водопроникність, велика кількість недоступної води, висока здатність до набрякання і просідання, липкість, тріщинуватість, щільне зложення.

*Мул (< 0.001 мм)* складається переважно з високодисперсних вторинних мінералів. Має велике значення для формування родючості, оскільки йому належить головна роль в фізико-хімічних процесах, що відбуваються в ґрунті. Характеризується високою вбирною здатністю, вміщує багато гумусу, елементів зольного та азотного живлення рослин. Колоїдній частині цієї фракції належить особливо важлива роль у структуроутворенні.

Водно-фізичні і фізико-механічні властивості ґрунтів, збагачених мулуватою фракцією, в значній мірі визначають здатність її коагулювати і з'єднувати механічні елементи в агрегати. Ця здатність залежить від мінералогічного і хімічного складу, забезпеченості гумусом, сполуками кальцію і заліза та від складу ввібраних катіонів. Структурний ґрунт навіть при високому вмісті мулу характеризується сприятливими фізичними властивостями. Дисперсна мулувата фракція має несприятливі фізичні властивості.

Гранулометричний склад є стабільною ознакою ґрунту, успадкованою від материнської породи. Ґрунтогенез може призвести до певного перерозподілу по профілю, наприклад, мулу (у підзолистих, солонцюватих, вилугованих ґрунтах), а тепер людина здатна і докорінно змінювати гранулометричний склад ґрунту (рис. 5.7). Це зробило можливим докорінне поліпшення безструктурних піщаних ґрунтів глинуванням, а глинистих, навпаки, піскуванням. У заплавах річок Кура й Ріоні в Грузії було створено штучні кольматаційні ґрунти акумуляцією та нарощуванням у них мулу під час повеней. Такі самі можливості існують у Карпатах. Поінформованість щодо гранулометричного складу ґрунто-підґрунтя є обов'язковою передумовою оптимального добору сільськогосподарських культур для різних ґрунтів в екологізованих моделях землекористування.

В основу поділу ґрунтів за механічним складом на легкі, середні та важкі покладено міру легкості чи важкості їх обробітку сільськогосподарськими знаряддями (рис 5.8). До легких відносять - піщані й супіщані ґрунти, до середніх – легкі та середні суглинки, а до важких - важкі суглинки й глини.

Легкі ґрунти (піщані й супіщані) – легко піддаються обробітку; безструктурні; мають високу водопроникність; сприятливий повітряний і тепловий режими, але бідні на гумус, азот і зольні елементи; мають невелику ємність катіонного обміну; низьку вологоємність. Їм часто притаманна підвищена кислотність.

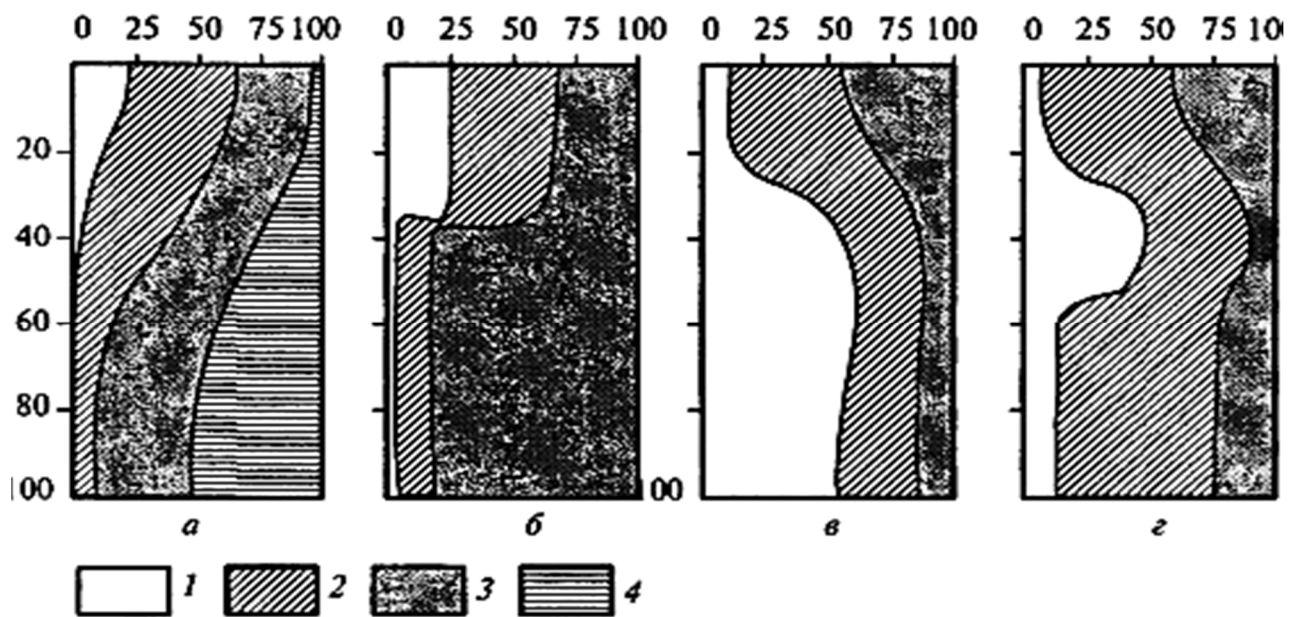


Рис. 5.7. Варіанти розподілу гранулометричних фракцій за профілем ґрунтів: 1 – мулистих; 2 – пилюватих; 3 – піщаних; 4 – грубоземів.

Важкі ґрунти (важкі суглинки та глини) - при обробітці чинять значний опір і потребують великих енергозатрат; вони мають високу вологоємність і низьку водовіддачу; характеризуються несприятливими тепловими властивостями (холодні ґрунти); у безструктурному стані запливають і утворюють кірку.

В агрономічному відношенні найкращими за гранулометричним складом є середні ґрунти (легко- і середньосуглинкові, особливо пилювато - суглинкові)



Рис. 5.8. Ґрунти за механічним складом.

При визначенні гранулометричного складу ґрунту у польових умовах застосовують два методи: сухий та вологий. При **сухому методі визначення** береться невелика проба ґрунту і розтирається на долоні, або між пальцями і по відчуттю на дотик визначають механічний склад за такими ознаками:

- грудки і структурні окремоті досить тверді, не роздушуються пальцями, при розтиранні відчувається тонко подрібнена однорідна борошниста маса – ґрунт глинистий;
- грудки і структурні окремоті міцні, дуже важко роздушуються між пальцями, при розтиранні відчувається борошністість і слабка шорсткість (від наявності піску) – ґрунт важкосуглинковий;
- грудки і структурні окремоті роздушуються між пальцями із зусиллям, при розтиранні відчувається шорсткість (пісок) і борошністість (глина, мул) – ґрунт середньосуглинковий.
- грудки і структурні окремоті роздушуються при незначному зусиллі, при розтиранні відчувається шорсткість, глинисті і пилюваті частинки – ґрунт легкосуглинковий;
- грудки легко роздушуються, при розтиранні переважає шорсткість – ґрунт супіщаний;
- грудки дуже легко роздушуються в сипучу масу, при розтиранні відчуття шорсткості, переважають піщані частинки які добре видно – ґрунт піщаний;
- ґрунт містить уламки гірських порід  $>3$  мм які легко відчуваються при розтиранні – ґрунт кам'янистий.

Щоб визначити гранулометричний склад **вологим (мокрим) методом** береться 3-5 г ґрунту, розтирається на дошці або склі ножем до порошкоподібного стану, з нього вибирають камінці, корені та інші вclusions. До ґрунту краплями додається вода, при перемішуванні ножем, до набуття ґрунтом тістоподібного стану, тобто до вологості яка відповідає нижній межі текучості.



В такому стані вода з ґрунту не віджимається, а ґрунт на долоні розкочується в шнур і згортається в кільце (товщина шнуру – 3 мм, довжина – 5 см, діаметр кільця – 3 см). Після цього проводять класифікацію за такими ознаками:



шнур при розкочуванні нестійко формується і руйнується при подальшому скочуванні – *грунт піщаний*



грунт збирається в кульку, але навіть при легкому натискуванні або незначних рухах розсипається – *супіщаний*



шнур при розкочуванні утворюється, але розпадається на частини – *грунт легкосуглинковий*



шнур утворюється суцільний, але при згортанні в кільце розпадається на частки – *грунт середньосуглинковий*



шнур при розкочуванні утворюється і згортається в кільце, але кільце тріскається – *грунт важкосуглинковий*



шнур утворюється і згортається в кільце без тріщин – *грунт глинистий*

Більш точного визначення гранулометричного складу можна досягти тільки лабораторними методами. Вони базуються на принципі методу піпетки, який залежить від швидкості падіння (осідання) часточок та їх

діаметру. Якщо скаламутити суспензію і залишити її у стані спокою, то поступово будуть осідати спочатку більш грубі за розмірами (як більш важкі). За законом Стокса можна розрахувати швидкість їх падіння. На основі цих даних визначається глибина відбирання проб ґрунтової суспензії для визначення вмісту механічних елементів.

В лабораторних умовах найточнішим є визначення гранулометричного складу ґрунту за методом С.І. Долгова, А.І. Лігманової. Він проводиться шляхом дезагрегування ґрунтового зразка пірофосфатом натрію до елементарних часток і поділу їх на різні за розміром фракції в стоячій воді. Швидкість осідання скаламучених у воді елементарних частинок визначають рівнянням Стокса. Визначена швидкість осідання частинок діаметром в 0,01 мм становить 0,2 мм/сек. За цією величиною можна встановити умови поділу ґрунту на частинки фізичного піску та фізичної глини.

Типологічні групи ґрунтів за механічним складом володіють певними агротехнологічними характеристиками. Наведемо окремі з них.

**Кам'янисті ґрунти** разом з дрібноземом (часточками менше 1 мм) в надлишку вміщують обкочені та гострокутні уламки гірських порід розміром більше 3 мм (рис. 5.9).



Рис. 5.9. Загальний вигляд типових кам'янистих ґрунтів.

Такі ґрунти формуються в передгірських і гірських районах, на яружному алювії, а також на моренних відкладах (зона Полісся). Походження їх пов'язано з сучасними та минулими алювіальними, пролювіальними, елювіальними, селевими, льодовиковими та вулканічними процесами. Рівень родючості ґрунтів даного типу дуже низький. Використання таких ґрунтів у сільському господарстві супроводжується великими затратами на внесення добрив, застосування поливу, знос техніки.

Серед переваг даних ґрунтів можна назвати гарне прогрівання сонячним промінням і здатність досить довго зберігати теплову енергію. На цій властивості базується теплова меліорація холодних суглинкових та глинистих ґрунтів (штучне внесення в орний шар щебню). Однак, кам'янисті ґрунти характеризуються високою водопроникністю, вони бідні на наявність мікроорганізмів та поживних речовин, які легко вивітрюються і

вимиваються. Такі ґрунти придатні для спорудження декоративних терас та для вирощування теплолюбивих садових культур і виноградників.

**Піщані ґрунти** майже на 90% складаються з піщаних часточок та незначною кількістю фізичної глини. Тому, у сухому стані ґрунт легко переходить у сипучу масу і не створює при обробі брили незалежно від вологості і їх називають легкими. Візуально пісок поділяють на грубозернистий, середньозернистий і тонкозернистий (рис 5.10).



Рис. 5.10. Піщані ґрунти.

Оскільки основною частиною є пісок, то органіки у гумусовому горизонті практично немає. Але працювати на таких ґрунтах легко бо вони пухкі, добре пропускають вологу та кисень, швидко прогріваються (особливо навесні, що є важливим для посадки сільськогосподарських невибагливих культур). Але в них мало мікроорганізмів, процеси гуміфікації відбуваються повільно, тому вони низькородючі і їх необхідно постійно удобрювати.

Піщані ґрунти бідні і підходять не під всі культури. Підживлення рослин на них повинно бути інтенсивним, хоча макро та мікроелементів все одно буде недостатньо. Для підвищення родючості потрібно вносити такі поживні компоненти: торф'яник, солому, компости, дернину та мінеральні добрива. Для того, щоб поживні речовини менше вимивалися з ґрунту їх потрібно вносити невеликими дозами навесні та під час вегетації.

**Супіщані ґрунти** також складаються переважно з фракції піску з незначними домішками фізичної глини. Вони погано водотривкі і добре водо та повітря проникні. При втраті вологи здатні утворювати брили та грудки які легко роздавлюються не тільки знаряддями праці, але і під час ходьби під ногами (рис. 5.11).

На супіщаних ґрунтах можна отримати гарний врожай цибулі, часника, моркви. Коренева система отримує все необхідне і тому інтенсивно розвивається. Вода, яка надходить, добре поглинається, а сам ґрунт швидко прогрівається і зберігає тепло. Покращують супіщані ґрунти внесенням торфовища, що допомагає утримувати вологу. Для збагачення поживними речовинами застосовують навоз, компост, мінеральні добрива.





Рис. 5.11. Загальний вигляд орного горизонту супіщаних ґрунтів.

**Піскуваті та пилуваті суглинки.** До піскуватих відносяться моренні та неморенні суглинки, широко розповсюджені на Поліссі, на яких сформувалися підзолисті та дерново-підзолисті ґрунти. Для моренних суглинків характерна погана відсортованість. За гранулометричним складом вони містять часточки всіх розмірів: валуни, гравій, пісок, пил, мул. У вологому стані не здатні набрякати та переущільнюватися при висиханні (рис. 5.12).



Рис. 5.12. Загальний вигляд піскуватих суглинків.

Залежно від вмісту фракції фізичної глини поділяються на легкі, середні та важкі. До пилуватих суглинків відносяться покривні суглинки, лесовидні суглинки та леси. Характеризуються більшим вмістом грубого пилу (більше 40%) і тому у вологому стані є більш пластичними. Але, одночасно, вони легко розпорошуються і здатні запливати та ущільнюватися.

Ґрунти такого гранулометричного складу найбільш придатні для отримання гарного врожаю овочевих, ягідних, плодових. Також любляють суглинки квітучі рослини. Суглинкові ґрунти займають проміжне місце між піщаними і глинистими і оптимально підходять для вирощування багатьох

сільськогосподарських та інших культур. Вони створюють благоприємні режими в період вегетації, а під час обробітку не утворюють брил і розсипаються на структурні агрегати. По забезпеченню поживними речовинами та органічними рештками займають одне з кращих мість серед інших ґрунтів, а наявність мікроорганізмів покращує розклад органічних решток.

Суглинкові ґрунти добре водо і порітропроникні. При їх використанні бажано вносити мінеральні і органічні добрива. У відмінності від піщаних ґрунтів можна провотити осінне підживлення.

**Глинисті ґрунти** характеризуються великою зв'язністю і в сухому стані дуже тверді. При намоканні вони стають вязкими та пластичними (рис. 5.13).



Рис. 5.13. Загальний вигляд глинистих ґрунтів.

Повітря погано проникає через такі ґрунти і коренева система рослин постійно буде відчувати нестачу кисню, що відображається на розвитку рослин. Створюються негативні умови для життєдіяльності мікроорганізмів, які приймають участь у гуміфікації і покращують структуру ґрунту. Підвищена щільність ґрунту ускладнює надходження води до кореневої системи. Після випаровування на поверхні утворюється кірка, яка надалі розтріскується пошкоджуючи вегетативні органи рослин. Під час періоду інтенсивних дощів в глинистих ґрунтах на невеликій глибині накопичується надлишок вологи. Коренева система починає загнити і швидко гине. Потрібно відмітити, що глинисті ґрунти не підходять під ранні врожаї. Їх називають холодними, вони дуже повільно прогріваються.

Підвищує родючість і покращує зложення та структуру глинистих ґрунтів внесення дрібного піску, торф'яників, органічних добрив, вапнякового матеріалу. Рекомендується також заорювання в ґрунт соломи, подрібнених гілочок та кори дерев.

Структура співвідношень гранулометричного складу формує ще одну важливу властивість ґрунтів, яка впливає на основні базові режими у ґрунтовому профілі це **структура (агрегатний склад)** та **зложення ґрунту**.

## 5.2. Структура ґрунту

**Структурністю** називається здатність ґрунту розпадатися на окремість різного розміру та форми. Структурою називаються ці самі окремість (грудки, зерна, горіхи, брили, призми та ін.), що складаються з механічних елементів, зцементованих між собою.

**Структура** – дуже істотна властивість ґрунтів, яка визначає ряд інших її властивостей, впливає на родючість ґрунту. Оскільки будь-яка структурна окремість (агрегат) складається із скріплених (зцементованих) між собою механічних елементів, то структура (як властивість) спостерігається лише в суглинкових та глинистих ґрунтах. В піщаних та супіщаних ґрунтах механічні елементи звичайно перебувають у частково роз'єднаному стані.

У ґрунтознавстві прийнято розрізняти та виділяти два поняття щодо структури ґрунту:

- ґрунтово-генетична (морфологічна) структура;
- агрономічно цінна структура

Ґрунтово-генетична (морфологічна) структура.

Розглядаючи структуру, як морфологічну ознаку ґрунту, перш за все беруть до уваги форму, розмір та якісний стан агрегатів в окремих типах ґрунтів, а також в різних генетичних горизонтах одного і того ж ґрунту, де вони є неоднаковими.

**Структура ґрунту** важлива не тільки морфологічна ознака, але і важливий показник ґрунту який не тільки впливає на ряд його властивостей, а і впливає на використання ґрунтів у сільському господарстві. Ґрунт на відміну від гірської породи має здатність розпадатися на окремі агрегати різної форми і розміру (грудки, призми і т.п.), ці агрегати і мають назву структури.

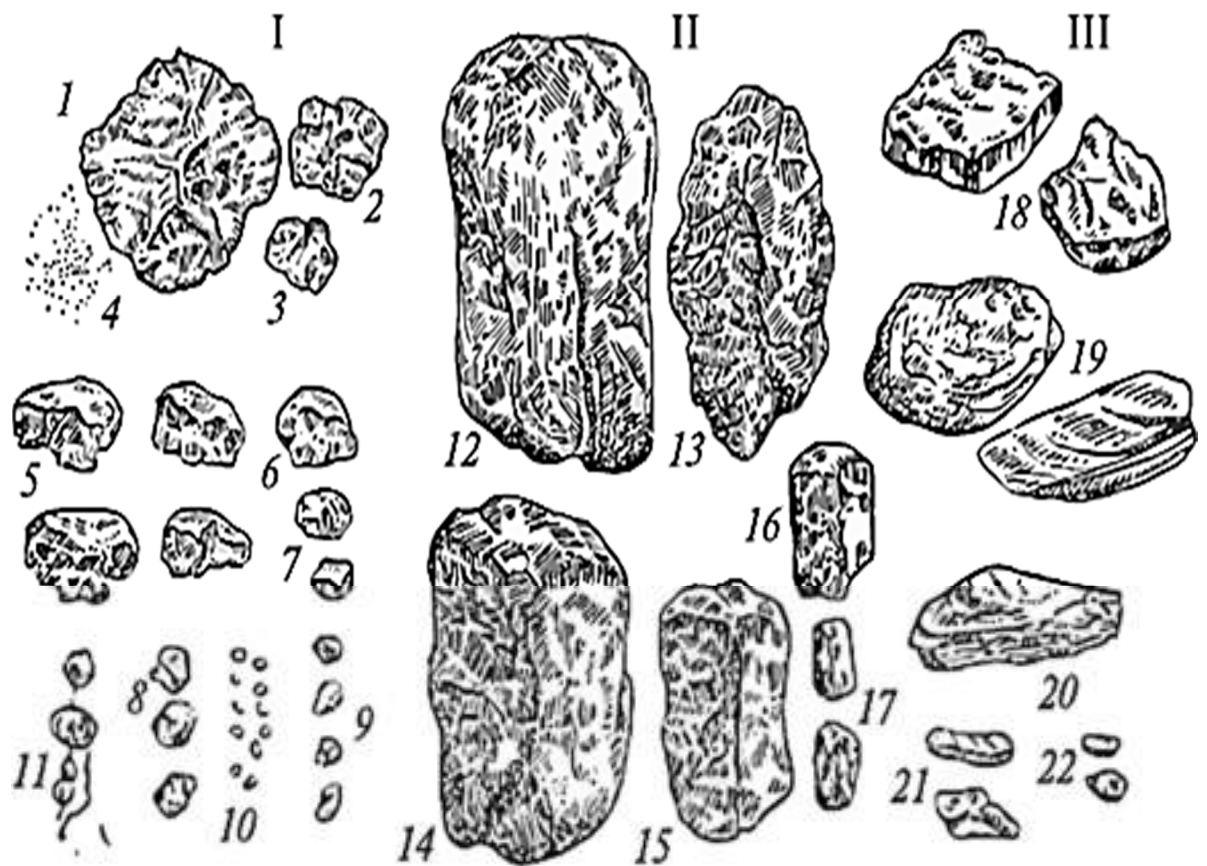
Виділяють різні **види та типи структури ґрунту**. С.О. Захаров виділив за співвідношенням осей три діагностичні типи структури: кубоподібну (три вісі однакові), призмоподібну (сильніше виражена вертикаль), плитоподібну (чітко оформлена горизонтальна вісь), кілька родів (за формою) та видів (за розміром).

Розподіл типів структури на види по С.А. Захарову можна побачити на рис. 5.14-5.22 та в таблиці 5.7. Опис структури у класифікації того ж С.А. Захарова має наступний характер:

**Округло-кубовидна структура** при більш-менш рівномірному розвитку агрегатів за трьома осями простору. Характерна для гумусових, орних та верхньої частини ілювіальних горизонтів. У межах цього типу виділяють 7 родів структури:

**брилиста** – неправильна форма з нерівною поверхнею агрегатів, характерна для оглеєних, злитих та виораних горизонтів;

**грудкувата** – округла форма з шорсткою поверхнею без виражених ребер та граней, характерна для гумусових горизонтів;



**I тип:** 1 – грубогрудочкувата; 2 – середньогрудочкувата; 3 – дрібногрудочкувата; 4 – пиловата; 5 – грубогоріхувата; 6 – горіхувата; 7 – дрібногоріхувата; 8 – грубозерниста; 9 – зерниста; 10 – порошиста; 11 – «намисто» із зерен ґрунту.

**II тип:** 12 – стовпчата; 13 – стовпчатовидна; 14 – грубопризматична; 15 – призматична; 16 – дрібно призматична; 17 – тонко призматична.

**III тип:** 18 – сланцювата; 19 – пластинчата; 20 – листовата; 21 – груболусочкувата; 22 – дрібнолусочкувата.



Рис. 5.14. Розподіл типів структури на види по С.А. Захарову (верхня позиція та загальна типологія структури ґрунту (нижня позиція – мовою оригіналу)).

Таблиця 5.7

## Класифікація структурних елементів за С. О. Захаровим

Рід	Вид	Розміри, мм
<b>Тип I. Кубовидна структура – рівномірно розвинута по трьох осях</b>		
<b>Грані та ребра слабо виявлені</b>		
I. Брилувата – нерівна форма і нерівна поверхня	1. Грубобрилувата 2. Дрібнобрилувата	>100 100-50
II. Грудкувата – невірна форма, нерівні круглясті та шорсткі поверхні	1. Грубогрудкувата 2. Грудкувата 3. Дрібногрудкувата 4. Пилувата	50-30 30-10 10-0,5 <0,5
<b>Грані та ребра добре виявлені</b>		
III. Горіхувата – більш-менш правильна форма, поверхня граней порівняно рівна, грані та ребра гострі	1. Грубогоріхувата 2. Горіхувата 3. Дрібногоріхувата	>10 10-7 7-5
IV. Зерниста – більш-менш вірна форма, іноді кругляста з гранями то шорсткуватими та матовими, то гладкими та блискучими	1. Грубозерниста (горіхувата) 2. Зерниста (крупоподібна) 3. Дрібнозерниста (порошкувата)	5-3 3-1 1-0,5
<b>Тип II. Призмovidна структура – розвинута переважно по вертикальній осі</b>		
<b>Грані та ребра слабо виявлені</b>		
V. Стovповидна – невірної форми зі слабо визначеними нерівними гранями і круглястими ребрами	1. Грубостовповидна 2. Стovповидна 3. Дрібностовповидна	>50 50-30 <30
<b>Грані та ребра добре виявлені</b>		
VI. Стovпчаста – вірної форми, з досить добре виявленими гладкими бічними вертикальними гранями, з круглястою верхньою основою («голівкою») і плоскою нижньою	1. Грубостовпчаста 2. Стovпчаста 3. Дрібностовпчаста	>50 50-30 <30
VII. Призматична – з рівними, часто глянцевиими поверхнями, з гострими ребрами	1. Грубопризматична 2. Призматична 3. Дрібнопризматична 4. Олівцева - при довжині відокремлень >50 мм	>50 50-30 <30 <10
<b>Тип III. Плитовидна структура - розвинута переважно по двох горизонтальних осях</b>		
VIII. Плитчаста – шарувата з більш-менш розвинутими «площинами спайності», часто різного забарвлення і різного характеру поверхні	1. Сланцювата 2. Плитчаста 3. Пластинчаста 4. Листувата	>50 5-3 3-1 <1
ГХ. Лускувата – з порівняно невеликими, інколи зігнутими горизонтальними площинами спайності і часто з гострими ребрами (деяка схожість з лускою риби)	1. Шкаралупувата 2. Груболускувата 3. Дрібнолускувата	>3 3-1 <1



Рис. 5.15. Типи структур (зліва-направо): грубозерниста, зерниста, дрібнозерниста.



Рис. 5.16. Типи структур (зліва-направо): дрібнозерниста, зерниста, грубозерниста.



Рис. 5.17. Грубопризматична структура ілювіального горизонту дерново-підзолистого ґрунту.



Рис. 5.18. Стовпчата структура.



Рис. 5.19. Типи структур (зліва-направо): дрібногоріхувата, горіхувата, грубогоріхувата.



Рис. 5.20. Типи структур (зліва-направо і зверху-вниз): дрібногоріхувата, горіхувата, грубогоріхувата та грубозерниста, зерниста, дрібнозерниста.

**пилувата** – найдрібніші агрегати, форму яких важко визначити неозброєним оком, характерна для виораних та елювіальних горизонтів;

**горіхувата** – більш-менш правильні агрегати з гострими ребрами, які нагадують букові горішки, характерна для верхніх ілювіальних горизонтів;

**зерниста** – більш-менш правильна форма з вираженими гранями і ребрами, які нагадують гречану крупу, характерна для гумусових горизонтів лучно-степових та степових ґрунтів;

**конкреційна** – суцільне накопичення округлих конкрецій; ікріана - дрібні, різної форми, але добре оформлені агрегати зливаються у суцільну масу.

**Призмovidна структура** за вираженого розвитку агрегатів по вертикальній осі, характерна для ілювіальних горизонтів та суглинкових ґрунтотворних порід. Виділяють три роди цієї структури:

**стовпчаста** – правильної форми окремоті з добре вираженими вертикальними гранями, округлої форми та нерівною основою, характерна для солонцевих та злитих горизонтів;

**призмovidна** – окремоті слабо оформлені, з нерівними шкаралупчастими гранями, гострими вершинами, заокругленими ребрами, характерна для нижньої частини ілювіальних горизонтів та ґрунтотворних порід суглинкового гранулометричного складу;

**призматична** – грані і ребра призм чітко виражені, характерна для ілювіальних горизонтів.

**Плитovidна структура** при розвитку агрегатів переважно горизонтальними осями простору, характерна для елювіальних горизонтів ґрунтів. Виділяють два роди цієї структури:

**плитчаста** – з більш-менш розвинутими плоскими горизонтальними поверхнями спайності;

**лускувата** – з невеликими, дещо увігнутими поверхнями спайності.

Цю класифікацію удосконалювали В.А. Ковда, Б.Г. Розанов, Г.С. Гринь та інші вчені, стилізовані уявлення яких узагальнив В.В. Медведєв, який на основі узагальнення подає її у такій інтерпритації:

I. **Грудкувато-глибиста** (однакові грубі вертикальні та горизонтальні вісі, слабо або зовсім неоформлені ребра): грубо- (> 10 см) та дрібноглибиста (10-1 см).

II. **Зернисто-грудкувата** (округло оформлені агрегати з однаковими всіяями): грудкувата (неправильно округлі, нерівні, шорсткі, пухкі, шпаруваті агрегати): грубогрудкуваті (10-3 мм), грудкуваті (3-0,25 мм), пилуваті (< 0,25 мм); зерниста (правильно округлі агрегати 1-го порядку, складені дрібнішими добре оформленими багатограними агрегатами – шорсткими, матовими, пухкими, ущільненими у глинистих ґрунтів): грубозерниста (5-3



мм), зерниста – крупноподібна (3-1 мм), дрібнозерниста – порохоподібна (1,0-0,5 мм).

III. **Горіхувата** (грубі, кубоподібні, з трьома рівними вісями агрегати, з гладенькими лакованими блискучими площинами, гострими ребрами та кутами, злиті – монолітні – непористі, тверді при висиханні): грубопуккувата (10-7 мм), горіхувата (7-5 мм), дрібногоріхувата (5-3 мм).

IV. **Призмоподібна** (грубі, вертикально витягнуті, різко грановані щільні при висиханні, гладенькі, нерідко лаковані, злиті малопористі агрегати з гострими ребрами та гранями): призматична – грубопризматична (5-3 см), призматична (3-1 см), дрібнопризматична (1-0,5 м), олівцева (довжина > 5 см, ширина 1 см); стовпчаста (правильно оформлені чітко грановані грубі гладенькі, глянцевої вздовж вертикалі, зверху округло головчасті припудрені кремнею присипкою, з плоскою підшвою, злиті, дуже тверді при висиханні) — тумбоподібна (> 10 см), грубостовпчаста (10- 5 см), стовпчаста (5-3 см), дрібностовпоподібна (< 3 см).

V. **Плитоподібна** (плоскі, тонкі, пухкі, неграновані агрегати із чітко оформленими горизонтальними пухкими матовими площинами, припорошеними борошнистою крем'яною, з рідкими вохристими плямами): плитчаста (5-3 мм), пластинчаста (3-1 мм), листоподібна (1 мм), лускувата (вигнуті агрегати 3-1 мм).

VI. **Клиноподібна** (плоскі, грубі, товсті, злиті, щільні сухими, пухкі вологими, різко косограновані, грані рівні з Fe-Mn пунктацією від оглеєння, ребра та кути гострі): грубоклинноподібні (2-1 см вздовж короткої вісі), клиноподібна (1 см), лупакова (10-5 мм), плитчаста (5-3 мм).

Різним генетичним горизонтам ґрунтів притаманні певні форми структури. Так, грудкувата і зерниста структура властива дерновим горизонтам, пластинчасто-листова – елювіальним, горіхувата – ілювіальним (особливо сірим лісовим ґрунтам) (рис 5.22 б). Призматична структура типова для ілювіальних горизонтів підзолистих і лісостепових ґрунтів, що сформувалися на важких покривних суглинках, або для чорноземів і каштанових ґрунтів, що утворилися на суглинистих і глинистих породах, що мають в поглиненому стані натрій. Для різних типів і видів ґрунтів також характерна певна структура. Глибиста структура спостерігається на неокультурених ґрунтах і завжди відіграє негативну роль. Брили заважають проростанню насіння, швидко висихають, втрачаючи продуктивну вологу.

Залежно від розміру структурних окремоостей виділяють такі групи структури (за П.В. Вершиніним):

- брилиста – понад 10 мм;
- макроструктура 10-0,25 мм;
- груба мікроструктура 0,25-0,01 мм;
- тонка мікроструктура – менш 0,01 мм.



Рис. 5.21. Види структури ґрунту (візуалізований варіант): 1 – грудочкувата; горіхувата; 3 – зерниста; 4 – порошиста; 5 – стовбчата; 6 – призматична; 7 – пластинчаста; 8 – листовата.



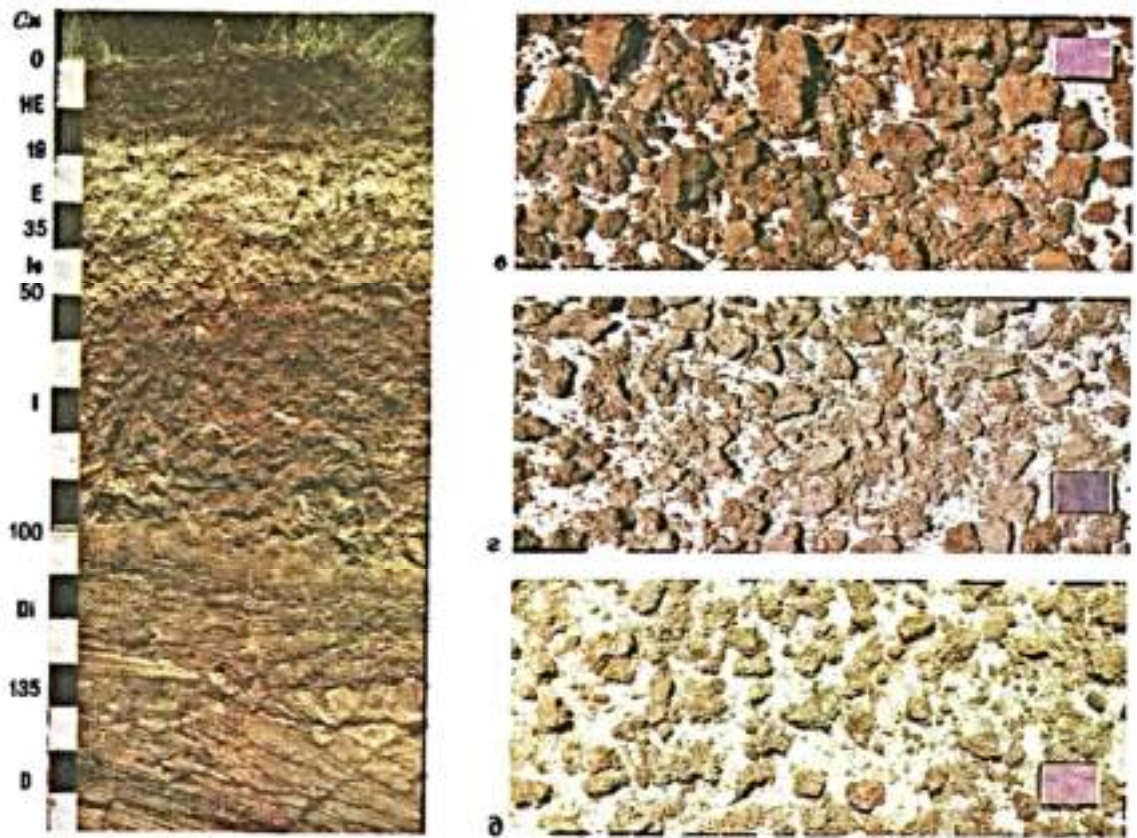
Рис. 5.22 а. Типи структур пластинчаста та листовато-пластинчаста.

**Виділяють також** мікроагрегати (менше 0,25 мм), мезоагрегати (0,25-7,00 мм) і макроагрегати (більш 7,00 мм).

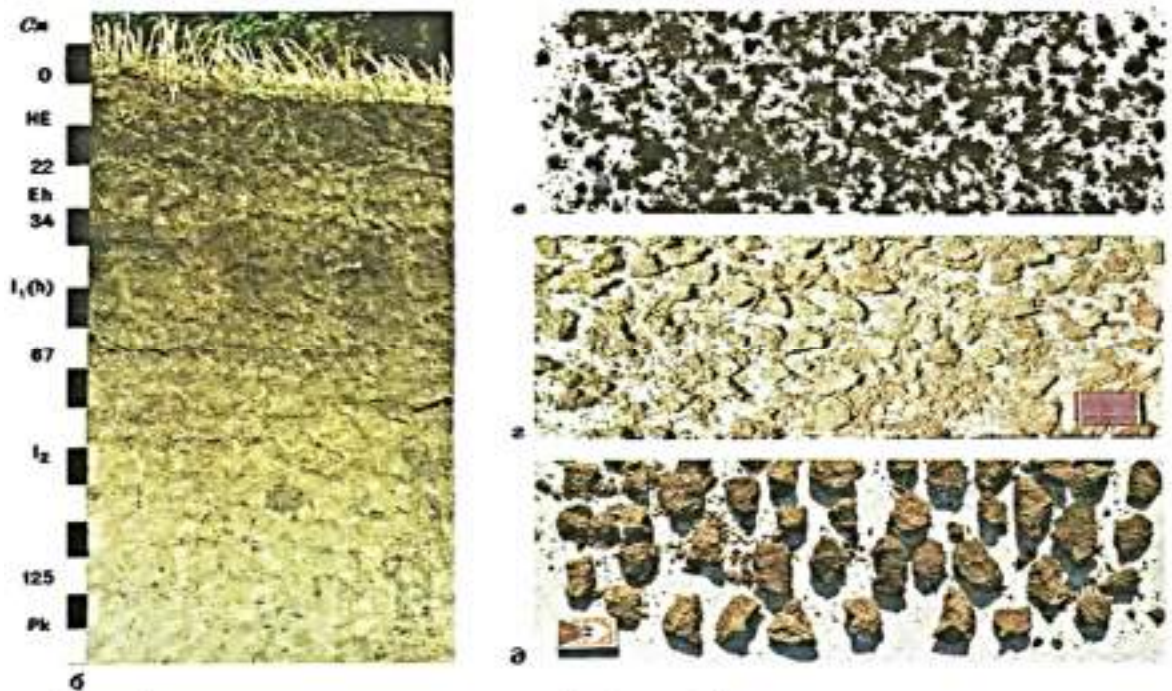
Відношення кількості макроагрегатів до суми мега- і мікроагрегатів

називається **коефіцієнтом структурності**  $K = \frac{\sum \text{макроагрегатів}}{\sum \text{мега} + \sum \text{мікроагрегатів}}$

При  $K_{стр} > 1$  ґрунт вважається добре оструктуреним.

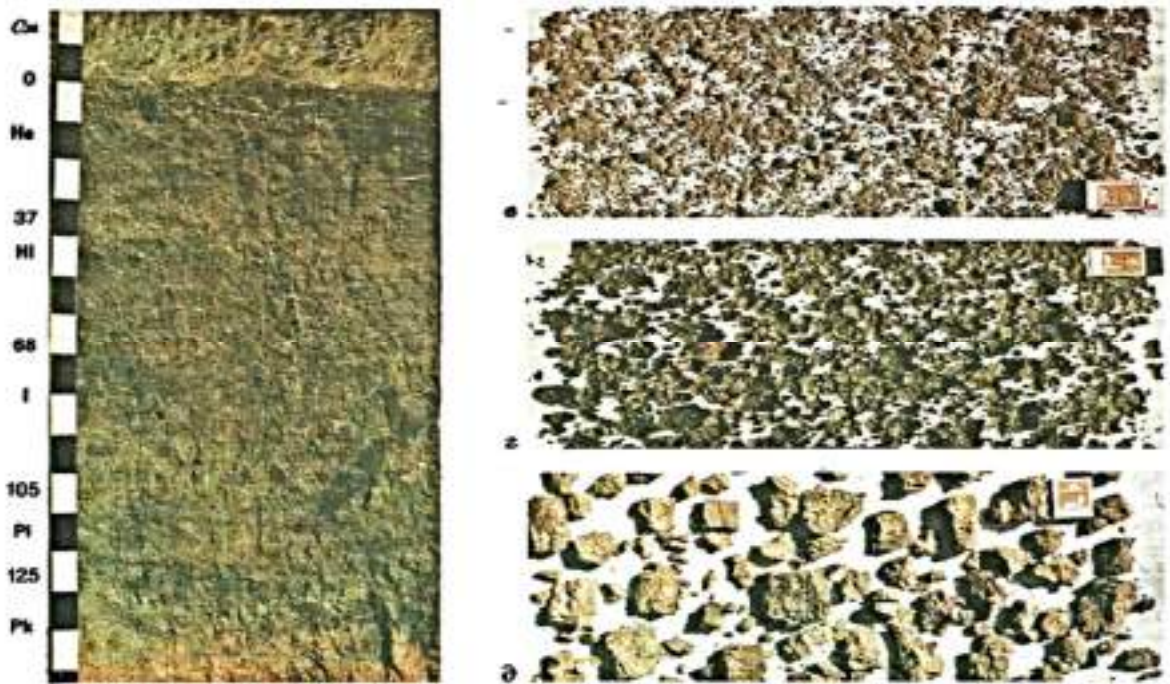


Дерново-среднеподзолистий легкосугликовий ґрунт на водно-льодовиковому суглинку, підстелій шаруватим піском: б – профіль ґрунту, в – структура гумусово-елювіального горизонту, г – структура елювіального горизонту, д – структура ілювіального горизонту.

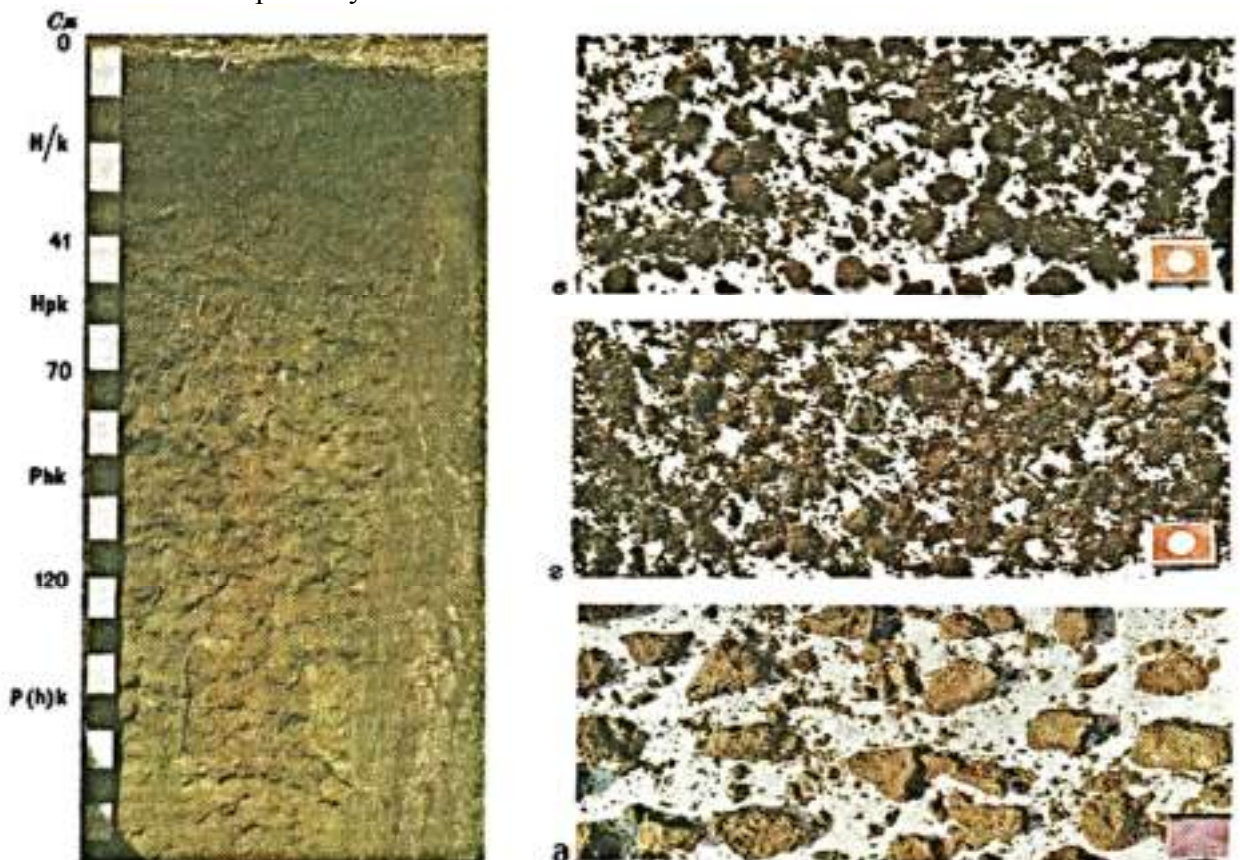


Світло-сірий опідзолений ґрунт на лесі: б – профіль ґрунту, в – структура гумусово-елювіального горизонту, г – структура елювіального горизонту, д – структура ілювіального горизонту.

Рис. 5.22. Форми структури різних генетичних горизонтів різних типів ґрунтів.



Темно-сірі опідзолені ґрунти на лісі: б – профіль ґрунту, в – структура гумусово-ілювіального горизонту; г – структура гумусово-ілювіального горизонту; д – структура ілювіального горизонту.



Чорнозем типовий потужний малогумусний на лісі: б - профіль ґрунту; в - структура гумусового горизонту; г – структура верхнього перехідного горизонту, д – структура нижнього перехідного горизонту.

Продовження рис. 5.22. Форми структури різних генетичних горизонтів різних типів ґрунтів.

Відповідно до Кстр, розрізняють наступні показники якісної оцінки агрегатного стану ґрунтів:

>1.5 – відмінний агрегатний стан;

1.5-0.67 – гарний;

<0.67 – незадовільний.

Якісна оцінка структури ґрунту проводиться за показниками водостійкості – здатності структурних агрегатів не руйнуватись під дією води, який визначається за формулою:

$$P_v = \frac{\text{кількість водотривких агрегатів } > 0,25\text{мм}}{\text{кількість агрегатів } > 0,25\text{мм при сухому просіюванні}}$$

Оцінка структури за вмістом водостійких агрегатів проводиться за даними параметрів структурного стану (табл. 5.8).

Таблиця 5.8

Параметри структурного стану ґрунту за вмістом водостійких агрегатів (за Долговим, Бахтінім)

Оцінка	Вміст водостійких агрегатів, %	Оцінка	Вміст водостійких агрегатів, %
Відмінна	> 70	Незадовільна	40-20
Добра	70-55	Погана	< 20
Задовільна	55-40		

Оструктуренні ґрунти добре вбирають опади, забезпечують для рослин і мешканців ґрунту сприятливий водно-повітряний і тепловий режим, легко проникні для коренів рослин і живих організмів, мають гарні фізико-механічними властивостями, легко обробляються (рис. 5.23).



Рис. 5.23. Різні стани «структурності» ґрунту.

Здатність ґрунту розпадатися на структурні окремість, або агрегати, називають його **структурністю** (рис. 5.24). Крім того, у практиці ґрунтознавства розрізняють два поняття структури ґрунту: **морфологічне** і **агрономічне**. У морфологічному відношенні гарною буде будь-яка чітко виявлена структура: горіхувата, стовпчаста, призмovidна, пластинчаста та ін.

Кожному генетично відмінному ґрунту і його окремим горизонтам притаманна своя, характерна структура. Її формування тісно пов'язане з умовами утворення даного ґрунтового типу. Агрономічно цінною є тільки така структура, яка забезпечує родючість ґрунту. Оптимальні умови водного та повітряного режимів складаються у ґрунтах з дрібногрудкуватою та зернистою структурою (рис. 5.25).

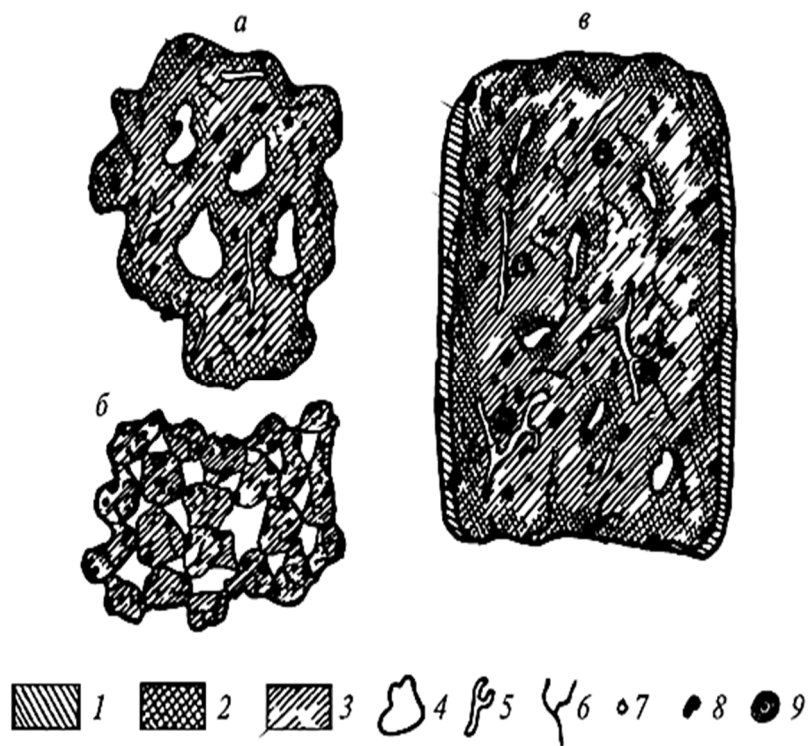


Рис. 5.24. Будова структурних агрегатів ґрунтів в поперечному розрізі (по Б. Г. Розанову): а – грудкуватий щільний агрегат гумусового горизонту; б – грудкуватий пухкий агрегат гумусового горизонту; в – призматичний щільний агрегат ілювіального горизонту дерново-підзолистого ґрунту.

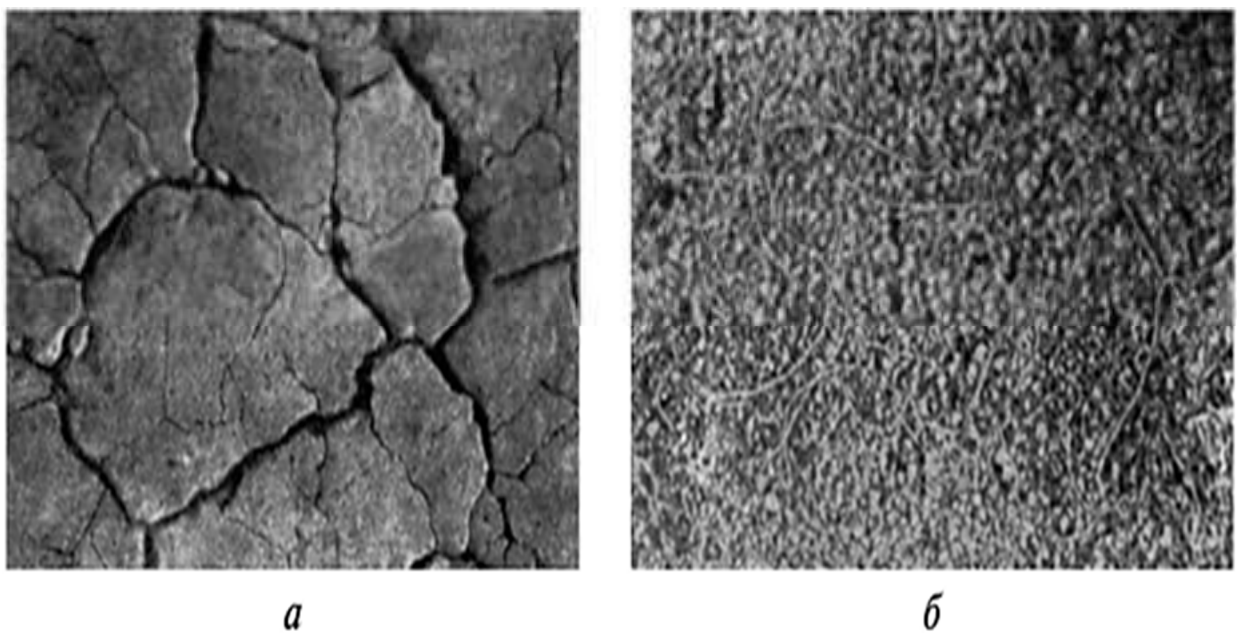


Рис. 5.25. Поверхня безструктурного (а) і добре оструктуреного ґрунту (б) (по Н.А. Камінському).

*Таким чином, ґрунтову структуру за розмірами агрегатів поділяють так:* брилувата (агрегати > 10 мм); грудкувата-зерниста, або макроструктура (агрегати 10-0,25 мм); мікроструктура (агрегати < 0,25 мм). П.А. Костичев запропонував класифікувати структуру ґрунту як водостійку (агрономічно цінну) і неводостійку (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

Класифікація агрономічно цінних структурних агрегатів ґрунту  
(за М. І. Саввіновим)

Рід агрегатів	Вид агрегатів	Розмір (діаметр), мм
Брилиста частина ґрунту (окремоті 0 > 10 мм )	Брили: грубі	>100
	середні	100-30
	дрібні	30-10
Грудочкувата частина ґрунту (окремоті 0 10-0,25 мм)	Грудочки: грубі	10-3,0
	середні	3,0-1,0
	дрібні	1,0-0,5
	зернисті елементи	0,5-0,25
Пилувата частина ґрунту (окремоті 0 <0,25 мм )	Мікроструктурні елементи	0,25-0,01
	Пилувато-глинисті частки	<0,01

Для агрономічної оцінки структури М.І. Саввіновим, відповідно до представленої таблиці, запропонована класифікація, за якою до агрономічно цінних належать агрегати розміром 0,25-10 мм. Більші ґрунтові частинки вважають брилистою частиною ґрунту, а дрібніші – розпиленою. Ці три частини ґрунту поділяють на види (табл. 5.9).

Найкращі водно-повітряні властивості ґрунту степової зони, складаються при розмірі агрегатів 0,25-3 мм, дерново-підзолистих — при 0,5-5 мм.

Оцінюючи стійкість ґрунту проти дефляції враховують вміст агрегатів розміром більше 1 мм в шарі 0-5 см.

Пізніше, розвиваючи вказані вище твердження щодо структури ґрунту, В.Р. Вільямс запропонував розрізняти дві якості ґрунтових агрегатів: **зв'язність** і **міцність**.

Під **зв'язністю** розуміється здатність агрегату протистояти механічній дії, а під **міцністю** – здатність агрегату довго протистояти розмиваючій дії води. Зв'язність ґрунту залежить від кількості мулуватих і особливо колоїдних частинок, міцність агрегату – тільки від якості гумусу, який цементує механічні елементи. Грудочка ґрунту може бути зв'язаною, але неміцною: наприклад, грудочку сухої глини важко зруйнувати рукою, але у воді вона швидко розпадається на механічні елементи, які складають її. Саввінов М.І. запропонував класифікацію агрономічно цінних агрегатів (табл. 5.9), яка в теперішній час є загальноприйнятою в Україні. Всі агрегати даної класифікації належать, за С. А. Захаровим, до структури кубовидного типу.

Оцінку структурного стану ґрунту за вмістом повітряно сухих **агрономічно цінних агрегатів** здійснюють за шкалою С.І. Долгова, П.У. Бахтіна (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

Оцінка структурного стану ґрунту	
Вміст агрегатів 0,25-10 мм, % від маси повітряно-сухого ґрунту	Структурний стан
>80	Відмінний
80-60	Добрий
60-40	Задовільний
40-20	Незадовільний
<20	Поганий

Важливими умовами агрономічної цінності структури є водотривкість та пористість (понад 45%). Уміст водотривких агрегатів в орному шарі в межах 40-60%, що визначає стійкість складення і оптимальні значення щільності ґрунту для багатьох культур. Зменшення вмісту водотривких агрегатів менше 40% негативно позначається на деяких фізичних властивостях, і в першу чергу на водопроникності. При зниженні кількості водотривких агрегатів з 45-55 до 30% водопроникність знижується в 3 рази.

Нестійкість будови ґрунтів пов'язана з невисоким вмістом в них водотривких агрегатів, який змінюється від 15-17% під просапними культурами до 20-30% під зерновими і до 30-40% під багаторічними травами. Ця мінливість особливо помітно проявляється в екстремальні за погодними умовами роки. Ґрунти з вмістом водотривких агрегатів менше як 20% можуть ущільнюватись в орному шарі в роки з надмірним зволоженням до 1,5-1,6 г/см<sup>3</sup>. **Оптимальна для вимогливих культур будова ґрунтів спостерігається при вмісті водотривких агрегатів (> 0,25 мм) понад 40%.**

**Орієнтовно оптимальний вміст водотривких агрегатів – 75-80%.** За більшої кількості водотривких агрегатів значно зростає пористість аерації, унаслідок зростає непродуктивна витрата вологи на фізичне випарування. Ці висновки наглядно підтверджуються шкалами оцінки структури орного шару ґрунтів за І.В. Кузнецовою (табл 5.11).

Проте, крім поділу агрегатів за формою і розмірами треба відмічати ступінь агрегованості ґрунтових горизонтів:

0 – безструктурний – ознаки агрегованості непомітні, природні лінії згуртованості (спайності) неоформлені;

1 – слабка структурність – слабо оформлені ґрунтові агрегати (педи) добре помітні на місці;

2 – середня структурність – добре оформлені ґрунтові агрегати, виразно тверді і помітні, але не особливо чітко виділяються в непорушеному стані;



3 – сильна структурність – ґрунтові агрегати тверді, чітко виділяються в непорушеному ґрунті, слабо пов’язані один з одним, протистоять змінам і при порушенні ґрунту залишаються цілими.

Таблиця 5.11

Оцінка структури і будови орного шару ґрунту (за І. В. Кузнецовою (2002))

Вміст водотривких агрегатів розміром > 0,25, %	Оцінка		Рівноважна	Оцінка щільності складення
	водотривкої структури	стійкості складення за структурою	щільність складення, г/см <sup>3</sup>	
<10	Неводостійка	Нестійка	> 1,5	Дуже щільне
10-20	Незадовільна	Нестійка	1,4-1,5	Дуже щільне
20-30	Недостатньо добра	Недостатньо стійка	1,3-1,4	Щільне
30-40	Задовільна	Стійка	1,2-1,3	Ущільнене
40-60	Добра	Стійка	1,1-1,2	Оптимальне для більшості культур
60-75	Відмінна	Високостійка	1,0-1,2	Оптимальне для більшості культур
75-80	Надлишково-висока	Високостійка	< 1,0	Розпушене (рілля вспушена)

Слід зауважити, що у полі вивчають, в основному, макроструктуру. Ця ознака, як ніяка інша, відображає склад, стан і властивості ґрунтової маси.

При польовому описі розрізу вказують родову і видову назву структури. Ґрунт, який розпадається на макроагрегати, називається *структурним*. Коли в ґрунті переважають агрегати розміром менше 0,25 мм, тобто мікроагрегати, то такий ґрунт вважають *безструктурним*. До безструктурних відносять також ґрунти, які мають брилисту структуру (грудочки більше як 10 мм).

За структурним станом ґрунти можна поділити на три групи (рис. 5.26), які різко відрізняються між собою за водно-фізичними властивостями:

- безструктурні;
- слабо структурні;
- структурні.

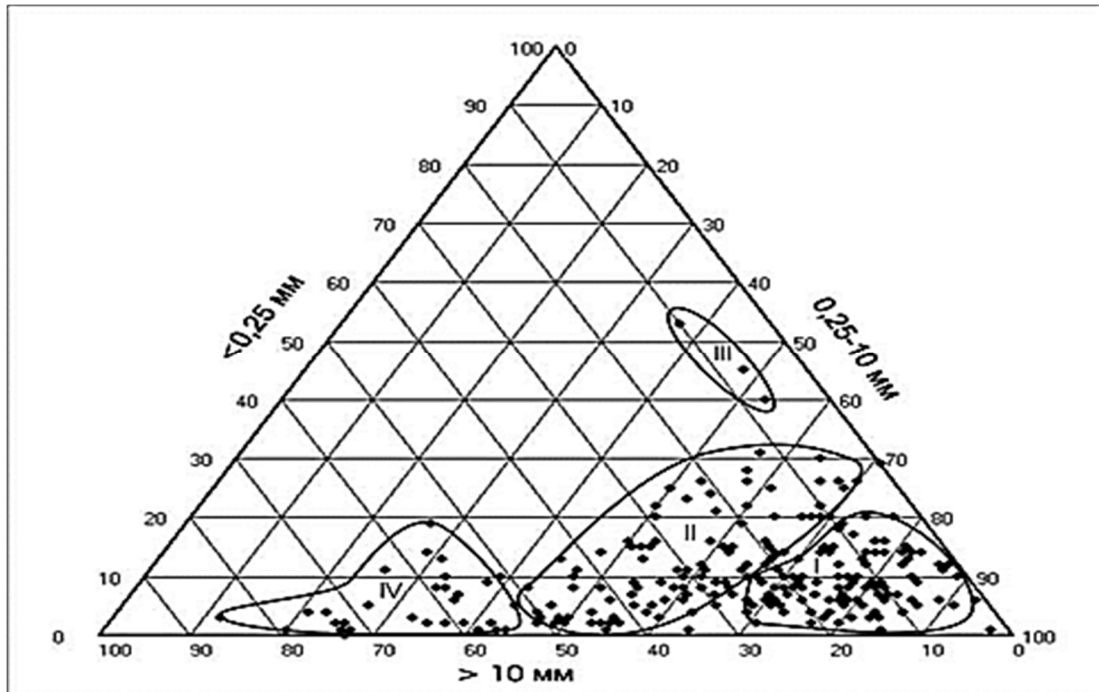


Рис. 5.26. Структурний склад орного шару ґрунтів України: I – високооструктурні, II – середньооструктурні, III, IV – поганооструктурні (розпорошені і брилисті) (за В.В. Медведєвим (2018)).

До **безструктурних** належать піщані та супіщані ґрунти, які у своєму складі мають менше 10% мулистих часток, їх ґрунтовий вбирний комплекс ненасичений основами, а вміст гумусу не перевищує 1%. За таких умов елементарні ґрунтові частки майже не утворюють агрегатів, тому ці ґрунти характеризуються високою водопроникністю, низькою вологоємністю, мають підвищену щільність і недостатньо забезпечені елементами живлення для рослин.

До **слабоструктурних** належать піщано- та грубопилуваті легко- і середньосуглинкові ґрунти, які містять понад 50% піщаних і грубопилуватих часток. Вміст мулу в них становить 10-20%, а гумусу – 1-3%. У таких ґрунтах водотривких агрегатів до 50%, тому вони мають недостатню пористість і вологоємність, у більшості незадовільну водопроникність, здатні до заплывання, ущільнення і утворення ґрунтової кірки.

До **структурних** належать пилувато-середньосуглинкові, важкосуглинкові і глинисті ґрунти, в яких мулу понад 20 %, піщаних та грубопилуватих часток до 50%, їх ґрунтовий вбирний комплекс насичений основами, а вміст гумусу становить понад 3%. У таких ґрунтах водотривких

агрегатів понад 50%. Вони мають достатню пористість, добру вологоємність і високу водопроникність, добре забезпечені елементами живлення рослин.

Структурний ґрунт, порівняно із безструктурним, має пухке складення, меншу щільність та більшу пористість. Якісний склад пор теж інший. В безструктурному ґрунті пори дрібні – капілярні. В структурному ґрунті поряд з капілярними є й крупні пори, як між агрегатами, так і всередині них, які заповнені повітрям.

Структурний ґрунт менше випаровує (і втрачає) вологи, ніж безструктурний. Великий вплив має структура на повітроємність ґрунту, його проникність повітрям.

В безструктурному ґрунті при достатньому вмісті вологи корені рослин та аеробна мікрофлора страждають від нестачі вільного кисню, а за достатнього вмісту повітря – навпаки, від нестачі вологи.

Волога атмосферних опадів повільно вбирається безструктурним ґрунтом. Весною, під час танення снігу і при сильних зливах велика кількість води на схилах стікає по поверхні ґрунту, втрачається і викликає ерозію.

В структурному ґрунті немає антагонізму між водою і повітрям. При достатній кількості доступної для рослин вологи в структурному ґрунті міститься і оптимальна кількість повітря (табл. 5.12).

Таблиця 5.12

Порівняння структурного та безструктурного ґрунтів  
(за В.В. Медведєвим (2018))

Показник	Ґрунт	
	структурний	безструктурний
Сумарне випаровування вологи за 10 діб, мм	15	40
Вологість на глибині 10 мм після випаровування, %	30	10
Капілярна шпаруватість, % від загальної	44	92
Повітроємність, % від загальної шпаруватості	33	2,7
Уміст кисню в ґрунтовому повітрі, %	19,2	5,4
Повітропроникність, %	96,0	0
Уміст рухомого фосфору, мг/100 г ґрунту	12,0	7,0
Кількість нітратів, мг/кг ґрунту	132	62

Структурні ґрунти більш стійкі до водної та вітрової ерозії. Пухке (структурне) складення ґрунту сприяє кращому проростанню насіння, поширенню коренів рослин у ґрунті. Безструктурний ґрунт після зволоження запливає, при підсиханні ущільнюється, утворює кірку, утруднюється проростання насіння. Діапазон оптимальної вологості ґрунту для його

обробітку є більш широким у структурному ґрунті порівняно з безструктурним.

Важливим аспектом аналізу зонально-ареальних особливостей формування структури ґрунтів є опис географії різних окремоностей ґрунту (табл. 5.9).

Брилиста частина визначає *брилистість ґрунту*, тобто його здатність формувати структурні агрегати більші 10 мм. При дослідженні ґрунтів непорушеної будови (у профілях) встановлено, що в природних умовах імовірність утворення структурних агрегатів таких розмірів є низькою.

За результатами дослідження В.В. Медведєва (2007) була створена карта брилистості орних ґрунтів України, отримана в рівноважному стані ущільнення й при вологості, трохи нижче фізичної стиглості (рис. 5.27). Незважаючи на те, що визначення брилистості були проведені до піка реалізації потенціалу агрегації в ґрунті, брил в орних ґрунтах України виявилось чимало. Середній вміст брилистої фракції в орних ґрунтах становить 23% з коливаннями від 7 до 68 %.

Коефіцієнт варіації досить високий – 42%.

Зіставляючи карту брилистості з генетичними властивостями ґрунтів, можна констатувати, що брил більше там, де в ґрунтовому вбирному комплексі зростає частка тривалентних катіонів або поглиненого натрію, знижується вміст гумусу й зростає частка фульвокислот у його складі, і, насамперед, там, де велика ймовірність зниженого зволоження під час обробітку. Остання причина представляється найбільш важливою для формування брилистого орного (посівного) шару.

Зіставляючи карту брилистості з генетичними властивостями ґрунтів, можна констатувати, що брил більше там, де в ґрунтовому поглинному комплексі зростає частка тривалентних катіонів або поглиненого натрію, знижується вміст гумусу й зростає частка фульвокислот у його складі, і, насамперед, там, де велика ймовірність зниженого зволоження під час обробітку. Остання причина представляється найбільш важливою для формування брилистого орного (посівного) шару. Говорячи про причини утворення брил, не можна не згадати ще кілька самих різних факторів. Серед ґрунтово-генетичних це – певне співвідношення між піском, пилом і глиною. Тенденція до утворення брил підсилюється, як тільки в ґрунті зростає частка глини або частка мулу. Серед технологічних – зайвий глибокий обробіток з оборотом шару, що супроводжується вивертанням на поверхню брил великого розміру, що представляють найбільшу загрозу для ефективного ведення всіх наступних агротехнічних операцій.

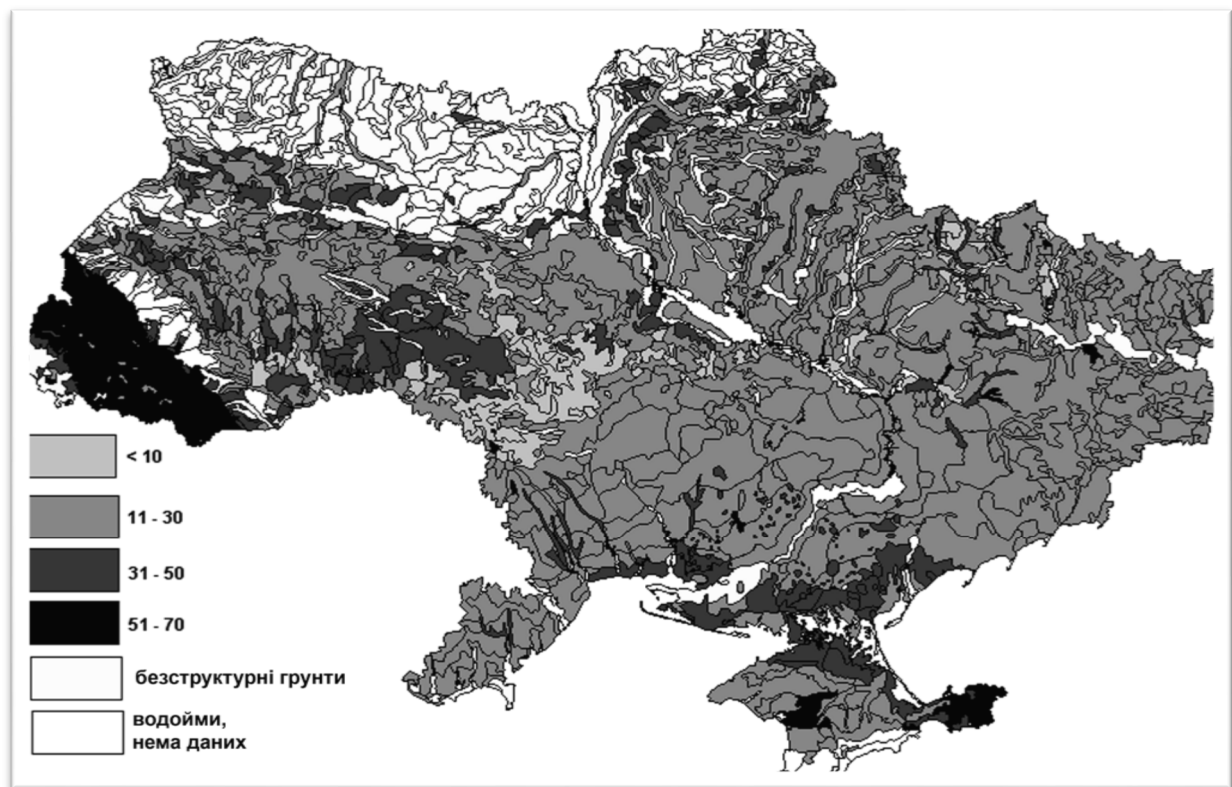


Рис. 5.27. Розподіл орних ґрунтів України за вмістом макроагрегатів більше 10,0 мм (брилистість) (за В.В. Медведєвим)).

Разом з тим, не можна говорити про певну географічну приуроченість утворення брил на ріллі країни. Згідно орієнтовних даних, понад 82% орних ґрунтів країни утворюють брили, причому близько 12% ріллі схильні до цього в значній мірі. При обробі в таких ґрунтах може утворитися брил від 31 до 50 (11% площі) і від 51 до 70% (близько 1% площі). Якщо прийняти площу орних земель, рівну 30 млн. га, то це відповідно 3,3 і 0,3 млн. га.

Негативний вплив брил зовсім очевидний. За брилистої ріллі неможливо створити міцний запас доступної вологи – вона або стікає в нижні шари ґрунтового профілю або випаровується. Неможливо здійснити якісну сівбу польової культури. Сходи рослин виходять недружніми, а їхній розвиток нерівномірним. Для руйнування брил потрібні додаткові обробки й витрати. Навіть 5% брил роблять явно несприятливий вплив на агрономічно важливі ґрунтові режими, насіння висіяних рослин, їхнє проростання й наступний розвиток. Судячи з представленої карти брилистості, в Україні багато брилистих ґрунтів.

**Середній вміст агрономічно цінної фракції** грудочок від 10 до 0,25 мм за дослідженнями В.В. Медведєва в орних ґрунтах України становить 64% з розмахом коливань від 29 до 78 % (рис. 5.28). Коефіцієнт варіації оцінюється як середній – 14%. Найбільш високий їх вміст, близький до оптимального, відзначається в чорноземах типових і звичайних суглинкового гранскладу Лісостепу й північному Степу, збагачених гумусом і поглинутиим кальцієм.

Тут він досягає 70-80% від загального складу структурних агрегатів. У ріллі ґрунтів з такими сприятливими характеристиками близько 21 млн. га із загальної площі, що становить близько 30 млн. га.

До півночі (північного заходу) і до півдня (південного сходу) від цієї території вміст агрегатів агрономічно цінного розміру помітно знижується до 50-40 % і навіть нижче.

Середній *вміст пилуватої та мулистий фракцій* за дослідженням все того ж В.В. Медведєва (структурні окремоті дрібніше 0,25 мм) в орних ґрунтах України становить близько 12 % з коливаннями від 1 до 41%. Коефіцієнт варіації досить високий – 46 % (рис. 5.29). Зіставляючи ці величини із критичними параметрами припустимого розпорошення ґрунту при обробітці, установленими В.Р. Вільямсом (23-35%), можна дійти висновку про слабку небезпеку розпорошення ґрунтів у країні.

Найбільша небезпека розпорошення існує в степовій частині нашої країні практично на всіх орних ґрунтах. За нашими даними, середня величина вмісту пилу в цій зоні перебуває в межах 15-20%. Однак, вона може істотно зрости за умови обробітці ґрунту зі зниженим зволоженням і при проходах машинно-тракторних агрегатів з підвищеною вагою. Якщо прийняти вміст пилу в оброблюваному шарі в межах 10% як такий, що може викликати погіршення структурного складу орного (посівного) шару, то відповідні площі орних ґрунтів у країні, становлять близько 38 % (11,4 млн. га). Ґрунти із вмістом пилу від 15 до 20 % займають 7 % (2.1 млн. га).

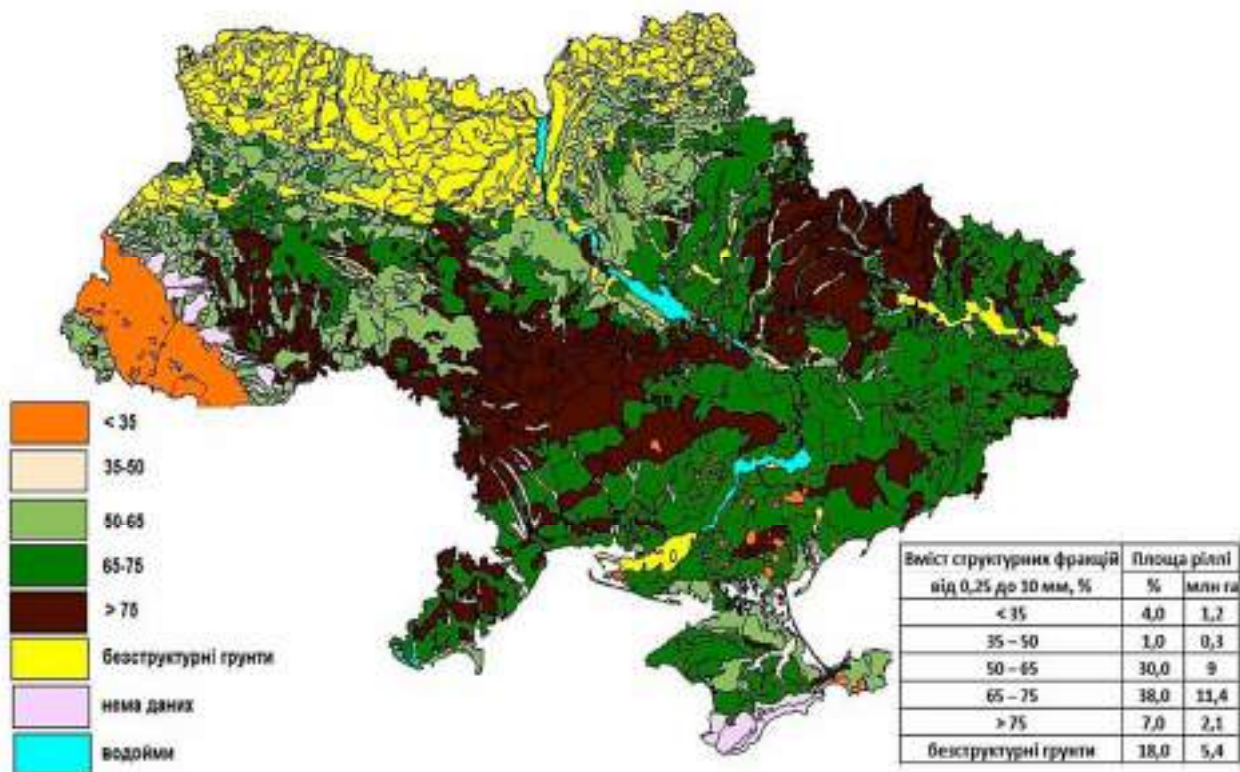


Рис. 5.28. Картосхема вмісту агрегатів розміром 10-0,25 мм (за В.В. Медведєвим).

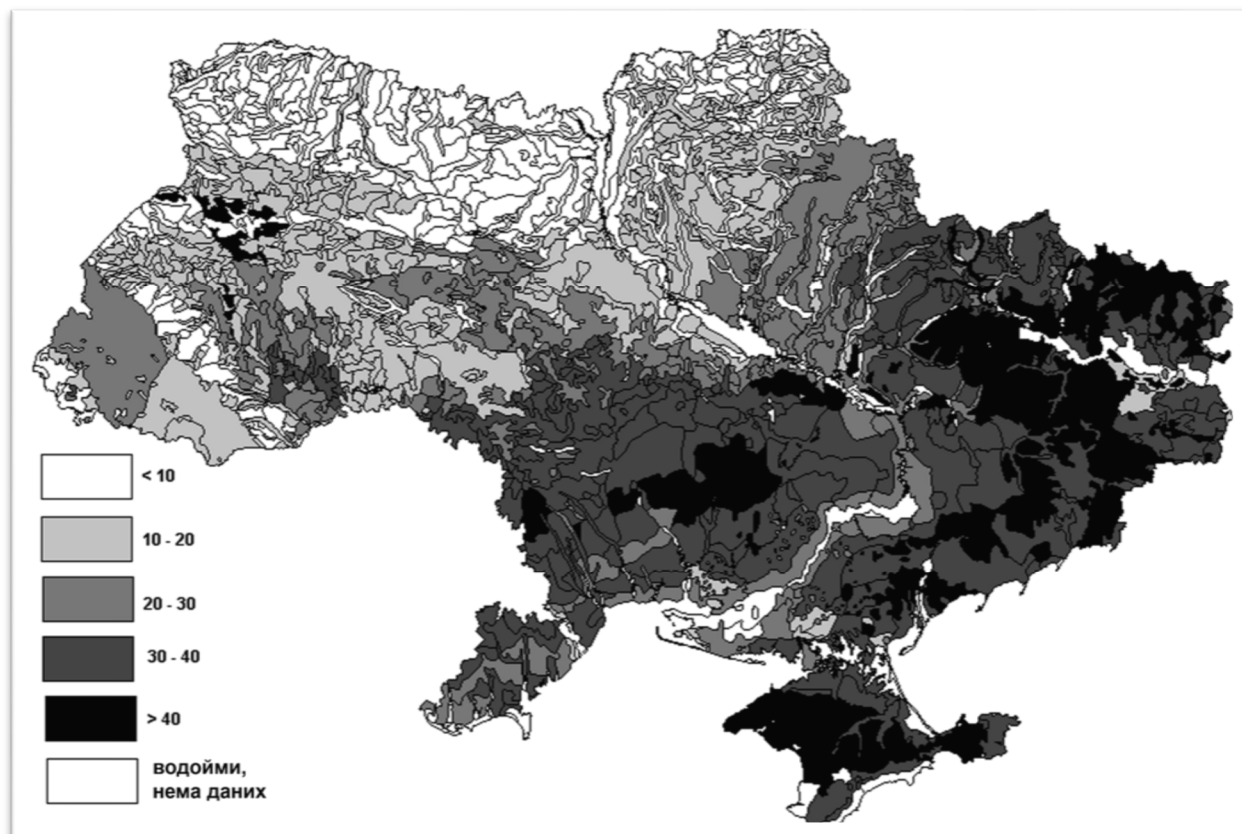


Рис. 5.29. Розподіл орних ґрунтів України за вмістом гранулометричної фракції  $<0,001\text{ мм}$  (мул) (за В.В. Медведєвим).

Нарешті, ґрунти із вмістом пилу понад 20% становлять 8,8 % (2,6 млн. га). Всі ці дані свідчать про досить помірну небезпеку розпилення орних ґрунтів під час обробітку. Одночасно, потрібно враховувати можливе розпорошення ґрунтів за деформації ходовими пристроями МТА, що потребує найпильнішої уваги й розробки ефективних контрзаходів.

Найбільш *загальні закономірності географії водостійкої фракції* (агрегати розміром більше 0,25 мм) орних земель України наведені відповідно до результатів досліджень В.В. Медведєва (рис. 5.30):

- більш високі показники водостійкості мають типові й звичайні чорноземи, добре гумусовані й збагачені поглинутим кальцієм. До півночі й до півдня від цієї території водостійкість падає;

- середня величина водостійкості ґрунтової структури не досягає 50%, при коефіцієнті водостійкості менше 0,5 і відповідному розмаху коливань від 25 до 70% або від 0,2 до 0,8.

- разом зі зростанням у ґрунті піщаних і пилуватих компонентів і зниженням вмісту гумусу водостійкість знижується. Перезволоження, що супроводжується оглеєнням, підкисленням ґрунтового розчину, водно-ерозійними або дефляційними процесами сприяють зниженню водостійкості;

- переущільнення, як правило, формує помилково стійкі агрегати, що руйнуються у воді при попередньому і тривалому намочуванні зразка перед просіюванням.

У підсумку В.В. Медведєв відмічає (у редакції автора: найбільше процеси агрегації виражені в лісостеповій і північній частині степової зон. До півночі й до півдня агрегація слабшає. При аналізі структурно-агрегатного складу ґрунтів вихід агрономічно цінної фракції розміром від 10 до 0,25 мм досить високий (у середньому близько 64 %). Разом з тим досить значний вміст брил (23 %) і в меншій мері пилюватої фракції (близько 12 %) істотно знижує агрономічну цінність структури орних ґрунтів країни. Про це ж свідчать досить низькі оцінки водостійкості – менш 50 %, що з очевидністю доводить наявність в усіх без винятку орних ґрунтах країни наслідки процесів фізичної деградації.

Таким чином, гранулометричний склад – дуже важлива агрономічна і класифікаційна характеристика ґрунту. Від нього залежить водний, повітряний, тепловий і поживний режими, питомий опір та зношування робочих органів ґрунтообробних знарядь.

По величині *питомого опор* під час оранки плугом всі ґрунти поділяють на чотири групи:

1. легкі ґрунти (піщані, супіщані) з питомим опором 0,2-0,35кг/см<sup>2</sup>;
2. середні ґрунти (суглинкові) з питомим опором 0,35-0,55кг/см<sup>2</sup>;
3. важкі ґрунти (глинисті) з питомим опором 0,55-0,80кг/см<sup>2</sup>;
4. дуже важкі ґрунти (зрошувані ґрунти, перелогові та цілинні, солонці та солончаки) з питомим опором 0,8-2кг/см<sup>2</sup>.

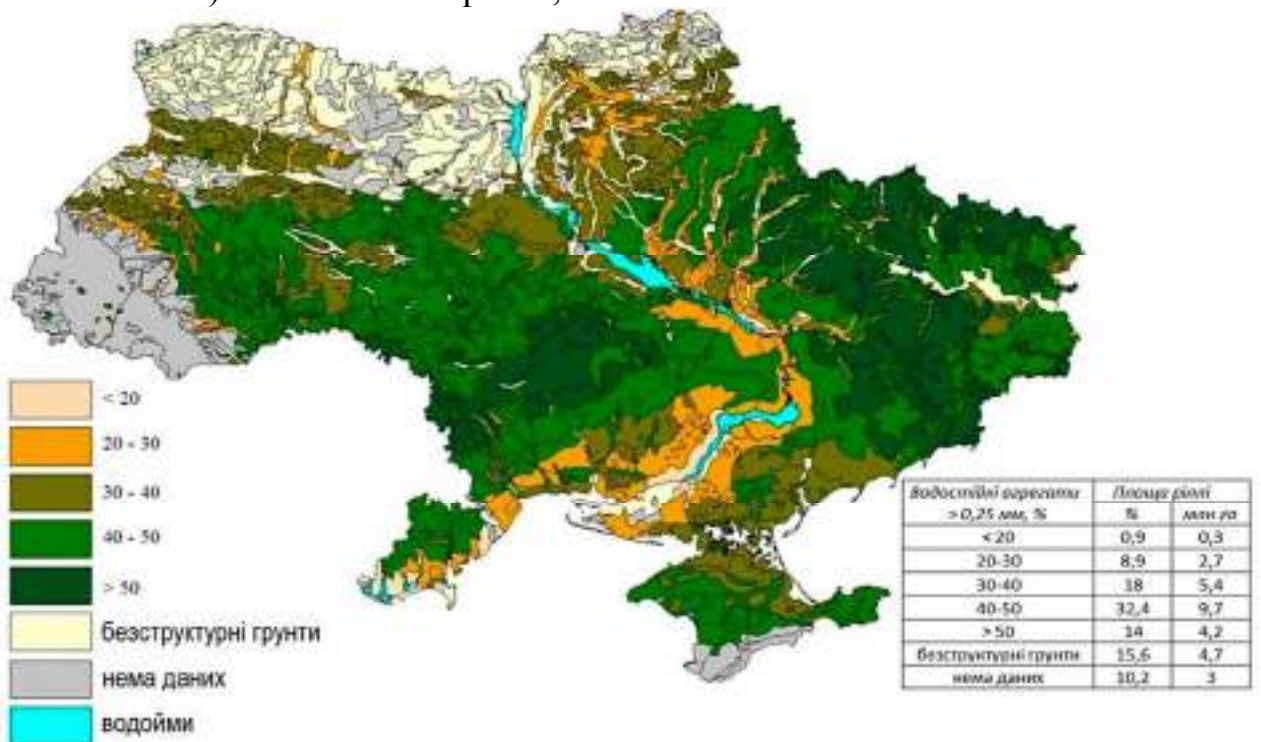


Рис. 5.30. Картохема вмісту водостійких агрегатів розміром >0,25 мм (за В.В. Медведєвим).



По ступеню впливу на зношення робочих органів ґрунтообробних знарядь (питоме зношення маси лемешів, г/га) виділяють три групи ґрунтів:

1. з малою зношувальною здатністю (глинисті і суглинкові) – 2-30 г/га;
2. з середньою зношувальною здатністю (супіщані і піщані ґрунти) – 30-100 г/га;
3. ґрунти з сильною зношувальною здатністю (піщані з великою кількістю каміння) – більше 100 г/га.

### 5.3. Механізми формування структури ґрунту

О.Н. Соколовський вказував, що головна роль в утворенні структури належить ґрунтовим колоїдам і кальцію. Факторами структури є насамперед колоїди ґрунту. Проте колоїдна частина може склеювати частинки ґрунту лише в тому випадку, якщо вони в достатній мірі насичені кальцієм». Механічні елементи, злипаючись один з одним або цементуючись мінеральними та органічними колоїдами, утворюють *мікроагрегати*. Мікроагрегати формуються також і в результаті взаємного осідання ґрунтових колоїдів, при їх коагуляції під впливом електролітів. Мікроагрегати, з'єднуючись між собою, утворюють *макроагрегати* (рис 5.31).

Утворення агрегатів відбувається не тільки під час ґрунтоутворення, а вже з моменту формування материнських порід. Проте тільки процес ґрунтоутворення здатний породити те, що називається структурою ґрунту.

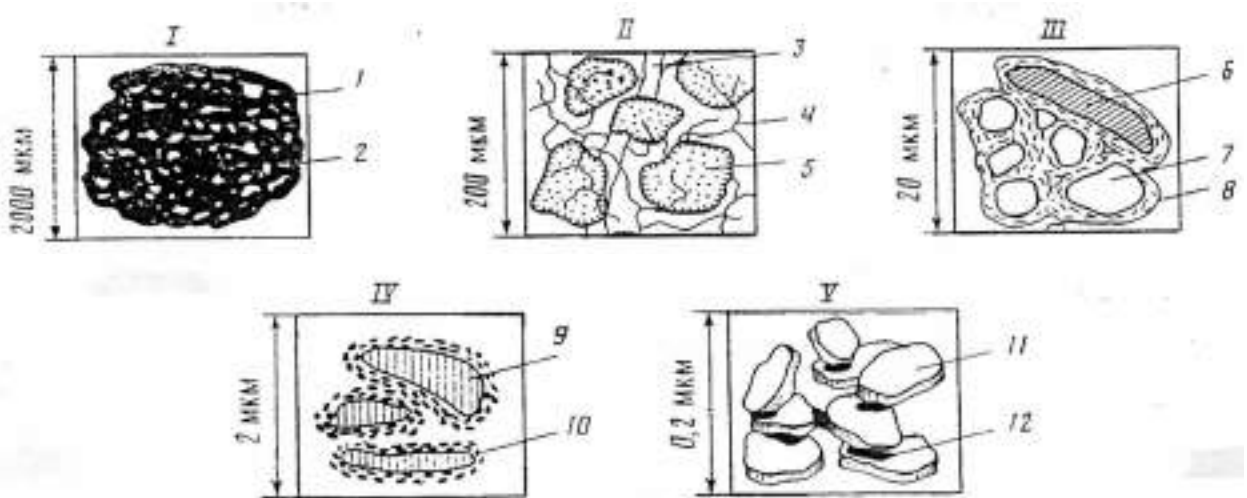


Рис. 5.31. Ґрунтові мікроагрегати, що поділяються за розміром на 5 порядків 1. I – ґрунтова частка: 1 – тверді частинки, 2 – пори; II – коріння і гіфи: 3 корінь, 4 – гіфи гриба; III – рослинні та грибні залишки, інкрустовані неорганікою: 5 – мікроагрегати, 6 – рослинні залишки, 7 – гіфи, 8 – пакети глинистих частинок; IV – мікробні і грибні залишки, інкрустовані неорганікою: 9 – мікробні залишки, 10 – частинки глини; V – аморфні алюмосилікати, оксиди і органічні полімери, сорбовані на поверхнях і електростатично пов'язані: 11 – глинисті пластинки, 12 – цементуюча речовина.

Таким чином, ґрунт представлений розсипчастою, агрегованою системою частин, а не єдиною монолітною масою. Чим краще виражена ця структура, чим стійкіші до впливу води і механічних навантажень ґрунтові агрегати, тим краще функціонує ґрунт, тим вище його продуктивність. Це цілком зрозуміло: адже гарна структура визначає відповідне проникнення вологи за рахунок зниженої щільності та підвищує його здатність утримати більшу кількість води, поживних речовин, покращує рух газів, активніше проходить газообмін. Особливо важлива стійкість, стабільність ґрунтових мікро- і макроагрегатів, здатність протистояти зовнішнім впливам. Саме від цієї здатності агрегатів залежить і протиерозійна стійкість ґрунтів, і здатність витримувати зовнішні механічні навантаження, і багато інших ґрунтових функцій.

Процеси структуроутворення розділяють на:

- фізико-механічні;
- фізико-хімічні;
- хімічні;
- біологічні;
- агротехнологічні.

**Фізико-механічні фактори.** З фізико-механічними факторами пов'язаний поділ ґрунтової маси на структурні агрегати під дією тиску та механічного впливу. Формування агрегатів відбувається внаслідок чергування процесів зволоження та висушування, замерзання і відтаювання ґрунту, діяльності ґрунтових тварин, під впливом тиску, що чиниться у процесі росту коріння рослин, а також ґрунтообробних знарядь (рис. 5.32). З фізико-механічними факторами пов'язаний поділ ґрунтової маси на структурні агрегати у результаті зміни об'єму, тиску і механічного впливу.



Рис. 5.32. Будова призматичної структурності агрегатів, що показує агрегованість різних порядків (по Б.Г. Розанову) (а); схема складені структури (по Ф. Дюшофуру) (б) (мовою оригіналу):

- I – мікроагрегат; II – макроагрегат; а – глиниста частка;
- б – бактерія; с – бактеріальний гель + ГК; t – мікроагрегатів;
- р – мінеральна частинка; tv – рослинна тканина; с + а – цементуюча речовина і гіфи; а – гіфи; v – пори.

**Фізико-хімічні фактори.** Зміна вмісту структурних окремостей під впливом цих факторів пов'язана з коагуляцією і цементуючою дією ґрунтових колоїдів. Агрегати формуються або при взаємному осадженні колоїдів, або внаслідок їх коагуляції електролітами (рис. 5.33). **ґрунтовими колоїдами** називаються частинки, величина діаметра яких менше 0,001 мм. За складом ґрунтові колоїди поділяються на:

- мінеральні (утворюються з мінералів);
- органічні (гумінові, сахариди, целюлоза);
- орґано-мінеральні (взаємодія мінералів і гумусових речовин).

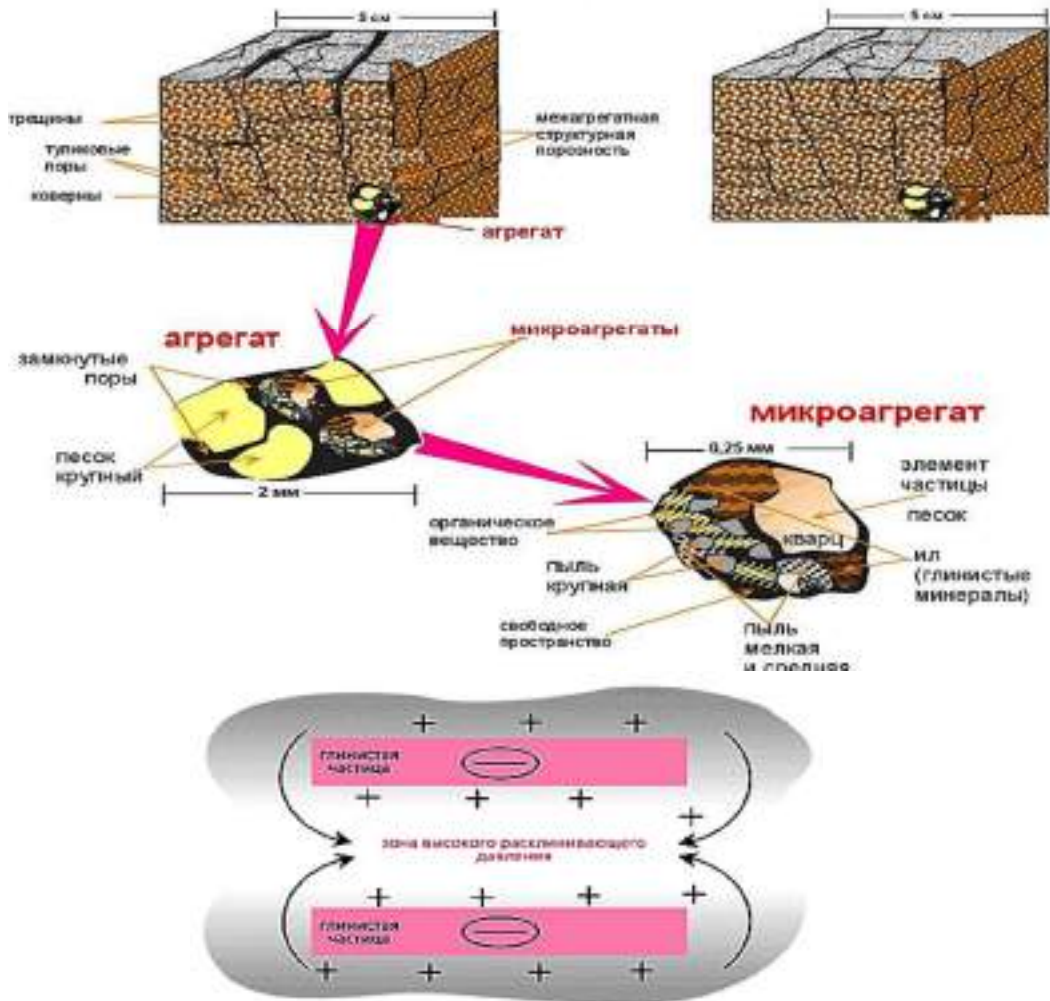


Рис. 5.33. Агрегатний стан ґрунту (за Е.В. Шеїном, 2005) (верхня позиція мовою ориґіналу) та схема виникнення роз'єднуючого тиску між негативно зарядженими мінеральними частинками – стрілками вказано напрямок руху води з позитивно зарядженими сорбованими катіонами (нижня позиція).

Більшість ґрунтових колоїдів, як мінеральних, так і органічних, має негативний заряд. Колоїди можуть знаходитися в ґрунті в стані гелю (колоїдні осаді – драглисті, пухкі або аморфні) і в стані золю (колоїдним розчином). Коагуляція – перехід колоїду з золю в гель. Пептизація – перехід

зі стану гелю в золь. Зворотній коагуляція, коли колоїдна система переходить з золю в гель і потім назад.

Фактори, що сприяють коагуляції:

- валентність і атомна вага іонів електролітів;
- відношення колоїдів до води;
- окислювально-відновні умови розчину;
- криогенні умови в ґрунті (промерзання, відтаювання);
- час (старіння колоїдів).

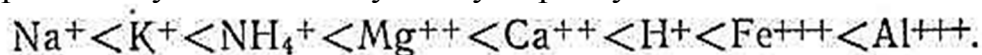
Механічні елементи злипаються в суцільну масу під дією коагуляції (флокуляції), що приводить до утворення невеликих за розміром нестійких агрегатів. Злипання відбувається також при цементації, якщо між механічними елементами є прошарок, здатний при висушуванні переходити в нерозчинний стан. У злипанні механічних елементів важливу роль відіграють капілярні сили. У місцях контакту твердих часток, при змочуванні ґрунту формуються меніски, під якими тиск рідини знижується і частки зазнають надлишку зовнішнього тиску, що й утримує їх разом. У разі перезволоження ґрунтова маса знову повертається частково до роз'єданого стану.

Злипанню та склеюванню сприяють також і ван-дер-ваальсові (міжмолекулярні) сили. Цьому ж сприяє деякий рівень зволоження, коли частки можуть орієнтуватися певним чином, а також тиск шару, що лежить зверху. Важливе значення має склад поглинених катіонів. Коли в ГВК домінує Са, водостійкість і механічна міцність утвореної від склеювання маси є більшою. Без наявності в ґрунті інших механізмів після склеювання утворилася б суцільна маса, позбавлена агрономічної цінності.

**Процес коагуляції колоїдів** відбувається головним чином при взаємодії колоїдів з електролітами, тобто з розчинами солей, кислот і лугів. При цьому колоїди з негативним зарядом частинок коагулюють з катіонами, колоїди ж з позитивним зарядом – з аніонами. А так як в ґрунті переважають негативно заряджені колоїди, то коагуляція їх може відбуватися переважно під впливом позитивно заряджених катіонів ґрунтового розчину.

Різні катіони залежно від їх валентності і атомної ваги володіють різною величиною заряду, а тому і коагулююча здатність їх неоднакова.

Одновалентні катіони коагулюють слабше двовалентних; двовалентні – слабше, ніж тривалентні. За ступенем зростання коагулюючої здатності катіони розташовуються в наступному порядку:



Виняток становить лише іон  $\text{H}^+$ , коагулююча здатність якого вище двовалентних іонів.

Коагуляція колоїдів може бути **оборотною** і **необоротною**, тобто в одному випадку золь, який перейшов в гель, знову може перейти в розчин; в іншому – цей перехід гелю в золь буде ускладнений або зовсім неможливий. При цьому оборотна є коагуляція викликана впливом одновалентних катіонів ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$ ), необоротна – двовалентних ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ), а також і тривалентних

катіонів, як, наприклад,  $Al^{+++}$  і  $Fe^{+++}$ . Тому якщо осадження або згортання колоїдів викликано одновалентними катіонами, то така коагуляція буде нетривкою.

Навпаки, коагуляція, спричинена двохвалентними, а тим більше трьохвалентними катіонами, відрізняється великою міцністю і стійкістю проти руйнуючої дії води.

Гідрофобні колоїди (гідроокис заліза, мінерали групи каолініту) гідратують слабо. Гідрофобні колоїди не адсорбують молекули води: вони характеризуються незначним набряканням, здатністю згортатися і переходити в осад. Процес коагуляції для гідрофобних колоїдів незворотній. Грунтові колоїди можуть бути віднесені і до тієї, і до іншої групи або ж займати проміжне положення в залежності від їх природи.

Формування агрегатів при зворотному процесі коагуляції пояснюється В.В. Медведєвим з посиланням на А.Д. Вороніна. Змінне висушування-зволоження сприяє розриву слабких зв'язків між злиплими частками ґрунту, внаслідок чого утворюються тріщини за рахунок формування площин послаблення осей зрушення. Водночас у певних місцях частки зближуються, а отже, зв'язки між ними зміцнюються. За осями зрушення формуються грані майбутніх агрегатів і поровий простір, що надалі фіксується водяними потоками, відкладеннями дрібнодисперсних часток, гумусовими речовинами, кореневими волосками тощо. Грані макроагрегатів (педів) збагачуються мулистими частками (кутани), дрібнодисперсним мулом, вільним ферумом і гумусом. Характер і напрямок тріщин, а відповідно, і форма агрегатів залежать від інтенсивності процесів висушування, гранулометричного складу, вмісту найактивнішої високодисперсної частини ґрунту — колоїдів. Якщо ґрунт містить значну кількість глинистих мінералів типу каолініту з низькою ЄКО, заповненою переважно катіонами водню, він набуває неоднорідної пористої будови за рахунок хаотичного розташування глинистих часточок, зумовленого їх коагуляцією шляхом взаємодії між негативно зарядженими площинами і позитивно зарядженими ребрами. У результаті при висушуванні площин послаблення і тріщин зникає скільки-небудь спрямована орієнтація, внаслідок чого утворюється безліч тріщин, а водночас і агрегатів багатогранної форми. Навпаки, дрібнодисперсна фракція, складена мінералами груп іліту і монтморилоніту з високою ЄКО, насичених кальцієм, характеризується неоднорідною, ущільненою, малопористою будовою, зумовленою коагульованою плазмою і паралельним упорядкуванням глинистих мінералів. Така структура глинистої фракції сприяє утворенню чітких, прямих, перпендикулярних тріщин першого і слабо оформлених між ними тріщин другого порядку, що сприяє кубоподібному агрегуванню.

Насичення ГВК  $Na + Mg$  сприяє ущільненню плазми та паралельному упорядкуванню глинистих часток, розбитих прямими великими вертикальними тріщинами в призмоподібних агрегатах, які висихаючи,

стають дуже твердими. У ґрунтах, збагачених дрібноземистими оксидами заліза, утворюється залізисто-глиниста плазма, яка виконує роль зв'язків між зернами кварцу, що призводить до утворення надзвичайно пористої матриці з нечастими неправильними тріщинами. Гумусованість і карбонатність глинистої плазми сприяє утворенню пухкої, неорієнтованої матриці, з якої формуються багатогранні агрегати. У гумусово-акумулятивних верхніх горизонтах (чорноземів) утворюється зерниста, а в карбонатних – горіхувата структура. О.Н. Соколовський акцентував увагу на наявній значній ролі колоїдного гумусу в структуроутворенні. Активний гумус проникає в грудочки, склеює їх, а «старіючи» (пасивуючись), надає їм водостійкості.

**Кріогенні умови в ґрунті.** Згортання ґрунтових колоїдів, крім дії електролітів, може відбуватися при взаємній коагуляції протилежно заряджених колоїдів, при висиханні та замерзанні ґрунту. Коагуляція ґрунтових колоїдів може бути також викликана повільним підсушуванням їх, зневодненням, а також швидким впливом негативних і позитивних температур, що супроводжується зневодненням ґрунтових колоїдів.

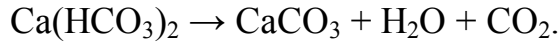
Літнє прогрівання або зимове промерзання ґрунтів супроводжується утворенням агрегованого структурного горизонту в результаті сукупної дії на колоїди висушування, прогрівання і промерзання. Гумусові колоїди дуже стабільні (більш, ніж мінеральні), важче коагулюють під впливом одновалентних іонів, але чутливі до кальцію і важких металів і дуже реагують на зміну температури, висушування і промерзання. Якщо коагуляція гумусових колоїдів відбувається під впливом кальцію, то гумус перетворюється в стійкий цемент, агрегує ґрунтову масу.

Таким чином, найважливіша умова утворення агрономічно цінної водостійкої структури – незворотня коагуляція колоїдів. Вона відбувається під впливом двох- і трьохвалентних катіонів. Міцно скріплюють механічні елементи в агрегати органічні колоїди, особливо гумати кальцію. Кращими структуроутворювачами вважаються гелі залізоорганічних комплексів. Агрегати, які утворюються за участю тільки мінеральних колоїдів, водостійкістю не володіють. Найбільш водостійка структура утворюється при взаємодії гумату кальцію з мінералами групи монтморилоніту і гідролюд, менш водостійка – з каолінітом, кварцом, аморфною кремнієвою кислотою.

**Хімічні чинники.** Роль хімічних чинників в оструктурюванні ґрунтів полягає в осадженні важкорозчинних сполук, що цементують ґрунтові агрегати. Ці сполуки можуть склеювати мікроагрегати і механічні елементи, що знаходяться у відокремленому стані. До них відносять аморфні гідроксиди заліза і алюмінію, карбонат кальцію, силікат магнею і ін.

В ґрунтах з тимчасовим надлишковим зволоженням чітко проявляється оструктурююча дія сполук заліза. При перезволоженні в ґрунті розвиваються відновлювальні процеси, що супроводжуються утворенням водорозчинних закисних форм заліза, які просочують ґрунтові агрегати. У разі підсихання

грунту і зміни відновлювальних процесів на окислювальні – двохвалентне залізо переходить в нерозчинні сполуки тривалентного заліза, які цементують ґрунтові агрегати. Така структура характеризується високою механічною міцністю і водостійкістю, однак відрізняється зниженою пористістю (<40%), оскільки частина об'єму пор поступово заповнюється Fe(OH)<sub>3</sub>. У ґрунтах аридних зон аналогічну роль грає CaCO<sub>3</sub>, що утворюється при висушуванні ґрунту з рухомого гідрокарбонату кальцію:



Якість води багато в чому визначається її катіонно-аніонним складом ґрунтового розчину. Найбільший вплив на погіршення структури ґрунту має вміст в зрошувальній воді катіонів натрію і його співвідношення з іншими катіонами. Критеріями, за якими визначається загроза втрати ґрунтом структури, є такі показники води, як SAR (Sodium Adsorption Ratio – натрієво-адсорбційне відношення) і ЕС (Electrical Conductivity – питома електропровідність). ЕС зрошувальної води визначають з використанням кондуктометрів, одиницями виміру є дСм/м. SAR визначається за формулою:

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

де: Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> – вміст натрію, кальцію та магнію в зрошувальній воді, мг-екв./дм<sup>3</sup>.

На рис. 5.34 представлений графік, за допомогою якого можна прогнозувати стійкість ґрунтової структури. Так, якщо значення відповідають I зоні, то ймовірність проблем, пов'язаних з втратою ґрунтом структури, дуже висока, якщо ж значення відповідають III зоні, то проблем зі стабільністю ґрунтової структури бути не повинно, II зона є перехідною, і виникнення проблем, пов'язаних зі стабільністю ґрунту, залежить від властивостей ґрунту.

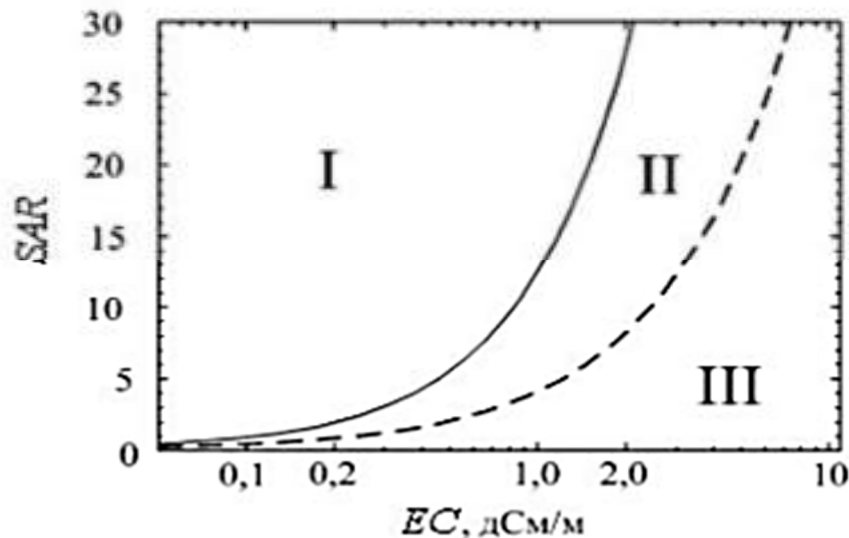


Рис. 5.34. Відношення між показниками SAR і ЕС в зрошувальній воді для прогнозу стійкості структури ґрунту (I – зона ризику втрати водостійкості ґрунту; II – перехідна зона, виникнення проблем залежить від стійкості ґрунту; III – зона стабільної ґрунтової структури).

**Біологічні фактори.** Рослини і тварини, що населяють ґрунт, відіграють важливу роль в структуроутворенні, надаючи комплексний вплив на цей процес. Діяльність ґрунтових тварин можна розглядати як своєрідний механічний обробіток ґрунту. Ґрунт, який зазнав впливу тварин, як правило, відрізняється найтоншою структурою, великою гомогенністю і однорідністю. У деяких випадках діяльність тварин виявляється більш результативною, ніж застосування сільськогосподарських знарядь, так як вони обробляють найчастіше лише орний шар, а тварини нерідко проникають і за його межі, іноді на глибину більше 1 м.

Велика роль у структуроутворенні належить дощовим черв'якам. Ґрунт, що пройшов через кишковий тракт дощових черв'яків, ущільнюється склеюється слизом, збагачується вуглекислим кальцієм (копроліти), характеризується високою водостійкістю. Структура, створена дощовими хробаками, легко відрізняється по формі (рис. 5.35-5.36). Вона, як правило, округла, поверхня має своєрідний «оплавлений» характер. При наявності 12...15 черв'яків на 1 м<sup>2</sup> вони за рік переробляють до 20 т/га маси ґрунту. Гігантські і строкаті дощові черв'яки, що живуть у сірих лісових ґрунтах і чорноземах Північно-Західного Китаю, за теплий період року пропускають через кишковий тракт і оструктурують від 170 до 225 т/га ґрунтової маси. При такій активній діяльності дощових черв'яків копроліти грають помітну роль в агрегатному складі ґрунту. Так, у цілинних звичайних чорноземах Степу на частку агрегатів, представлених копролітами припадає до половини від суми всіх структурних окремоностей. Вплив дощових черв'яків на структуроутворення настільки істотний, що їх спеціально розводять і в подальшому вносять в ґрунт.

Винятково важлива роль в оструктуренні ґрунту належить рослинам. Коренева система рослин є гарним діючим фактором розчленування ґрунтової маси на структурні агрегати. Пронизуючи ґрунтову масу у всіх напрямках, коріння розчленовує і ущільнює її, діючи як своєрідні ножі. Навіть порівняно щільний ґрунт у вологому стані не чинить опору проходженню коренів.

Роль рослин у структуроутворенні не обмежується тільки механічним впливом на ґрунт. При розкладанні рослинних решток утворюються різні неспецифічні органічні сполуки, що приймають участь в агрегуванні ґрунтової маси та гумусові кислоти, які відіграють провідну роль у формуванні водостійких агрегатів. Важливу роль в утворенні структури відіграють прижиттєві кореневі виділення. До їх складу входять різноманітні органічні сполуки, а загальна їх кількість за період вегетації може досягати 10 % і більше від рослинної біомаси.



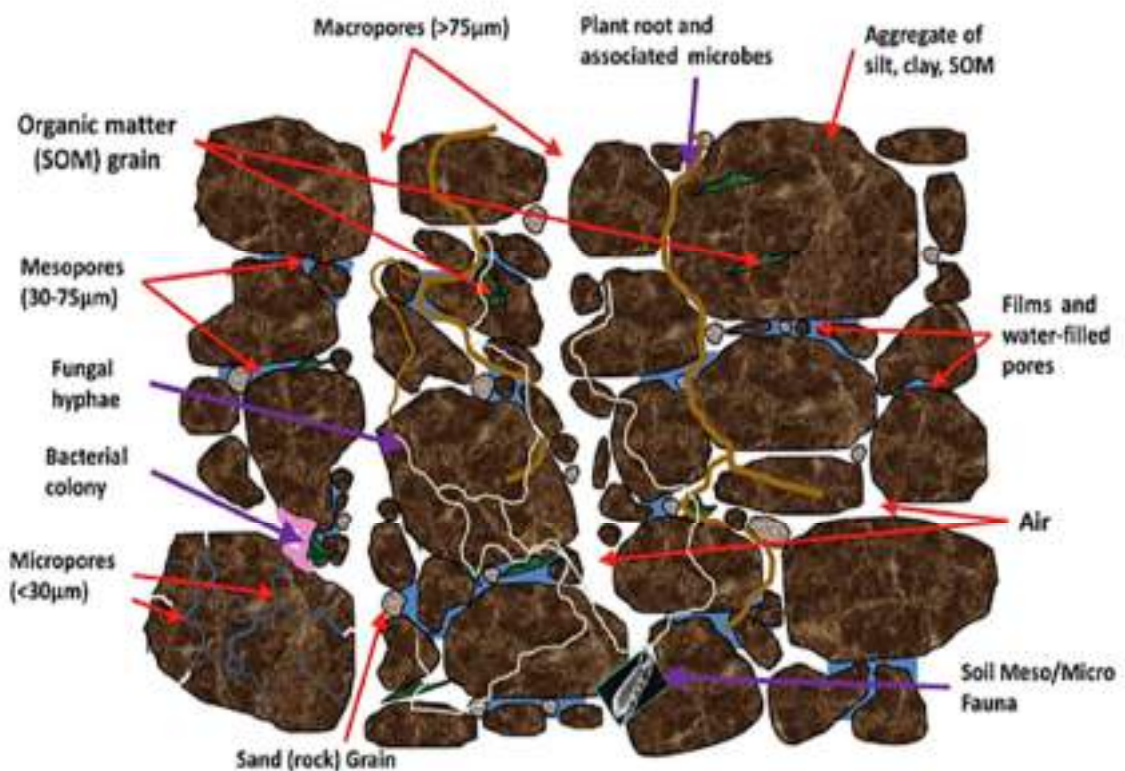
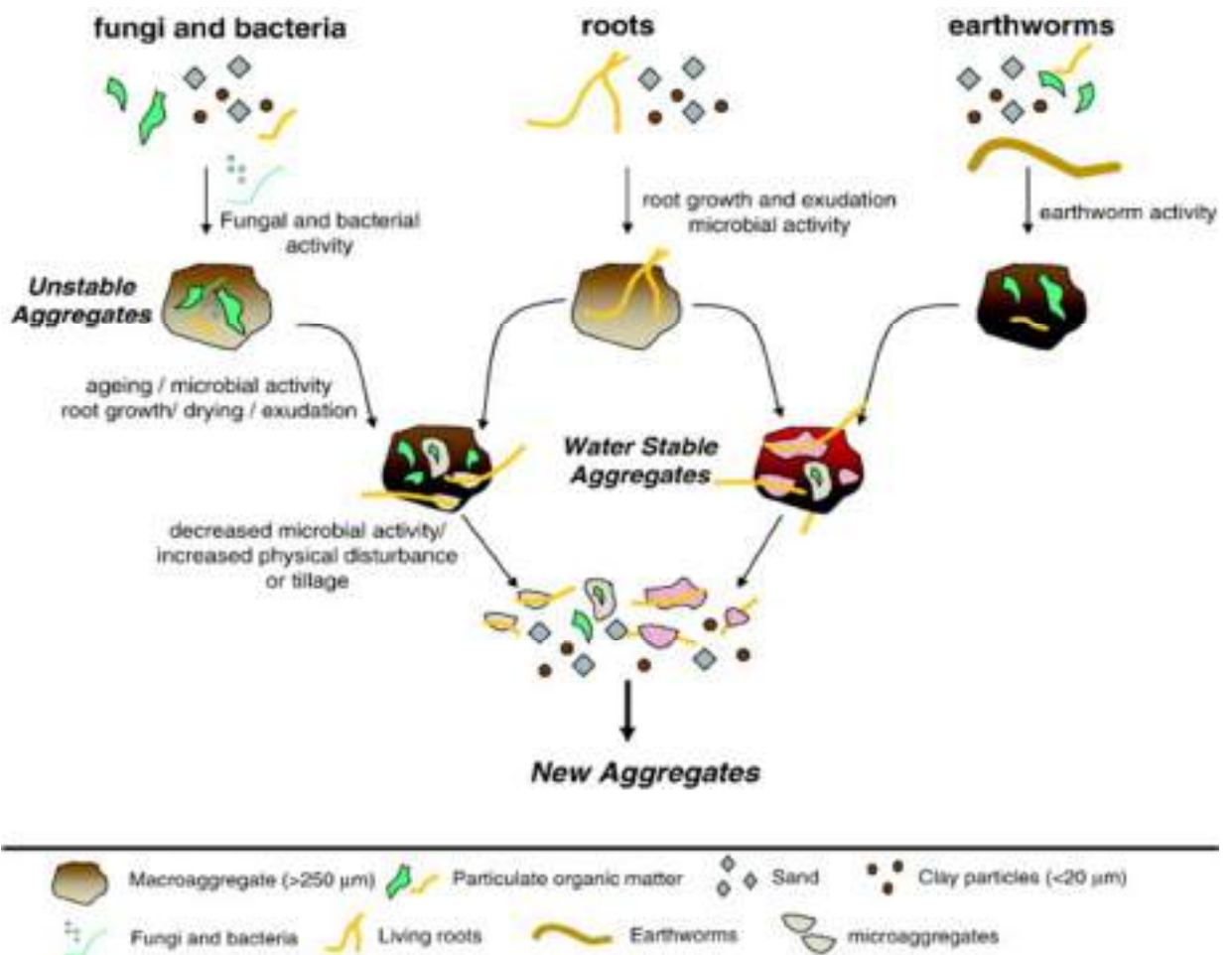


Рис. 5.35. Схема біогенного походження агрегатів ґрунту (мовою оригіналу).



Рис. 5.36. Дошові черв'яки.

Найбільш сильно на структуру ґрунту впливає багаторічна трав'яниста рослинність (рис. 5.37), що відрізняється могутньою добре розгалуженою кореневою системою. Тому там, де створюються сприятливі умови для її розвитку, зустрічаються добре оструктурені ґрунти, що наочно проявляється в зональному аспекті.

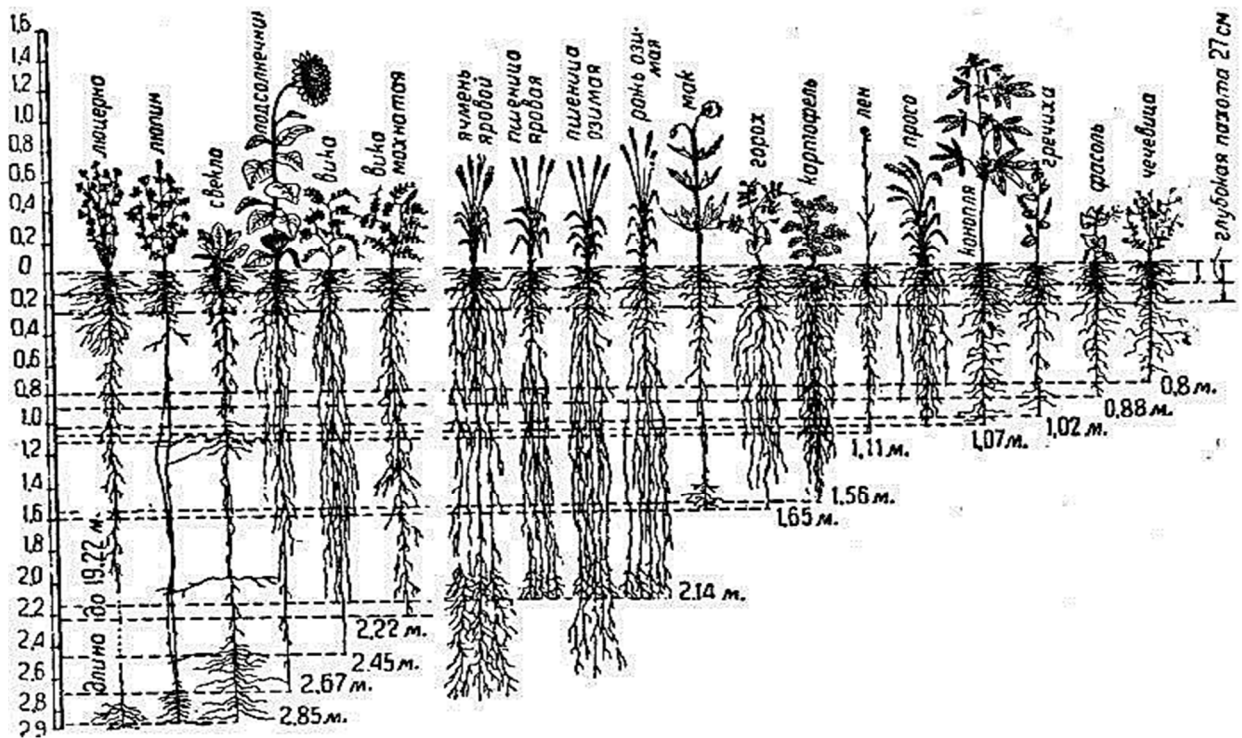


Рис. 5.37. Розвиток кореневої системи трав'янистих рослин.

**Агротехнологічні фактори формування структури ґрунту.** Детально опрацьовані у дослідженнях і публікаціях В.В. Медведєва з різними співавторами. Автор стверджує, що ґрунтообробні знаряддя просторово переміщують ґрунтову масу, розчленовують її на структурні окремоті, хоча загалом вплив механічного обробітку на структуру ґрунту є неоднозначним – агрегати не лише утворюються, а й частково руйнуються. Залежно від

гранулометричного складу, вмісту гумусових речовин, застосованого знаряддя, вологості ґрунту та інших умов, за яких здійснюється обробіток, процеси створення або руйнування агрегатів можуть мінятися місцями. Більш того, на тому самому ґрунті застосування однакових знарядь дає як брили, так і зливу (монолітну) масу залежно від вологості, за якої проводився обробіток. Він буде ефективним лише при проведенні за оптимальної для агрегатоутворення вологості ґрунту. Через постійні порушення вимог до обробітку ґрунту загальною є тенденція до подрібнювання і руйнування його структурних агрегатів. Руйнування структури може відбуватися не лише при нераціональному (поза вологістю оптимального кришіння) механічному обробітку, а й у разі втрати гумусу, детриту, інших органічних речовин, декальцинації, перенасичення сівозмін просапними культурами, зрошення мінералізованими водами тощо. Механічне руйнування здійснюється згаданими вище нераціональними способами обробітку, при катастрофічних зливах та грубокрапельних поливах. При вирощуванні просапних культур, які потребують великої кількості механічних операцій, руйнування структури стає їх неодмінним супутником.

Фізико-хімічне руйнування спричинюють фізіологічно кислі добрива, одновалентні катіони, кислотні дощі, мінералізація органічних речовин ґрунту.

Таким чином на підставі аналізу чинників формування структури ґрунту можна узагальнити, що найбільш водостійкою структурою характеризуються цілинні чорноземи, де оптимально поєднуються природні фактори структуроутворення, добре розвинена трав'яниста рослинність, високий вміст гумусу, у складі якого помітно переважають гумати кальцію, збагаченість мулистою фракцією, гідрослюдами і мінералами монтморилонітової групи, активна мікробіологічна діяльність та ін. На північ і південь від чорноземної зони умови для формування агрономічно цінної водостійкої структури погіршуються.

Природний ґрунтогенезис (особливо гумусово-акумулятивний, дерновий) сприяє формуванню водостійкої структури, передусім у чорноземних, лучних, дерново-карбонатних та багатьох інших ґрунтах, де в найбільш оптимальному комплексі представлені чинники структуроутворення, через що структурність тут виявляється щонайкраще, оскільки цьому сприяють значна кількість гумусу, переважання гуматів кальцію, висока мікробіологічна активність. При сільськогосподарському використанні ґрунтів починають діяти чинники (механічні, фізико-хімічні, біологічні) руйнування природної структури.

## **5.4. Значення гранулометричного та агрегатного складу ґрунту в агрономічній практиці та його регулювання**

Гранулометричний (механічний) склад ґрунту – важливий показник, який зумовлює фізичні та хімічні властивості, водний, тепловий і повітряний режими ґрунту, швидкість і напрямок розкладу в ґрунті органічної речовини,

опір ґрунту при обробітці, структуру ґрунту, його зволоження, забарвлення та інші морфологічні ознаки.

Гранулометричний склад ґрунту відіграє велику роль у процесах ґрунтоутворення та сільськогосподарському використанні ґрунтів. Він впливає на перетворення, переміщення і накопичення органічних і мінеральних сполук в ґрунті. В результаті в однакових природних умовах на породах різного механічного складу формуються ґрунти з неоднаковими властивостями. Також він визначає водно-фізичні, фізико-механічні, повітряні, теплові властивості, окислювально-відновлювальні умови, поглинальну здатність, накопичення гумусу, зольних елементів та азоту.

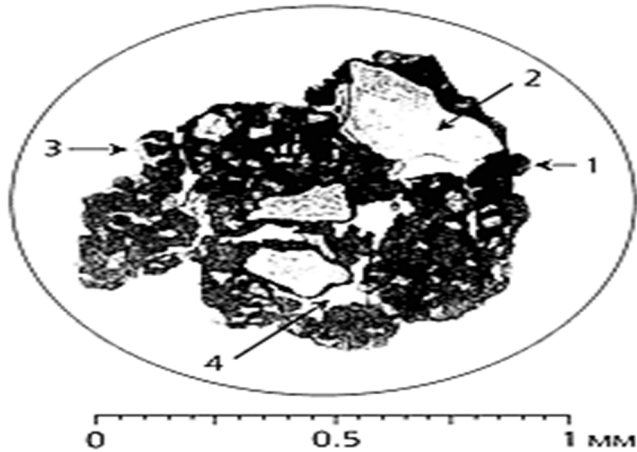


Рис. 5.38. Зріз агрегату чорнозему звичайного (за: Качинським Н.А., 1963). 1 – мікроагрегати; 2 – великі мінерали; 3 – органічний цемент; 4 – видимі мікропори.

В залежності від механічного складу змінюються умови обробітці, строки польових робіт, норми добрив, розміщення сільськогосподарських культур на певних територіях (рис. 5.39).

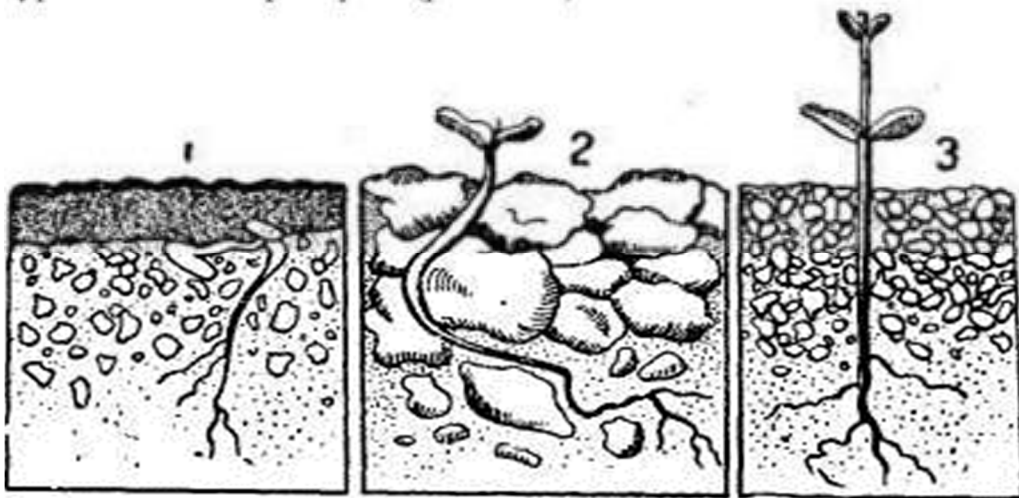


Рис. 5.39. Вплив структури ґрунту на формування сходів рослин.

За цих же умов, зв'язність ґрунтів зростає із збільшенням кількості мулистих і колоїдних часток, що беруть участь у формуванні структурних агрегатів. Високою механічною міцністю володіють агрегати глинистих і важкосуглинистих за гранулометричним складом ілювіальних горизонтів, наприклад солонцевих. У сухому стані вони руйнуються з великими труднощами, проте у воді легко розпадаються на складові їх механічні елементи і мікроагрегати. Тому поряд з механічною міцністю агрономічно цінна структура повинна мати і водостійкість.

**Водостійкість структури** – здатність агрегатів тривалий час протистояти розмиваючій дії води. Залежить вона від якості матеріалу, що склеює механічні елементи.

Необхідно мати на увазі, що водостійкість ґрунтової структури має різну природу і не всі водостійкі агрегати відносяться до агрономічно цінних. Частина з них утворені за рахунок необерненої коагуляції колоїдів і клеючої здатності органічних речовин (рис. 5.40). Такі агрегати характеризуються пухкістю, високою пористістю (>45%), легко вбирають воду, а в пори вільно проникають кореневі волоски і мікроорганізми. Саме такі агрегати відносяться до агрономічно цінних і забезпечують сприятливий водно-повітряний режим ґрунту.

В іншому випадку агрегати набувають водостійкості в результаті дуже щільного розміщення їх часток. Внаслідок цього вони характеризуються низькою пористістю (30-40%), представленої в основному тонкими неактивними порами, в яких вода перебуває переважно в зв'язаному стані і недоступна рослинам. В ці пори з труднощами проникають або взагалі не проникають кореневі волоски і мікроорганізми. Такі агрегати мають недостатню водостійкість і не відносяться до агрономічно цінних.

Зовсім інша ситуація складається в безструктурному ґрунті. Для нього характерно роздільно-частковий стан, який обумовлює щільну упаковку частинок і розвиток в основному тонкокапілярної пористості.

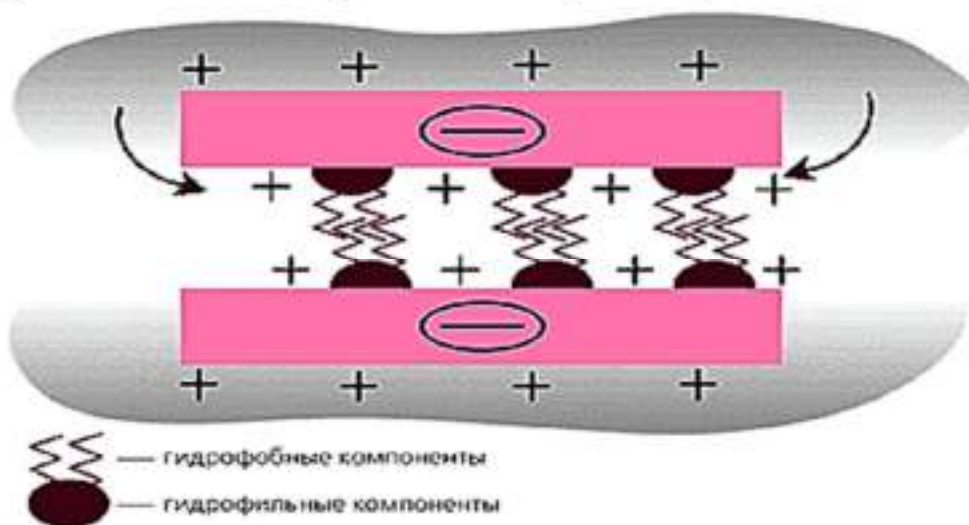


Рис. 5.40. Виникнення стійкої ґрунтової структури завдяки амфифільним властивостям ґрунтового гумусу. Гідрофобні компоненти міцно зв'язуються один з одним, а гідрофільні – з мінеральними частинками. Такий органо-мінеральний комплекс стійкий і до механічних впливів, і до руйнівного впливу води.

Тому і глинисті безструктурні ґрунти мають погану водопроникність, незадовільну вологоємність і недостатні запаси доступної для рослин вологи (рис. 5.41). Випадаючі опади погано вбираються такими ґрунтами, в результаті чого частина води втрачається на випаровування або з поверхневим стоком, що призводить до розвитку ерозії. У той же час безструктурні ґрунти характеризуються дуже високою капілярною провідністю, внаслідок чого по капілярах вода легко піднімається до поверхні ґрунту і випаровується в атмосферу. Цьому значною мірою сприяє

кірка, якою бесструктурний ґрунт незмінно запливає після кожного дощу або поливу і яка сильно перешкоджає сході рослин. В результаті інтенсивного фізичного випаровування запаси води в бесструктурному ґрунті швидко витрачаються і він покривається глибокими тріщинами.

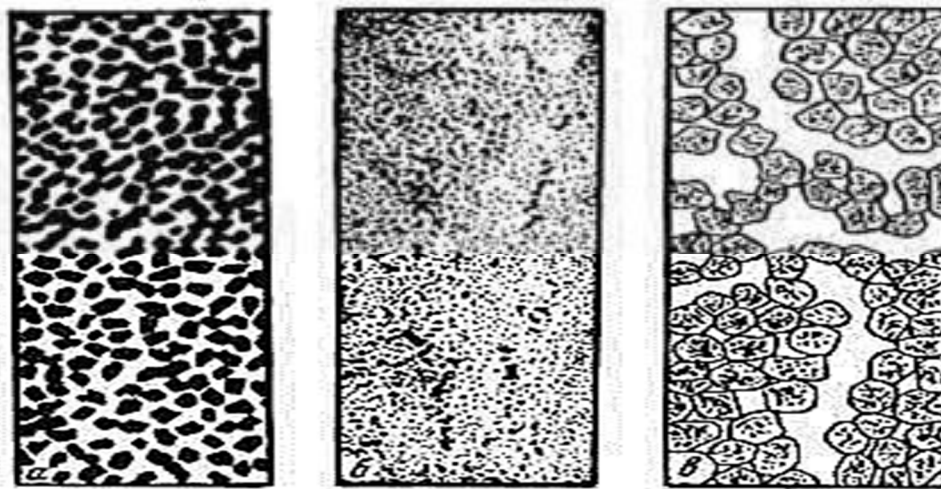


Рис. 5.41. Структурність різних ґрунтових профілів: (зліва-направо) піщаний ґрунт всі пори грубі, бесструктурний – всі пори капілярні, структурний – між агрегатами пори грубі, а в агрегатах – дрібні капілярні.

В агрономічному відношенні оптимальною є грудочкувато-зерниста структура розміром від 0,25 до 10 мм. На думку М.О. Качинського (1963), найцінніший з агрономічного погляду розмір структурних компонентів у межах 0,5-10 мм (за умови, що така структура є достатньо водостійкою, механічно міцною і пористою). Цей розмір можна прийняти як оптимальний. Проте навіть на кращих чорноземах при високій культурі їх використання і сприятливих умовах кришіння, утворюється не більше 75 % агрегатів такого розміру. Інша частина припадає на брили і пил.

С.І. Долгов (1968) оптимальною вважав багатокомпонентну суміш, в якій агрегатів агрономічно цінного розміру було 50-60%, брил – не більше 25-35 %, а пилу – не більше 10-20 % (перед посівом культур на каштановому ґрунті суглинкового гранулометричного складу). В цілому складається певна вимогливість сільськогосподарських культур як до граулометричного (рис. 5.42), так і до комбіації граулометричного і структурного стану ґрунту (табл. 5.13).

**Слід пам'ятати, що до агрономічно найцінніших відносяться лише агрегати розміром від 0,25 до 10 мм.** (рис. 5.43). Якщо при механічному обробітку ґрунт розпадається на агрегати, які відповідають даним розмірам, то він вважається структурним. У разі коли ґрунт не розпадається на структурні агрегати, а має сипучий стан, як пісок або пил, то він відноситься до бесструктурного розсипчатого, а якщо представлений великими безформними масами, то буде бесструктурно-брилистий або масивний.

## Відношення рослин до гранулометричного складу ґрунту

ґрунт за гранулометричним складом			
Піщаний та супіщаний	Легко- і середньо- суглинковий	Структурний важкосуглинковий та глинистий	Слабоструктурний та змитий важкосуглинковий і глинистий
Жито Картопля Люпин Еспарцет піщаний Люцерна жовта Серадела Кавун Дині Гарбузи Черешня	Пшениця озима Овес Просо Жито Гречка Ячмінь Льон Квасоля Горох Картопля Конюшина Цукровий буряк Черешня Яблуна Груша	Пшениця яра Ячмінь Кукурудза Сорго Соє Соняшник Цукровий буряк Конопля Вика Квасоля Слива Абрикос Вишня	Рис Кукурудза Люцерна синьогібридна Слива Вишня Буркун білий Буркун жовтий Ялина Дуб Дика яблуна Дика груша

Рис. 5.42. Оптимальний гранулометричний склад ґрунтів для ряду сільськогосподарських культур.

У структурному ґрунті створюються сприятливі умови водно-повітряного і теплового режиму. Завдяки наявності водостійких агрономічно цінних агрегатів в ньому присутні пори різного розміру – від найтонших капілярів в агрегатах та на їх стиках до більш великих пор з діаметром у кілька міліметрів і навіть більше. Між агрегатами переважають некапілярні пори (пори аерації), а всередині агрегатів – капілярні. Некапілярні пори є і всередині структурних окремоостей. Це забезпечує необхідний баланс між водою і повітрям. При випаданні атмосферних опадів або поливу вода з великими порами легко просочується вниз, глибоко промочуючи ґрунт. По мірі пересування вона розмоктується по капілярним ходам структурних окремоостей, вивільняючи пори аерації, які швидко заповнюються повітрям.

Вибагливість сільськогосподарських культур до гранулометричного складу ґрунтів (за В.Ф. Вальковим, 2008)

Рослини, що потребують ґрунтів			
піщаних і супіщаних	середньо-і легкосуглинкових	структурних важкосуглинкових і глинистих	малоstrukturних важкосуглинкових
Озиме жито	Сорго	Озима пшениця	Рис
Картопля	Овес	Яра пшениця	Кукурудза
Еспарцет	Просо	Кукурудза	Люцерна
Люцерна жовта	Озиме жито	Озиме жито	Буркун
Люпин	Гречка	Соя	
	Ячмінь	Соняшник	
	Соняшник	Льон	
	Горох	Цукрові буряки	
	Картопля	Вика	
		Конюшина	

Вимогливість культур до структури та гранулометричного складу ґрунту виникає завдяки високій водопроникності та вологостійкості. Структурний ґрунт практично повністю вбирає вологу, що надходить на його поверхню, що запобігає поверхневому стоку і розвитку ерозії. Навіть при зволоженні до гранично-польової вологостійкості в такому ґрунті зберігається сприятливий повітрообмін і панують окислювальні процеси. Одночасна присутність води і повітря забезпечує сприятливий тепловий режим ґрунту. Наявність у структурному ґрунті некапілярних пор зменшує швидкість і висоту капілярного пересування води, внаслідок чого знижується інтенсивність випаровування вологи з поверхні. В посушливих регіонах завдяки цьому гальмується концентрування ґрунтових розчинів і сповільнюється процес засолення ґрунтів.



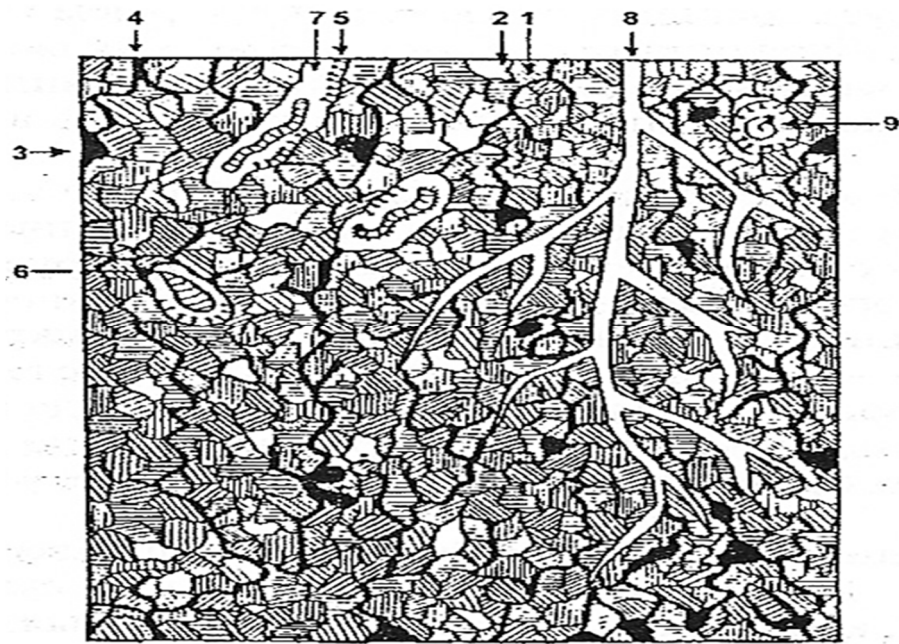


Рис. Фазовий склад добре оструктуреного ґрунту: 1 – тверда фаза (агрегати ґрунтових частинок); 2 – пори заповнені повітрям; 3 – великі пори, заповнені водою; 4 – капілярні пори, заповнені водою; 5 – грибна цвіль; 6 – личинки і лялечки ґрунтової фауни; 7 – хід дощового хробака; 8 – коренева система рослин; 9 – раковини молюсків.

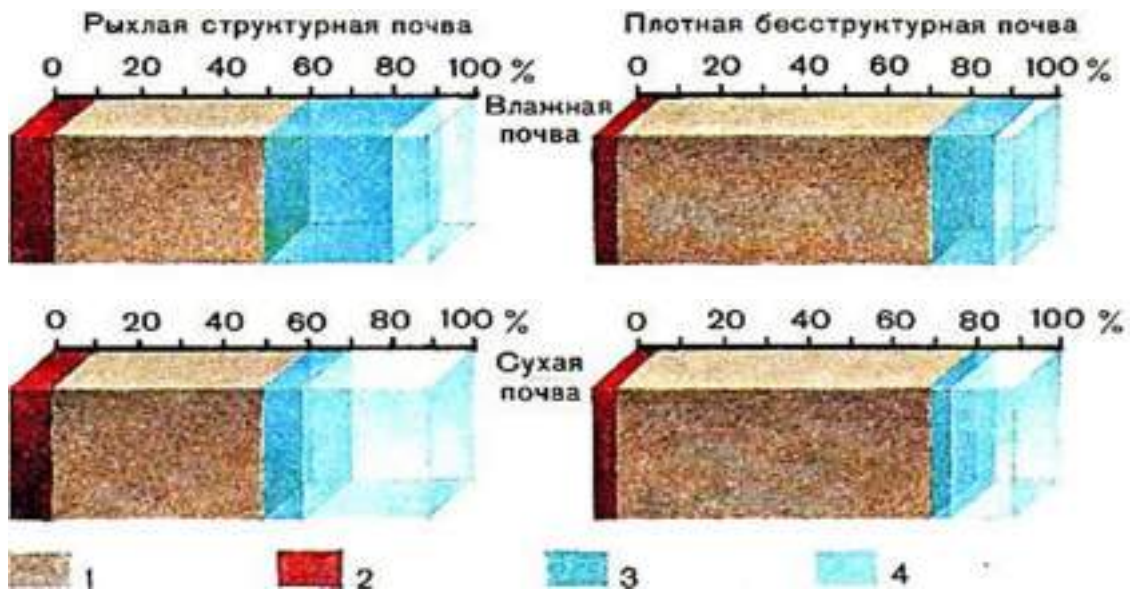


Рис. Фазовий склад ґрунтів різної структурності, в % від обсягу: 1 – жива фаза, 2 – тверда фаза, 3 – рідка фаза, 4 – газова фаза (мовою оригіналу).

По мірі оструктурювання ґрунту зменшується його щільність, зв'язність та липкість. Це знижує енергетичні витрати на механічний обробіток і дозволяє проводити його при більш високих рівнях вологості ґрунту.

Гарна аерація при наявності доступної вологи сприяє активізації мікробіологічних процесів і поліпшенню поживного режиму ґрунтів за

рахунок запобігання денітрифікації та утворення активних форм полуторних окислів, що зв'язують фосфати в важкорозчинні сполуки.

Найважливішими умовами агрономічної цінності структури є:

- її водостійкість;
- механічна міцність;
- порізність (понад 45%).

Під механічною міцністю розуміється здатність ґрунтових агрегатів протистояти руйнуючій дії робочих органів ґрунтообробних машин і знарядь, ходових систем тракторів та іншої техніки.

Недостатньо водостійкі агрегати швидко руйнуються під дією опадів і весняних талих вод; ґрунт запливає, і з'являється кірка. У ґрунтів, на яких утворилася ґрунтова кірка, знижується водопроникність, газообмін між ґрунтовим і атмосферним повітрям, сповільнюється розвиток аеробних мікроорганізмів, в ґрунті зменшується вміст поживних речовин в засвоєній для рослин формі.

Для визначення водостійкості агрегатів проводять їх «мокре просіювання». **За сумарною кількістю агрегатів >0,25 мм при мокрому просіюванні оцінюють їх водостійкість:**

- <10% – водостійкість відсутня;
- 10-20 – незадовільна;
- 20-30 – недостатньо задовільна;
- 30-40 – задовільна;
- 40-60 – гарна;
- 60-75 – відмінна;
- >75% – надмірно висока.

Міцність агрегатів зменшується із збільшенням їх розмірів, що пов'язано як із збільшенням їх пористості і з зростанням неоднорідності по мірі збільшення агрегатів. У більш великих агрегатах частіше зустрічаються порушення в їх будові (окремі великі порожнечі, тріщини, ЕПЧ великих розмірів). Агрегати більші 5 мм неводостійкі і розпадаються на фрагменти всіх розмірів.

Оптимальні розміри агрегатів, при яких забезпечується найбільш сприятливе співвідношення водного і повітряного режимів не можуть бути єдиними для всіх ґрунтово-кліматичних зон. В умовах достатнього, тим більше надлишкового, зволоження пухке складення, тому кращу аерацію забезпечують більш грубі структурні агрегати укомпоновані окремо і, навпаки, по мірі зростання посушливості сприятливий водно-повітряний режим досягається при деякому зменшенні розмірів ґрунтових агрегатів, так як надмірна пухкість в цих умовах може призвести до висушування ґрунту і посилення мінералізації гумусу. Найкращі водно-повітряні властивості ґрунтів степової зони складаються при розмірі агрегатів від 0,25 до 3 мм, дерново-підзолистих – при 0,5-5 мм.

В регіонах прояву вітрової ерозії, встановлено, що ґрунтові агрегати розміром грубше 1 мм в діаметрі є *вітростійкими*, а дрібніші 1 мм *ерозійнонебезпечними*. Вважається, що при наявності 60% і більше агрегатів > 1 мм поверхневий шар ґрунту досить стійкий до вітрової ерозії. Отже, в цих умовах агрономічно цінна структура повинна володіти ще одною властивістю – *вітростійкістю*. Зменшення розмірів ґрунтових агрегатів нижче 1 мм може призвести тут до виникнення вітрової ерозії, так як вітростійкість поверхні ґрунту, як було сказано раніше, прямо пропорційна грудочкуватості.

*При вмісті в орному горизонті менше 50% агрегатів більше 1 мм ґрунт піддається вітровій ерозії.*

Таким чином, *агрономічне значення структури* багатопланове. Від структурного стану залежать водний, повітряний і тепловий режими ґрунту, з якими в свою чергу пов'язані окислювально-відновний, поживний та мікробіологічний режими. Структура впливає на фізичні та фізико-механічні властивості ґрунту – щільність складення, пористість, кіркоутворення, зв'язність і питомий опір при обробітку. Особливо контрастні відмінності виявляються при порівнянні структурних і безструктурних ґрунтів (рис. 5.43-5.51).

В цілому, як уже вказувалось у попередніх розділах за **структурним станом** ґрунти можна поділити на три групи (опис їх особливостей проведено у попередньому підрозділі), які різко відрізняються між собою за водно-фізичними властивостями:

- безструктурні;
- слабоструктурні;
- структурні.

Представлені рисунки засвідчують, що *структурний ґрунт*, порівняно із *безструктурним*, має пухке складення, меншу щільність та більшу пористість. Якісний склад пор теж інший. В безструктурному ґрунті пори дрібні – капілярні. В структурному ґрунті поряд з капілярними є й найбільші пори, як між агрегатами, так і всередині їх, які заповнені повітрям. Структурний ґрунт менше випаровує (і втрачає) вологи, ніж безструктурний. Великий вплив має структура на повітряємність ґрунту та проникність повітрям.

В безструктурному ґрунті при достатньому вмісті вологи корені рослин та аеробна мікрофлора страждають від нестачі вільного кисню, а за достатнього вмісту повітря – навпаки, від нестачі вологи. Волога атмосферних опадів повільно вбирається безструктурним ґрунтом. Весною, під час танення снігу і при сильних зливах велика кількість води на схилах стікає по поверхні ґрунту, втрачається і викликає ерозію. В структурному ґрунті немає антагонізму між водою і повітрям.

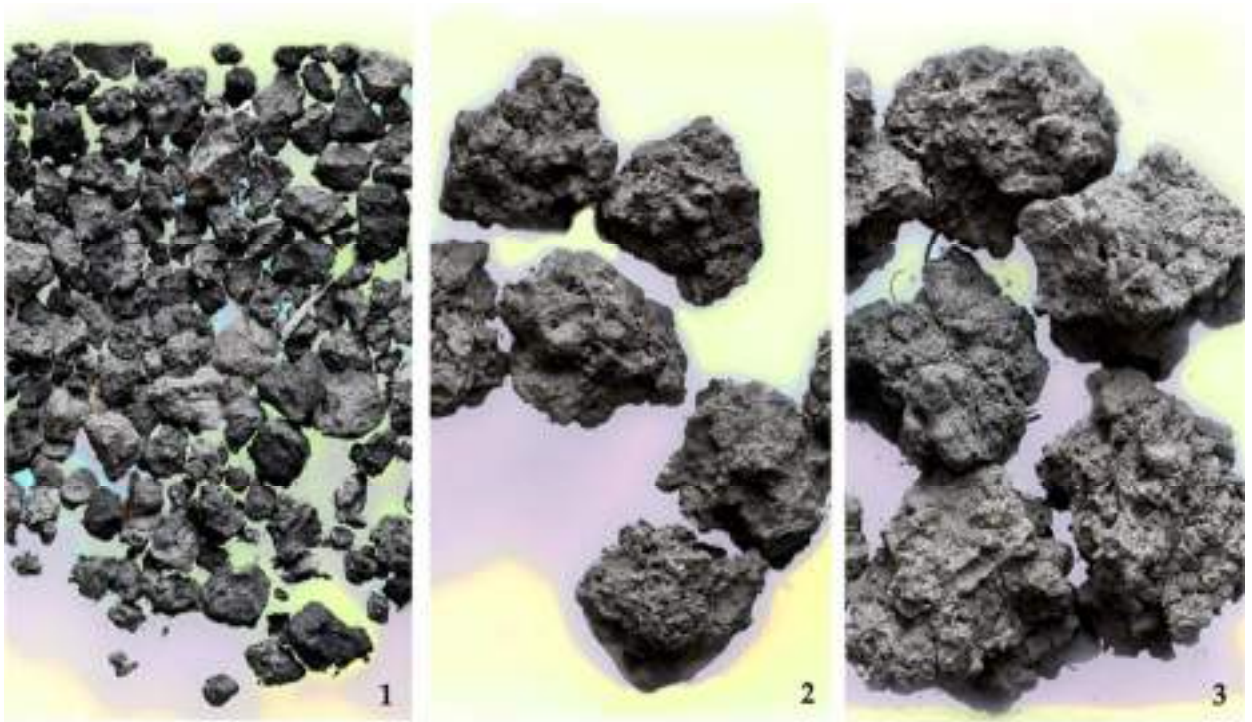


Рис. 5.43. Агрономічно цінні структурні агрегати ґрунту (1-0,25-1 мм, 2-5 мм; 3-10 мм).



Рис. 5.44. Різний характер вираженості структури орного горизонту: зліва – безструктурний, справа – структурний.



Рис. 5.45. Ґрунтові умови відповідно до сепарації структурних агрегатів у орному горизонті верхній ряд: а – гарні умови, б – відносно задовільні умови, с – погані умови. Аналогічно послідовно для нижнього ряду.



Рис. 5.46. Структурність орного шару ґрунту: (послідовно зліва-направо) під природною рослинністю, під пасовищем з інтенсивним випасом, під кукурудзою.

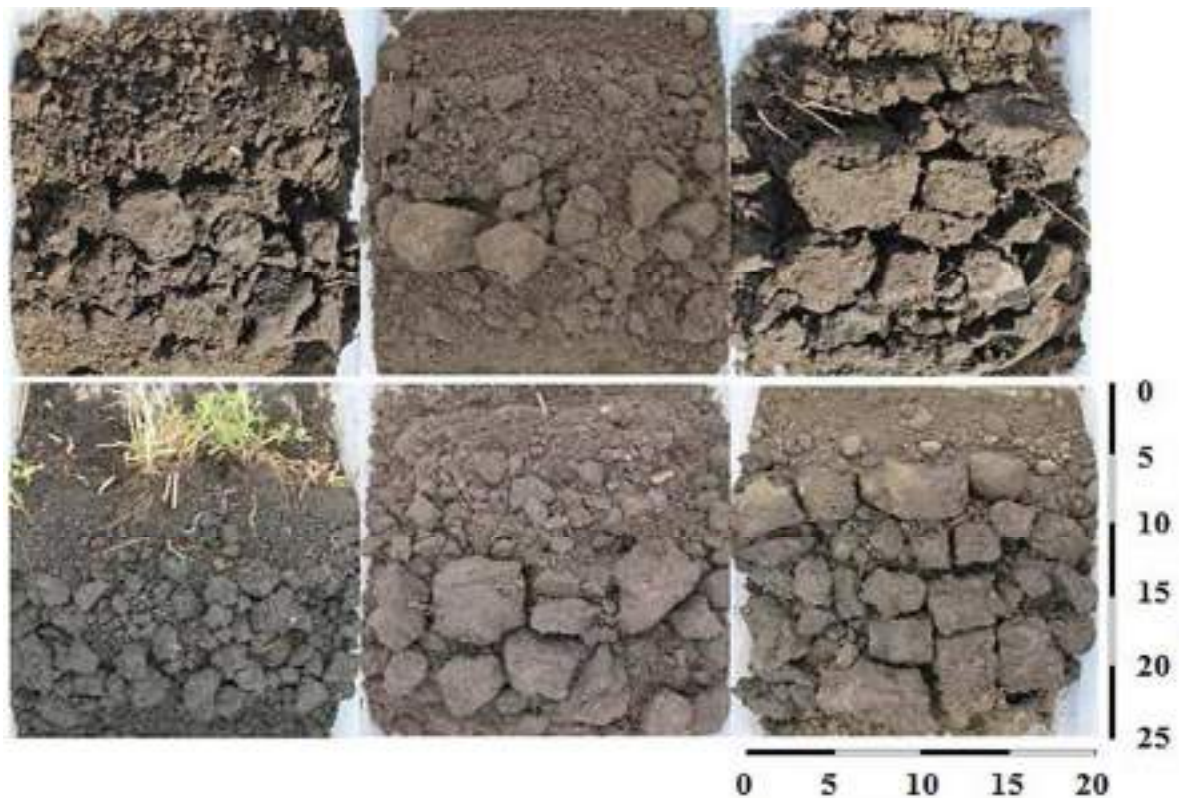


Рис. 5.47. Структура орного шару ґрунту різних ґрунтів за їх інтенсивного сільськогосподарського використання: послідовно зліва-направо і зверху-вниз: темно-сірі лісові, сірі лісові, сірі середньозміті, чорноземи звичайні, дерново-підзолисті.



Рис. 5.48. Різний характер вираженості структури ґрунту.



Рис. 5.49. Загальна структура верхнього горизонту: чорнозем, ясно сірий лісовий, дерново-підзолистий ґрунт.



Рис. 5.50. Структура ґрунтів: зліва виражена, справа – невиражена.

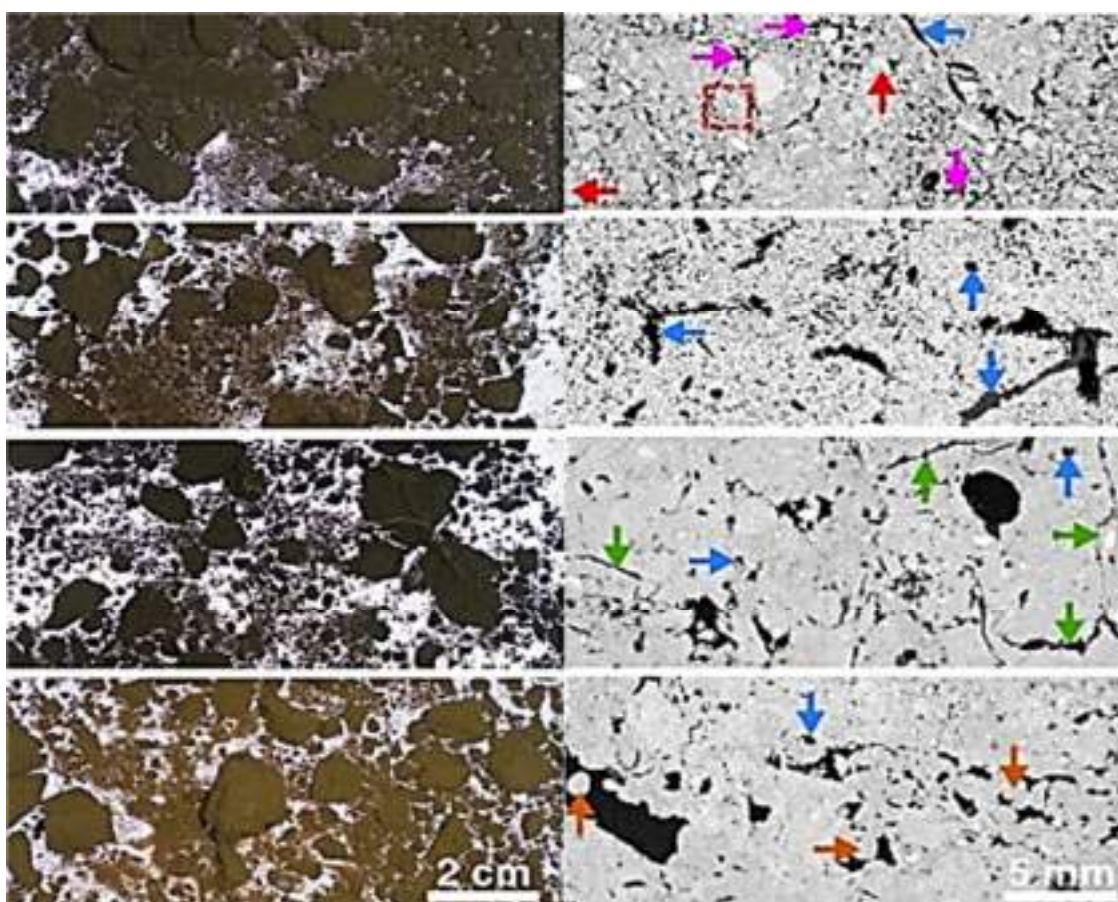


Рис. 5.51. Характер об'ємного сканованого зображення агрегатів ґрунту (зліва) та порового міжагрегатного простору (чорний колір) (справа).



При достатній кількості доступної для рослин вологи в структурному ґрунті міститься і оптимальна кількість повітря. Структурні ґрунти більш стійкі до водної та вітрової ерозії. Пухке (структурне) складення ґрунту сприяє кращому проростанню насіння, розміщенню коренів рослин у ґрунті. Безструктурний ґрунт після зволоження запливає, при підсиханні ущільнюється, утворює кірку, в якій утруднюється проростання насіння. Діапазон оптимальної вологості ґрунту для його обробітку є більш широким у структурному ґрунті порівняно з безструктурним.

Зазначені особливості обумовлюють більш високу родючість структурних ґрунтів. Не слід забувати і про те, що структурний ґрунт вимагає менших енергетичних затрат на обробіток. Дуже важливим фактором агрономічної цінності структури є її пористість, тобто відсоток порожнин від об'єму структурного агрегату. В чорноземах високої родючості пористість агрегатів досягає 50% від їх об'єму. Це забезпечує сприятливі водно-повітряні властивості цих ґрунтів. Чим нижча пористість агрегатів, тим менше міститься в ґрунті продуктивної вологи і повітря, тим гірші умови для росту і розвитку рослин.

Слід відмітити і певні особливості агротехнологічного використання ґрунтів різної агрономічної структурності.

**Піщані та супіщані ґрунти** легко піддаються обробітку, володіють гарною водопроникністю і благоприємним повітряним режимом, швидко прогріваються. Однак, вони мають ряд негативних властивостей, насамперед, низьку вологоємність. Тому на піщаних і супіщаних ґрунтах навіть у вологих районах рослини страждають від нестачі води. Легкі ґрунти бідні гумусом і елементами живлення рослин, володіють незначною поглинальною здатністю, найбільше піддаються вітровій ерозії.

**Важкосуглинкові і глинисті ґрунти** відрізняються більш високою зв'язністю і вологоємністю, краще забезпечені поживними речовинами, мають більший вміст гумусу. Обробіток таких ґрунтів вимагає великих енергетичних затрат, тому їх прийнято називати важкими.

**Важкі безструктурні ґрунти** володіють негативними фізичними і фізико-механічними властивостями. Вони мають слабку водопроникність, легко запливають, утворюють кірку, відрізняються великою щільністю, липкістю, часто незадовільним повітряним і тепловим режимами. Такі ґрунти, так само як піщані і супіщані, незручні для сільськогосподарського використання. Найкращими за властивостями будуть середні суглинки.

В степових районах, де розповсюджені чорноземи із сприятливою структурою, більш цінними за гранулометричним складом є важкі ґрунти (важкосуглинкові і глинисті), які здатні створювати гарний запас вологи.

В північних районах (зона Полісся) з достатнім та надмірним зволоженням найкращими будуть легкосуглинкові ґрунти. Оцінка гранулометричного складу у кожному конкретному випадку потребує деталізації в залежності від біологічних особливостей сільськогосподарської культури, її вимог до властивостей ґрунту. Наприклад, для картоплі та

більшості овочевих культур благоприємними будуть супіщані та легкосуглинкові ґрунти.

**Загальні особливості використання ґрунтів різного механічного складу:**

### **1. Піщані ґрунти**

Піщані ґрунти часто відзначаються сухістю, бідністю на поживні речовини та високою швидкістю дренажу. Вони мають невелику (чи взагалі нульову) здатність до капілярного підняття води з глибших шарів. Тому весняну орну оранку піщаних ґрунтів слід звести до мінімуму, щоб зберегти вологу на глибині посівного шару. Здатність піщаних ґрунтів до утримання поживних речовин і води можна поліпшити шляхом додавання органічного матеріалу.

### **2. Дрібнозем з вмістом глини 0-10 %**

Ці ґрунти відрізняються від піщаних більшою схильністю до утворення кірки, яка часто буває дуже твердою. У разі надмірної інтенсивності обробітки вони можуть ущільнюватися, що зменшує їхню здатність до інфільтрації води за великої кількості опадів. У посушливі періоди вони можуть ставати твердими й важкими в обробітку. Однак, зазвичай вони обробляються легко і можуть накопичувати істотні обсяги води. Такі ґрунти потребують доброго переущільнення, але обробляти їх у мокрому стані не слід.

### **Глинисті ґрунти**

#### ***Глинисті ґрунти з вмістом глини 10–25 %***

Ці ґрунти відрізняються від описаних вище можливістю утворення товстої кірки. Часто вона буває настільки тверда, що її доводиться розбивати. Через низький вміст глини й органічного матеріалу погано утворюються агрегати.

#### ***Глинисті ґрунти з вмістом глини 25–40 %***

Ці ґрунти мають хорошу здатність до перенесення води з глибоких шарів, але з невеликою інтенсивністю, тому капілярна волога часто не задовольняє потреби рослин у воді. Ці ґрунти відзначаються темнішим кольором і яскравіше вираженою здатністю до злипання у грудки. Грудкоутворення зменшує ризик формування кірки. Щоб зберегти легкість культивування цих ґрунтів, оранку слід проводити за оптимальної вологості. Якщо ґрунт надто сухий, можливе утворення грудок, а якщо надто вологий – розмивання. Ці ґрунти можуть поліпшити властивості під дією погодних умов, коріння тощо.

#### ***Глинисті ґрунти з вмістом глини понад 40 %***

Важка глина має велику водоутримуючу здатність, але більша частина води міцно зв'язана й недоступна для рослин. Вміст гумусу часто буває більшим, ніж в інших видах мінеральних ґрунтів. Висихання не призводить до утворення кірки. Ці ґрунти мають дуже високу здатність до поліпшення структури, наприклад, унаслідок циклу замерзання – танення, висихання –

зволоження. У холодну зиму глина замерзає шматками, формуючи у верхньому шарі ґрунту дуже сприятливу агрегатовану структуру. Якщо глина висихає без замерзання, вона стає дуже щільною й важкою для проведення подальшого обробітку. У зволоженому стані ці ґрунти можуть бути липкими та непроникними для води. Завдяки високому вмісту глини вміст поживних речовин дуже високий. У сухому стані жирна глина вимагає сильного повторного ущільнення навколо насіння, але це не стосується зволоженого пластичного стану. Обробка у зволоженому стані пов'язана з небезпекою ущільнення ґрунту.

На формування структури ґрунту істотно впливає його обробіток. Враховуючи той чинник, що структура є динамічним показником, щоб не відбувалося її руйнування, потрібно проводити заходи по обробітку ґрунту в стані стиглості, щоб запобігти розпорошування (пересушений ґрунт) або утворення брил (перезволожений ґрунт). Стиглість ґрунту залежить від вмісту в ньому вологи.

**Втрата та поновлення структури ґрунту.** Схильність ґрунту до втрати агрономічно корисної структури можна оцінити за допомогою 2-х критеріїв – кількості пилюватих мікроагрегатів, які утворюються під час структурного аналізу і за фактором дисперсності. Останній за Качинським розраховується як співвідношення фракцій  $<0,001$  мм, здобутих при мікроагрегатному і гранулометричному аналізах. Якщо фактор дисперсності перевищує 8-10, то у ґрунту зменшені можливості до утворення агрономічно цінної структури. Приблизно на 20% орних земель держави за різних причин утворення структури гальмується, а приблизно на половині площі після обробітку ґрунту у пересушеному стані (в процесі аналізу імітується подібний вплив на ґрунт) може утворитися більше 10% пилу. Значна присутність брил в орному і, особливо, посівному шарі - ознака деградованості давньоорних ґрунтів, наслідок гальмування процесів агрегації, головним чином, через втрату гумусу і декальціювання.

Структура ґрунту показник динамічний. Фактори, які впливають на її утворення, одночасно можуть і руйнувати її. Вона руйнується і відновлюється під впливом певних факторів. Управління ними дозволяє підтримувати ґрунт в необхідному структурному стані.

Серед причин втрати структури найбільш істотними є такі:

- механічне руйнування;
- фізико-хімічні явища;
- біологічні процеси.

**Механічне руйнування** відбувається під час обробітку ґрунту, переміщенні по його поверхні техніки, людей, тварин. Уникнути цього можна застосовуючи мінімалізацію обробітку ґрунту та проведення обробітку в стані фізичної стиглості.

**Фізико-хімічні чинники** пов'язані з реакціями обміну двовалентних катіонів ГВК на одновалентні (натрій, амоній). Іншими словами, це

підкислення або засолення ґрунтів. Боротися з цим можна завдяки проведенню хімічної меліорації – вапнуванням кислих ґрунтів або гіпсуванням лужних.

**Біологічні причини руйнування структури** пов'язані з процесами мінералізації гумусу. Відновлення і збереження структури в умовах сільськогосподарського використання ґрунтів здійснюються агротехнічними заходами: посівом багаторічних трав, за допомогою штучних оструктурювачів, внесенням органічних та мінеральних добрив. Добрива збільшують не лише врожайність культур, а і їх кореневу масу, підсилюючи цим оструктурювальну роль рослинності.

#### ***Основні напрямки збереження та відновлення структури ґрунтів.***

Роль багаторічних трав в створенні агрономічно цінної структури на орних ґрунтах відома давно. Під багаторічними, травами (бобовими чи бобово-злаковими травосумішами) утворюється значно більше водотривких агрегатів, ніж під однорічними культурами. Істотно поліпшують агрегатний склад ґрунтів (підвищують водостійкість агрегатів) багаторічні трави, оптимально включені в сівозміну, цьому сприяє розгалужена тонковолокниста коренева система конюшини, люцерни, тимофіївки, багатьох інших трав.

Найбільш сприятливо на оструктурування ґрунту впливають рослини з добре розвиненою кореневою системою, високою продуктивністю надземної маси, які суцільно укривають ґрунт – з весни до збирання – і не потребують механічного обробітку ґрунту під час вегетації. Цим вимогам відповідають багаторічні бобові та злакові трави або їх сумішки. Тому під впливом багаторічних трав створюються в більших чи менших розмірах водотривкі агрегати. Водночас чим вищий їх урожай, тим більше утворюється структурних агрегатів. І навпаки, якщо ґрунт без рослин і зазнає руйнівної дії води, вітру та інтенсивного механічного обробітку, то гранулометричний стан його погіршується.

Помітний вплив на структуру ґрунту виявляють однорічні бобово-злакові травосумішки, але через короткий період їх вегетації структуроутворення відбувається повільніше, ніж після багаторічних трав. Серед зернових культур найбільшою здатністю до утворення структури ґрунту характеризуються озимі, у яких триваліший період вегетації, ніж у ярих зернових колосових, вони добре укривають ґрунт восени і навесні від руйнівної дії атмосферних опадів і талих вод. Просапні культури за цим показником мають низьку оцінку, що пояснюється аеробними процесами розкладання органічної речовини. Сучасні дослідження показують, що утворення структурних агрегатів пов'язано з розкладанням органічних решток, яке інтенсивніше відбувається саме у верхньому шарі за переваги аеробного процесу. Погіршення структурного стану ґрунту під просапними культурами зумовлено малою кількістю рослинних решток у ґрунті після них та інтенсивним механічним обробітком у процесі їх вирощування.

Схематично основні польові культури за показниками зниження здатності до структуроутворення можна розмістити в такий послідовний ряд: багаторічні бобово-злакові сумішки, багаторічні бобові трави, однорічні бобово-злакові сумішки, озимі зернові культури, ярі зернові і зернобобові, льон, картопля, коренеплоди та інші просапні культури. Цей ряд в основному відображає закономірність, встановлену за кількістю органічної речовини, залишеної в ґрунті після збирання врожаю.

Крім цього, для збереження структури ґрунту набагато ефективнішими та економічно обґрунтованішими є прості організаційні та агротехнічні заходи, такі як сидерація (за умов дефіциту традиційних органічних добрив післяжнивні сидерати слід розглядати як альтернативу в покращенні структурного стану ґрунту, адже через погіршення структури ґрунту можна недоотримати значну кількість сільськогосподарської продукції.) (рис. 5.52), внесення органічних добрив та кальцієвмісних меліорантів, а також впровадження органічного та біодинамічного агровиробництва на території землекористувань сільськогосподарського спрямування.

Застосування гною є не лише джерелом додаткового живлення рослин і підвищення мікробіологічної активності ґрунтів, а й засобом поповнення запасів гумусу в ґрунтах як основного компонента, що агрегує мінеральну частину. Втрати гумусу у разі нераціонального сільськогосподарського використання ґрунтів позначаються насамперед на зниженні водостійкості агрегатів, призводячи до їх руйнування та втрати структури. Поповнення запасів гумусу, достатніх для агрегування (поліпшення структури) ґрунтів відбувається за рахунок систематичного внесення органічних добрив, яке поліпшує агрономічну цінність структури, активізує мікробіологічну діяльність ґрунту, є джерелом утворення гумусу, діє як добриво, що сприяє інтенсивному розвитку ризосфер культурних рослин, а через їх посередництво – утворенню агрегатів.

Великий оструктурювальний вплив чинять торфокомпости, зелені добрива (сидерати), заорювані пожнивні та інші рослинні рештки.

Агромеліоративними методами оструктурювання ґрунтів є вапнування кислих ґрунтів, гіпсування солонців (загалом кальцинація).

Відновлення структури відбувається не лише під впливом багаторічних, а й меншою мірою однорічних сільськогосподарських культур, передусім таких, як пшениця, соняшник, кукурудза та багатьох інших культурних рослин з добре розгалуженою кореневою системою, яка виявляє чітко виражену оструктурювальну дію. Льон, картопля, капуста та низка інших культур зі слабкою кореневою системою подібного оструктурювального ефекту не дають.

Можна *оструктурювати ґрунт штучними речовинами* – полімерами похідних акрилової, метакрилової та малеїнової кислот, у тому числі метакриламід (про це детально описано у 8 розділі посібника).

## ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Що таке класифікація механічних елементів?
2. Що таке механічні елементи і що таке механічний аналіз ґрунту?
3. Що таке фізичний пісок і фізична глина?
4. Що таке дрібнозем і скелет ґрунту?
5. Які ґрунти називають легкими, а які важкими?
6. Класифікуйте ґрунт за гранулометричним складом за М.М.Годліним.
7. В яких фракціях переважають первинні мінерали, а в яких вторинні?
8. На яких властивостях ґрунту побудовані методи визначення його гранулометричного складу?
9. Яким методом визначають гранулометричний склад ґрунту в польових умовах?
10. Від чого залежить гранулометричний склад ґрунту? Назвіть умови його формування.
11. Які властивості ґрунту обумовлюються його гранулометричним складом?
12. Як називається фракція розміром 1,0 – 0,05 мм?
13. Як називається фракція розміром 0,05 – 0,001 мм?
14. Як називається фракція розміром 0,001 – 0,0001 мм?
15. Яка фракція має розмір менше 0,0001 мм?
16. Що таке структурність і структура ґрунту?
17. За якими показниками характеризують структуру ґрунту?
18. На які типи, роди та види поділяють структуру за формою?
19. На які групи структура поділяється за розміром?
20. Якими можуть бути ґрунти за типом зложення?
21. Що таке водостійкість структури?
22. Яким показником характеризують структурний стан ґрунту?
23. Які властивості ґрунту обумовлюються його структурою?
24. Основні фактори руйнування та відновлення структури ґрунту.
25. Як відрізняється мікроструктура від макроструктури ґрунту?
26. Які речовини (сполуки) ґрунту є основними структуроутворювачами?
27. Які катіони забезпечують водостійкість структури ґрунту, а які не забезпечують?
28. Як впливає на структуру ґрунту застосування органічних та мінеральних добрив?
29. Які агротехнічні заходи підвищують структуру ґрунту?
30. Які ґрунти України найбільш структурні?

# РОЗДІЛ 6. ОРГАНІЧНА ЧАСТИНА ҐРУНТУ

## 6.1. Структурний склад та властивості органічної частини Ґрунту

Органічні речовини поступають у Ґрунт з наземними і корневими залишками вищих рослин, при відмиранні Ґрунтових мікроорганізмів та тварин, а також з речовинами які виділяються у процесі життєдіяльності рослин та тварин: з корневими виділеннями, екскрементами і різноманітними виділеннями мікроорганізмами, багато з яких володіють ферментативними властивостями і стимулюють біохімічні перетворення органічних і мінеральних речовин Ґрунту (рис. 6.1 (а-б)-6.2).

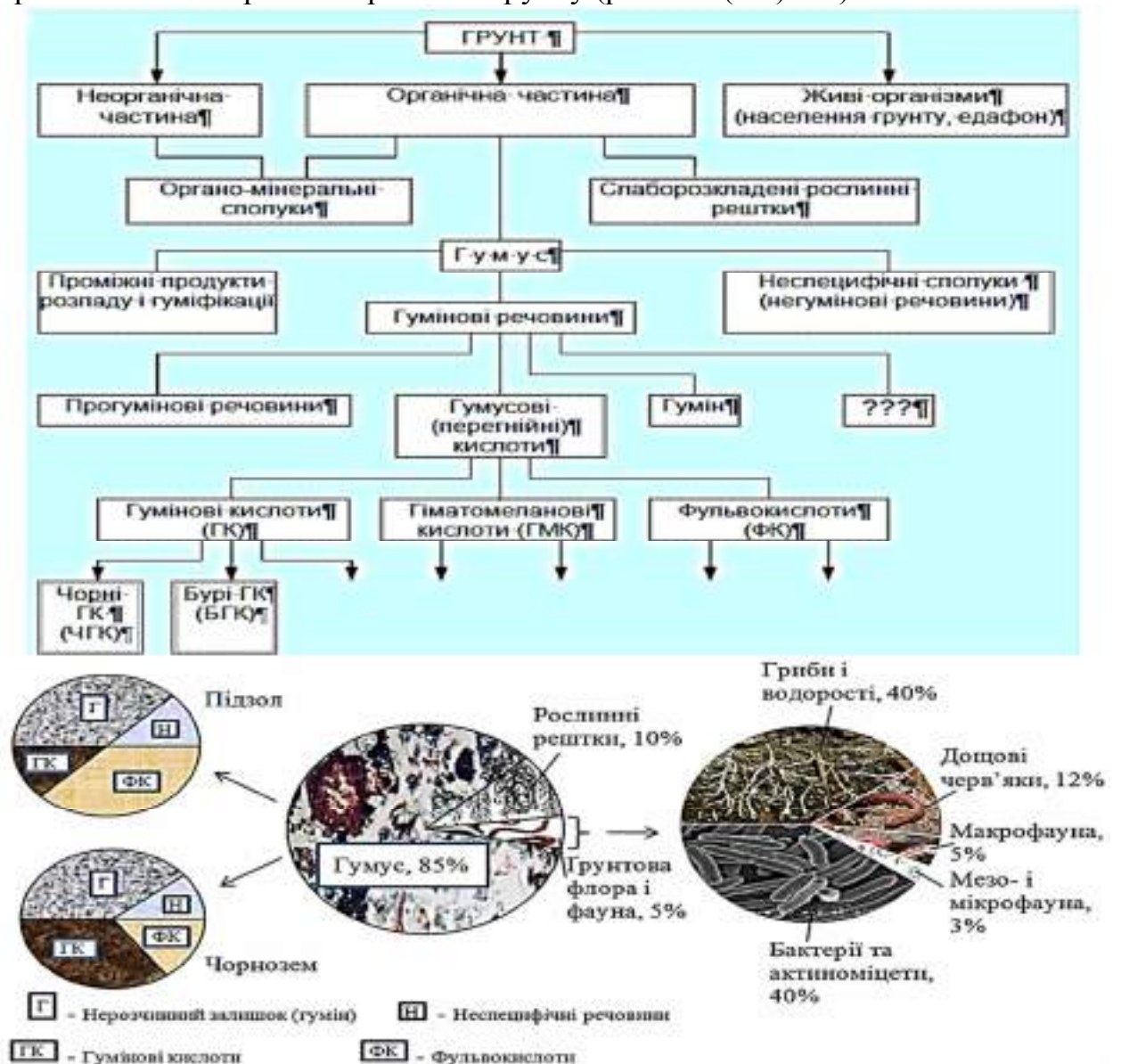


Рис. 6.1а. Структурний склад органічної частини Ґрунту.



Рис. 6.1б. Структура органічної речовини ґрунту по Д.С. Орлову.

Під трав'янистою рослинністю основним джерелом утворення гумусу є коренева система, маса якої в метровому шарі складає в зоні степу 8 – 28 т, в зоні пустель від 3 до 12 т, на суходільних луках в зоні хвойних і мішаних лісів – 6 – 13 т на 1 гектар. Під багаторічними травами в залежності від врожаю і складу коріння в метровому шарі накопичується від 6-8 до 12-15 тон на 1 гектар. Найменша кількість коріння залишається під однорічними культурними рослинами – 3-5 т на 1 га. Під лісом основним джерелом утворення гумусу є підстилка, кількість якої залежить від зони, складу, віку насаджень і їх густоти, а також від розвитку трав'яного та мохового покриву. Корні дерев'янистої рослинності багаторічні, а тому їх участь в утворенні гумусу незначна. Крім того, на тип гумусу та його вміст і запас буде істотно впливати під яким лісом утворився ґрунт (хвойним, листяним або мішаним) (рис. 6.2).

Кількість надземної маси під трав'янистою рослинністю коливається від 0.5 до 13 т на 1 га. Однак, більша частина її відчужується людиною, поїдається худобою, тому доля у формуванні гумусу невелика. Залишки зелених рослин при розкладанні використовуються мікроорганізмами та ґрунтовою фауною і частково перетворюються у вторинні форми органічних залишків у ґрунті.





Рис. 6.2. Біопродуктивність рослинності до нагромадження біомаси.

Первинним і основним джерелом органічної речовини, з якої утворюється гумус, являються рештки зелених рослин у вигляді наземного опаду і коріння.

**Показники, що визначають формування і накопичення ґрунтової органічної речовини:**

- кількість біомаси та опаду;
- структура біомаси;
- динаміка біомаси;
- локалізація біомаси та опаду:
- надземна;
- підземна;
- хімічний склад біомаси і опаду:
- зольність;
- співвідношення основних класів органічних речовин;
- частка з'єднань, що повільно і важко розкладаються (лігнін, целюлоза, пектин, дубильні і ін. речовини).

**Зольні елементи** – мінеральні елементи, що залишаються після спалювання рослин і тварин в золі і не утворюють газів (не випаровуються при горінні і гнитті): кремній, алюміній, залізо, манган, кальцій, магній, фосфор, сірка, калій, натрій і ряд мікроелементів. Хімічний склад органічних залишків різноманітний. Основну частину (75-90%) складає вода, а 10-25%

суха речовина, до якої відносяться вуглеводи, білки, лігнін, ліпіди, воски, смоли, дубильні та інші речовини (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Хімічний склад органічних залишків, в % на суху беззольную масу  
(Л.Н.Александрова)

Групи організмів	Зола	Білки	Вуглеводи		Лігнін	Ліпіди, дубильні речовини
			Гемі- целюлоза	Целю- лоза		
<i>Бактерії</i>	2-10	40-70	наявні	не має	0	1- 40
<i>Водорості</i>	20-30	10-15	50-60	5-10	0	1-3
<i>Лишайники</i>	2-6	3-5	60-80	5-10	8-10	1-3
<i>Мохи</i>	3-10	5-10	30-60	15-25	-	5-10
<i>Папоротеподібні</i>	6-7	4-5	20-30	20-30	20-30	2-10
<i>Хвойні (деревина)</i>	0,1-1	0,5-1	15-25	45-50	25-35	2-12
<i>Хвойні (хвоя)</i>	2-5	3-8	15-20	15-20	20-30	5-20
<i>Широколистяні (деревина)</i>	0,1-1	0,5-1	20-30	40-50	20-25	5 -15
<i>Широколистяні (листя)</i>	3-8	4-10	10-20	15-25	20-30	5-15
<i>Трави (злакові)</i>	5-10	5-12	25-35	25-40	15-20	2-10
<i>Трави (бобові)</i>	5 -10	10-20	15 -25	25-30	15 -25	2-10

Наявність тих чи інших сполук впливає на швидкість розкладу органічних решток. В деревині і особливо хвої багато лігніну, смол та дубильних речовин, але мало білку; розкладання таких залишків проходить повільно. Швидко розкладаються бобові трави, збагачені білками. Органічні залишки завжди вміщують певну кількість зольних елементів: калію, кальцію, магнію, кремнію, фосфору, сірки, заліза та інших. Багато їх буде у залишках трав'янистих рослин і дуже мало в деревині.

Джерелом гумусу орних земель будуть пожнивні та кореневі рештки культурних рослин та внесені органічні добрива (гній, пташиний послід, торф'яні компости).

Перетворення органічних залишків в гумус відбувається в ґрунті при участі мікроорганізмів, тварин, кисню повітря та води, при цьому ознакою

інтенсивного гумусонакопичення є чорні відтінки горизонтів ґрунтового профілю (рис. 6.3). Залишки зелених рослин, які попадають у ґрунт або на його поверхню, розкладаються мікроорганізмами та використовуються ними як джерело енергії та живлення.

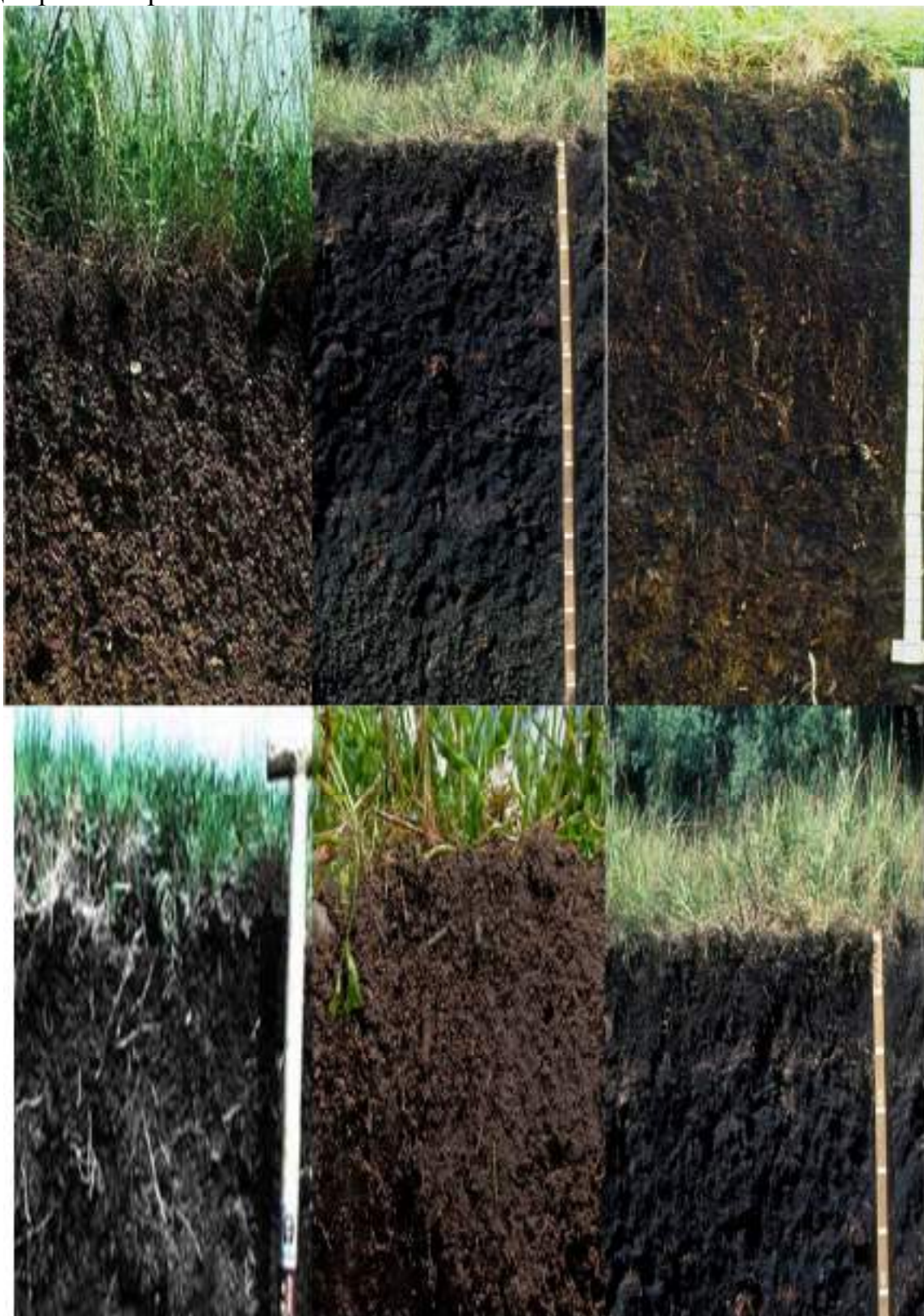


Рис. 6.3. Гумусованість різних ґрунтів за характерним чорним забарвленням.

Рослинні залишки втрачають анатомічну будову і переходять у більш прості рухомі сполуки. Частина цих сполук повністю мінералізується мікроорганізмами (**мінералізація** – це розклад органічних решток до простих мінеральних сполук), і продукти розпаду засвоюються новими поколіннями зелених рослин, частина продуктів розкладу використовується гетеротрофними мікроорганізмами для синтезу вторинних білків, жирів, вуглеводів та інших речовин, які утворюють плазму нових поколінь мікроорганізмів, і надалі знов розкладаються. І, нарешті, деяка частина проміжних продуктів розкладу перетворюється в специфічні складні високомолекулярні речовини – гумусові кислоти. Такий процес відбувається за наявності кисню повітря, води, ферментів мікроорганізмів і називається **гуміфікацією** – це розклад органічних решток до гумусових сполук.

Активну участь у перетворенні органічних залишків в гумус приймають різні тварини, які перемішують з ґрунтом всю масу органічних решток і продуктів їх розкладу і гуміфікації, переробляють їх і повертають невикористану частину у вигляді екскрементів у товщу ґрунту. Особливо велика роль дощових черв'яків, що мешкають у ґрунті (рис 6.4).



Рис. 6.4. Дощові черв'яки як інтенсифікатори гуміфікації.

Потрібно відмітити, що властивості ґрунту також впливають на чисельність його мешканців. Їх тим більше, чим більше поживних речовин у ґрунті. Найбільш густо населені організмами чорноземи.

Швидкість розкладу і мінералізації різних сполук неоднакова. Найінтенсивніше мінералізуються розчинні цукри, крохмаль; достатньо добре розкладаються білки, геміцелюлози та целюлоза; найбільш стійкі до розкладання і мінералізації лігнін, смоли, воски. В анаеробних умовах розклад уповільнюється.

Одночасно з розкладом і мінералізацією органічних решток в ґрунті відбуваються процеси їх гуміфікації, що приводить до утворення відносно стійких проти розкладу гумусових речовин. Ці речовини утворюються з білків, лігніну, дубильних речовин і інших компонентів рослинних, мікробних і тваринних залишків.

Система гумусових кислот (табл 6.2), що утворилася, вступає у взаємодію з зольними елементами рослинних решток, які звільнилися в процесі мінералізації останніх, а також з мінеральною частиною ґрунту, утворюючи ряд орґано-мінеральних похідних. З них, менш дисперсні утворюють нерозчинні у воді солі з кальцієм і полуторними окислами, формуються як група гумінових кислот. Більш дисперсна фракція, дає більш розчинні солі, утворює фульвокислоти. В ґрунтах з підвищеною вологістю утворюється більше фульвокислот за рахунок інтенсивного гідролітичного розщеплення всіх гумусових кислот.

Процес гуміфікації проходить не тільки в ґрунтах, але і на дні водоймищ, в компостах, при формуванні торфу, вугілля та кругом де накопичуються рослинні рештки і створюються умови, які є благоприємними для життєдіяльності мікроорґанізмів і розвитку даного процесу.

**Вплив умов ґрунтоутворення на характер і швидкість гумусоутворення.** В різних природних умовах швидкість розкладу і гуміфікації органічних решток не однакова і залежить від ряду взаємопов'язаних факторів ґрунтоутворення. Основними з них є водно-повітряний і тепловий режими ґрунту, склад і характер надходження органічних решток, видовий склад та інтенсивність життєдіяльності мікроорґанізмів, гранулометричний склад і фізико-хімічні властивості ґрунту.

Для накопичення гумусу найбільш благоприємним буде поєднання у ґрунті оптимального гідротермічного і водно-повітряного режимів у поєднанні з періодичним висушуванням (характерно для чорноземів). В таких умовах відбувається поступовий розклад органічних решток, досить енергійна гуміфікація їх і закріплення утворених гумусових речовин мінеральною частиною ґрунту.

Швидкість і напрямок гумусоутворення залежить від хімічного складу органічних решток і характеру їх надходження у ґрунт.

Залишки трав'янистих рослин, особливо бобових (в основному коріння, багате білками, вуглеводами і зольними елементами), розкладаються в ґрунті за наявності значної кількості основ, насамперед кальцію. В таких умовах утворюється «*м'який*» гумус, або «*муль*». Він рівномірно насичує мінеральну частину ґрунту. Утворюється також в ґрунтах під листяними та мішаними лісами з інтенсивною діяльністю ґрунтової фауни. Багаточисельні комахи і дощові черв'яки перемішують листяний опад з мінеральною частиною ґрунту і створюють благоприємні умови для гуміфікації безпосередньо в ґрунтовій товщі.

Номеклатура гумусових речовин ґрунту (за Д.С. Орловим, 1981)

Назва			Позначення	
українське	англійське	німецьке	російське	латинське
Органічна речовина ґрунту	Soil organic matter	Organischer Stoff des Bodens	ОВ	ОМ
Рештки, які не втратили анатомічної будови	Organic tissue residues	—	—	—
Гумус	Humus	Humus	Г	Н
Специфічні гумусові речовини	Humus substances	Spezifische Humusstoffe	ГВ	НС
Проміжні продукти розпаду і гуміфікації	Intermediate products of decay and humification	Zwischenprodukte des Zerfalls und der Humifizierung	—	—
Неспецифічні сполуки	Non-specific compounds	Unspezifische Verbindungen	НСС	NSC
Прогумінові речовини	Prohumic substances	Prohuminstoffe	—	—
Гумусові кислоти	Humus acids	Humussäuren	—	—
Гумінові кислоти	Humic acids	Huminsäuren	ГК	НА
Чорні (сірі) гумінові кислоти	Black (gray) humic acids	Grauhuminsäuren	ЧГК	ВІНА
Бурі гумінові кислоти	Brown humic acids	Braunhuminsäuren	БГК	ВНА
Гіматомеланові кислоти	Humatomelanic acids	Humatomelansäuren	ГМК	НмА
Фульвокислоти	Fulvic acids	Fulvosäuren	ФК	ФА
Ґрунтові пігменти	Soil pigments	Bodenpigment	—	—
Зелений ґрунтовий пігмент	Green soil pigment	Grünes Bodenpigment	—	—
Негідролізуємий залишок	—	—	НО	—
Гумін	Humine	Humine	ГН	HN
Гумати	Humate	Humate	Гум	Hum
Фульвати	Fulvate	Fulvate	Фул	Ful
Гіматомеланати	Humatomelanate	—	Гим	Hum

Залишки дерев'янистих рослин, бідні білками, зольними елементами, але збагачені лігніном, восками і смолами (хвоя та деревина), поступають головним чином на поверхню ґрунту у вигляді наземного опаду і розкладаються в умовах наскрізного промивання дощами підстилки. Розклад підстилки відбувається за участю грибів з утворенням великої кількості органічних кислот, нейтралізація яких погіршується внаслідок інтенсивного вилуговування основ. Кисла реакція середовища пригнічує розвиток гуміфікації, і на поверхні ґрунту формується «*грубий*» гумус («*модер-гумус*»), який вміщує багато напіврозкладених залишків.

Північні підзолисті ґрунти характеризуються найменшим вмістом мікроорганізмів з низькою життєдіяльністю. На південь чисельність та видовий склад мікроорганізмів в ґрунтах збільшується і підвищується їх життєдіяльність. Але, спостереженнями доведено, що найбільше гумусу накопичується в ґрунтах з середньою чисельністю мікроорганізмів.

Важливу роль в утворенні гумусу відіграє гранулометричний склад ґрунту та його фізико-хімічні властивості. Так, наприклад, в піщаних і супіщаних ґрунтах створюється гарна аерація і швидко ґрунт прогрівається. Розклад органічних решток проходить швидше, значна частина їх мінералізується повністю, а створені гумусові речовини погано закріплюються на поверхні піщаних частинок і швидко мінералізуються. В глинистих і суглинкових ґрунтах процес розкладу органічних решток уповільнюється, гумусових речовин утворюється більше, вони добре прикріплюються до поверхні високодисперсних мінеральних частинок і поступово накопичуються в ґрунті.

Хімічний і мінералогічний склад ґрунту впливає на кількість поживних речовин, необхідних для мікроорганізмів, реакцію середовища, в якій відбувається гумусоутворення, і умови для закріплення гумусових речовин у ґрунті. Особливо велика роль в їх закріпленні належить кальцію, оскільки ґрунти, насичені ним, мають нейтральну реакцію, яка благоприємно впливає на розвиток мікроорганізмів. Як свідчать дослідження К.К. Гедройца, О.Н. Соколовського, кальцій запобігає вимиванню гумусу з ґрунту, забезпечує сприятливі умови для розкладу рослинних решток та їх гуміфікації, а коли вони перетворюються на гумус, уповільнює його розклад. Гумінові кислоти утворюють з кальцієм нерозчинні у воді солі – гумати кальцію. Посилюють закріплення гумусу в ґрунті глинисті мінерали (монтморилоніт, вермикуліт).

**Склад гумусу.** Складний динамічний комплекс органічних сполук, який утворився при розкладі і гуміфікації органічних решток називається *гумусом*. Тобто, гумусні речовини є сумішкою різних за складом і властивостями специфічних високомолекулярних азотовмісних органічних сполук, що об'єднуються спільністю їх походження, окремих властивостей і загальними рисами будови.

Загальні риси у будові, складі і властивостях гумусових речовин:

- Наявність і будова циклічних та аліфатичних фрагментів;

□ У великому розмаїтті речовин по молекулярним масам (від 700-800 до сотні тисяч);

□ Загальність елементарного складу (С, О, N, Н) з вмістом вуглецю від 30 до 62 % та азоту 2,5 до 5 % у різних групах і фракціях;

□ Кислотні властивості, обумовлені карбоксильними групами;

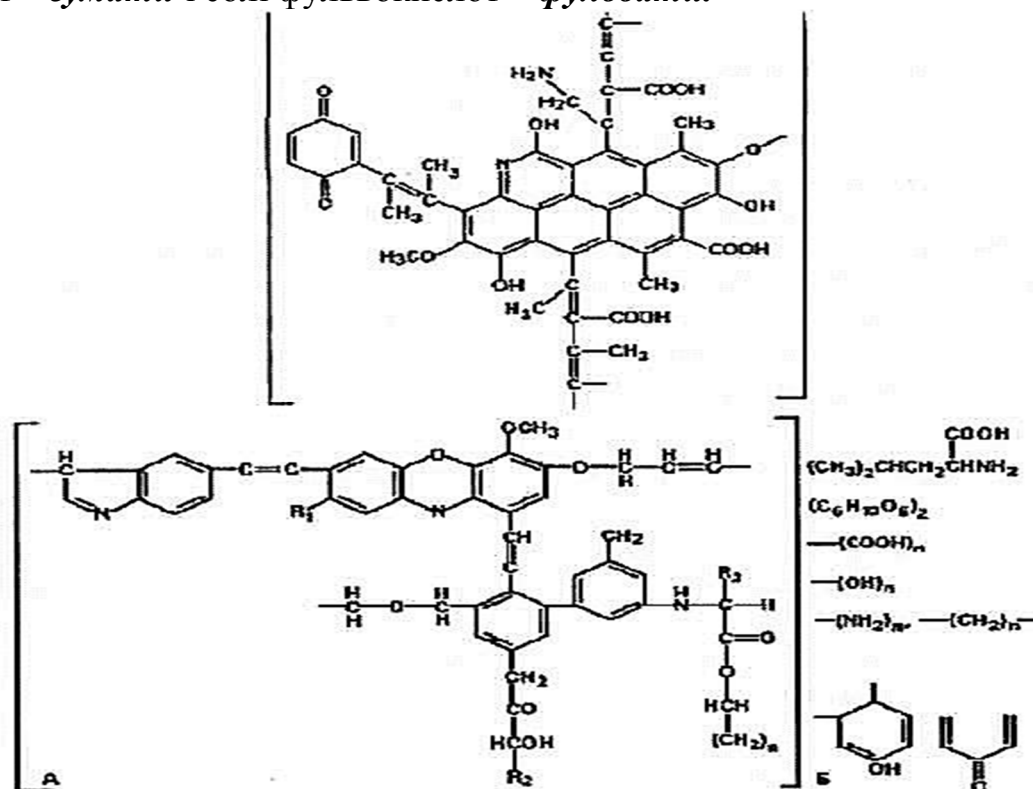
□ Наявність негідролізованого азоту 25-30 % загального N;

□ Висока здатність до соле- та комплексоутворення.

Основними компонентами молекули гумусових кислот є:

n ядро і периферичні бічні ланцюги R – [(COOH)] – [(OH)<sub>m</sub>]

Ядро молекули (рис. 6.5-6.6) представлено ароматичними або гетероциклічними кільцями типу бензолу, піридину, нафталіну і ін. Ядерні фрагменти з'єднані між собою вуглецевими -C-C-, кисневими -O-, азотними -N-, вуглеводневими -CH<sub>2</sub>- зв'язками. Периферичні бічні ланцюги містять функціональні групи, переважно карбоксильні -COOH і гідроксильні OH, які визначають кислотну природу цих сполук. Водень функціональних груп здатний заміщатися на метали. При цьому утворюються солі гумінових кислот – *гумати* і солі фульвокислот – *фульвати*.



Характерні риси: Наявність ароматичного ядра або ароматичних фрагментів у складі молекули (з гідрофобними властивостями). Наявність периферичних бічних радикалів з вуглеводних, амінокислотних та вуглеводневих фрагментів. Азот і фосфор компоненти (велика частина в складі амінокислот). Наявність різноманітних функціональних груп (карбоксильні COOH, карбонільні C=O, спиртові і фенольні гідроксили OH, метоксильні OCH<sub>3</sub>, хінони C=O, аміногрупи) – за рахунок них здійснюється взаємодія молекул кислот з катіонами ґрунтового розчину.

Рис. 6.5. Структурна формула будови гумусу.



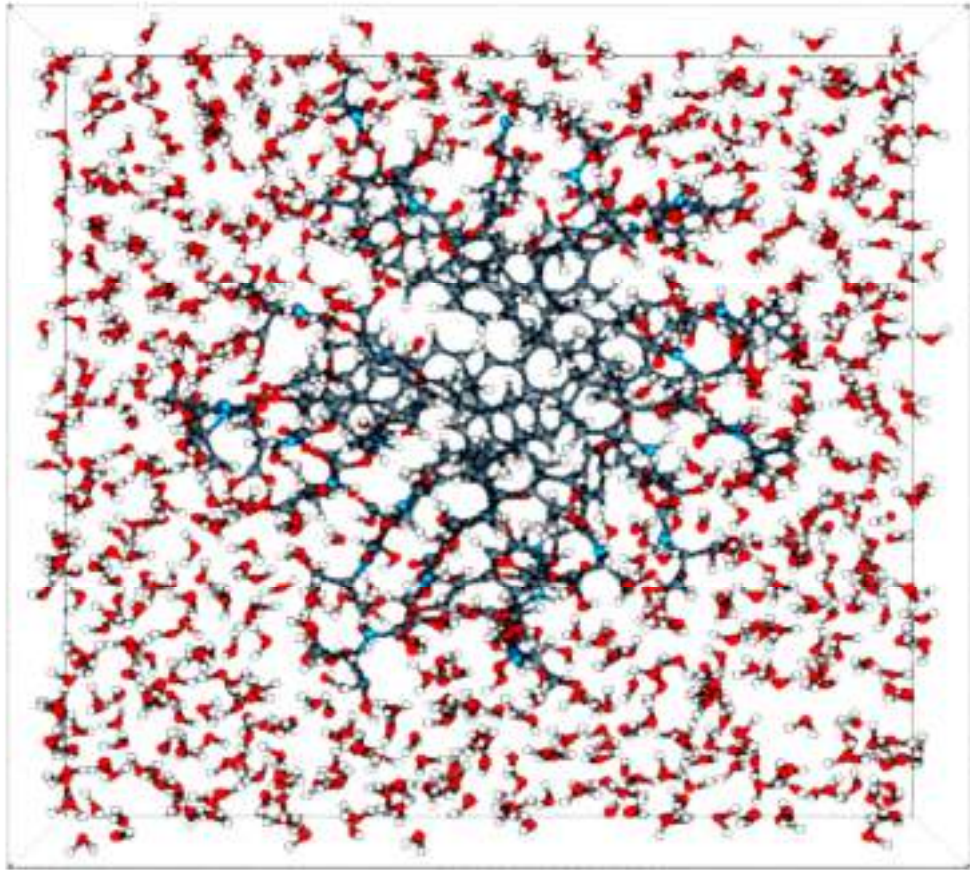


Рис. 6.6. Один з ракурсів тривимірної розрахункової моделі гумінової кислоти. У центрі сірим кольором показано ароматичне ядро, до якого примикають радикали. Молекула гумінової кислоти оточена молекулами води. Атоми кисню показані червоним, атоми вуглецю – чорним, атоми азоту – блакитним, атоми водню – білим.

Вміст гумусу в різних ґрунтах визначається умовами і характером ґрунтоутворювального процесу і коливається у верхніх горизонтах від 1-2 до 12-15%, різко або поступово зменшуючись з глибиною. В торф'яних горизонтах або лісових підстилках загальна кількість органічних решток може досягати декілька десятків відсотків, але вони утворюють не гумус, а масу торфу або напіврозкладених рослинних решток підстилки. Кількість і склад гумусу в ґрунтах динамічні внаслідок постійного надходження в них органічних решток і неперервності процесів їх розкладу і гуміфікації.

До складу гумусу (або торфу чи підстилки) відносяться дві основні групи сполук: 1) негумусові речовини органічних решток та проміжних продуктів їх розкладу; 2) гумусові речовини. Негумусові речовини становлять зазвичай не більше 10-15 %. Лише в лісових підстилках і торф'яних горизонтах вони становлять 50-80 % всієї маси органічних сполук. Ця група представлена білками, вуглеводами, лігніном, ліпідами, смолами, дубильними речовинами і різноманітними продуктами їх часткового розкладання.

**Гумусові речовини являють собою** систему високомолекулярних азотовмісних органічних сполук циклічної будови і кислої природи, яка зумовлює їх взаємодію з мінеральною частиною ґрунту і можливість міцного закріплення в ній (рис 6.7). Характерна особливість системи гумусових речовин – її гетерогенність, тобто наявність компонентів (фракцій) різного ступеню гуміфікації, які відрізняються між собою хімічним складом, розмірами частинок, рухомістю. За складом, розчинністю та здатністю гідролізуватись гумусові речовини поділяються на: гумінові кислоти, фульвокислоти і гуміни.

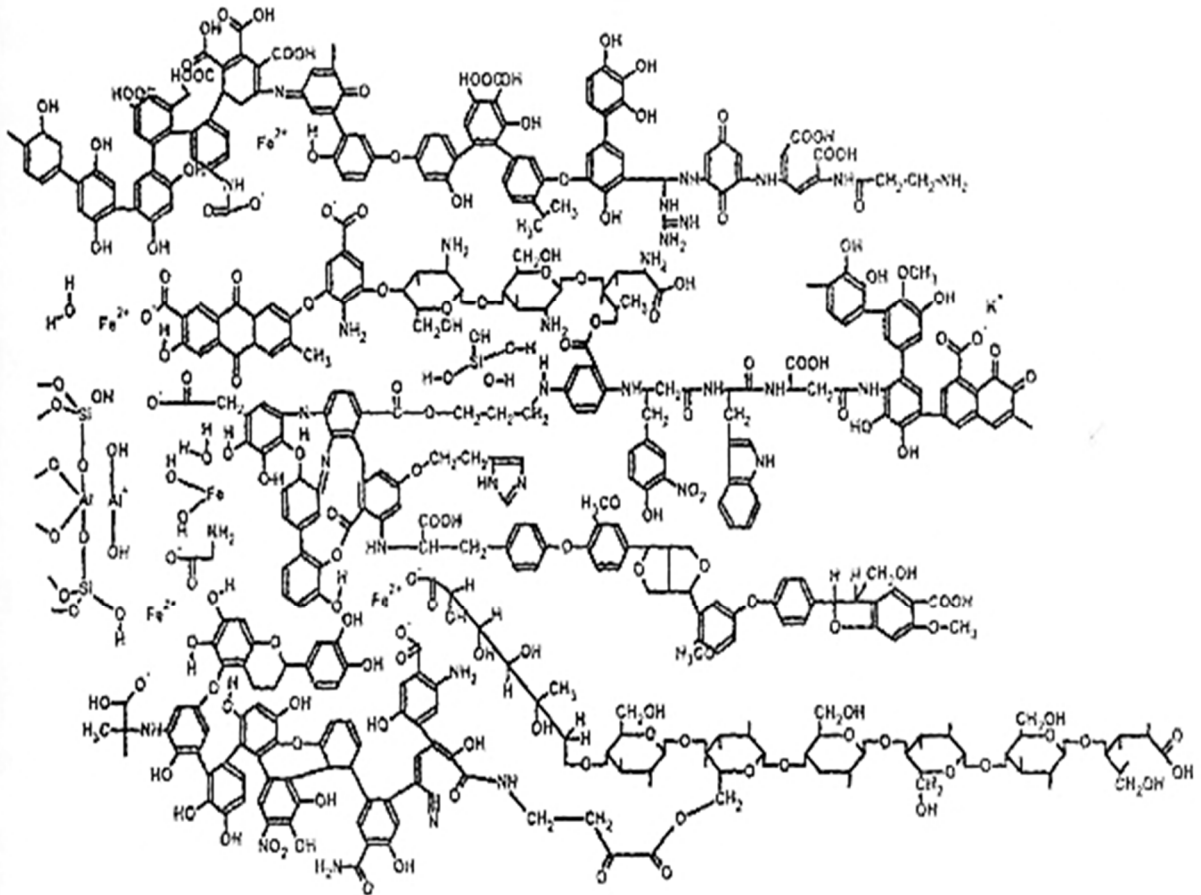


Рис. 6.7. Гіпотетичний структурний фрагмент гумусових кислот ґрунтів по Кляйнхемпелю.

**Гумінові кислоти (ГК)** – темнозabarвлені, високомолекулярні азотовмісні органічні кислоти циклічної будови (рис. 6.8-6.9). Накопичуються на місці свого утворення. добре розчинні в розчинах сильних та вуглекислих лугів, пірофосфату натрію, фтористого натрію та аміаку з утворенням розчинних солей – гуматів. До складу гумінових кислот входять: С від 52 до 62%; О від 31 до 39%; N від 1.7 до 5%; Н від 2.8 до 5.8%. Вміст даних елементів залежить від типу ґрунту, хімічного складу органічних решток та умов гуміфікації. Найбільше вуглецю буде в гумінових кислотах чорноземів. Сільськогосподарське використання мало впливає на вміст даних елементів в кислотах. Крім того, до складу гумінових кислот також входить незначна кількість (1-10 %) зольних елементів – P, S, Al, Fe, Si.

Основна частина гумінових кислот в ґрунтах з рН більше 5 знаходиться у вигляді нерозчинних у воді органо-мінеральних сполук, а в ґрунтах з рН менше 5 – у формі дегідратів, утворюючи колоїдні розчини.

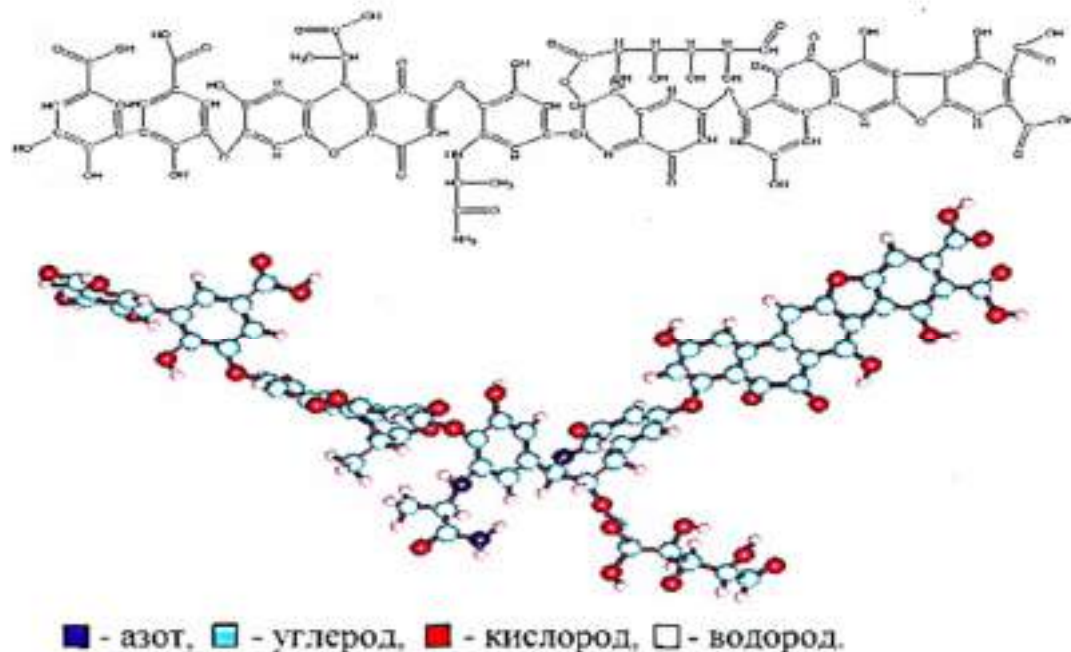


Рис. 6.8. Структура і її оптимізована модель будови гумінових кислот по Стівенсону.

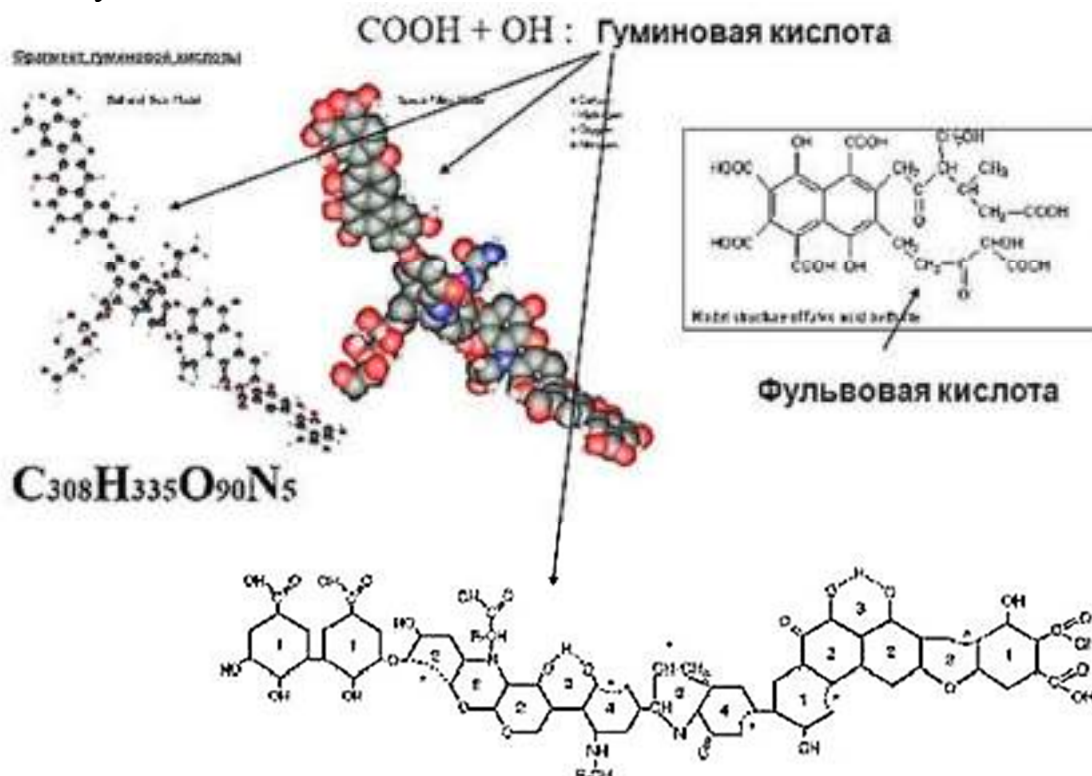


Рис. 6.9. Модель молекули гумінових та фульвокислот.

**Гітатомеланові кислоти** – група гумусових кислот, розчинних в етанолі, в лугах (як ГК), в органічних розчинниках (спирті, бензолі). Велику

роль в молекулі грають аліфатичні компоненти. Елементний склад С 58-64%, Н 5-8%, N 2-2,5%, О 25-35%. Гімомеланові кислоти по набору властивостей займають проміжне положення між ГК і ФК.

**Фульвокислоти (ФК)** – забарвлені в жовтий або бурий колір, більш рухомі і відносно легко пересуваються по профілю ґрунту (рис. 6.10). Це високомолекулярні азотовмісні органічні кислоти. Вони розчинні у воді, кислотах, слабких розчинах їдких і вуглекислих лугів, пірофосфату натрію і водному розчині аміаку з утворенням розчинних солей – фульватів. Їх елементарний склад: С від 40 до 52%; О від 42 до 52%; N від 2 до 6%; Н від 4 до 6% (табл. 6.3-6.4). Фульвокислоти бувають світло забарвлені – кренові та темно забарвлені – апокренові кислоти. Реакція фульвокислот сильно кисла (рН 2,6-2,8). Вони добре розчинні у воді і характеризуються такою кислотністю енергійно руйнують мінеральну частину ґрунту перетворюючи кремнезем у аморфний стан. Ступінь руйнівної дії фульвокислот на мінерали залежить від кількості гумінових кислот даного ґрунту; чим менше в ньому гумінових кислот, тим сильніша дія фульвокислот.

**Гуміни (або залишок, що не гідролізується)** – це та частина органічних речовин, які не виділяються з ґрунту розчинами кислот, лугів та інших органічних розчинників. Його поділяють на **детритний** та **глиногумусний**.

Частина гумусових кислот вступає у взаємодію з мінеральними речовинами шляхом адсорбції чи хімічних реакцій з утворенням солей, які називаються гуматами чи фульватами.

Таблиця 6.3

Порівняльний елементний склад гумінових речовин і біологічних макромолекул (по: М. М. Кононова, 1963)

Об'єкт	Вміст елементів, % на абсолютно суху беззольну речовину			
	С	Н	О	N
Гумінові речовини	40-60	3-7	30-50	1-5
Гумінові кислоти	52-62	3,0-5,5	30-33	3,5-5,0
Фульвокислоти	44-49	3,5-5,0	44-49	2,0-4,0
Білки	50-55	6,5-7,3	19-24	15-19
Целюлоза	44,4	6,2	49,4	Не має
Лігнін	62-69	5,0-6,5	26-33	Не має

По відношенню гумінових кислот до фульвокислот розрізняють **чотири типи гумусу**: фульватний (< 0,6), гуматно-фульватний (0,6-0,8), фульватно-гуматний (0,8-1,2), гуматний (> 1,2). Найкращими будуть

гуматний та фульватно-гуматний типи гумусу, в них буде найменша кількість вільних фульвокислот.

Таблиця 6.4

Склад гумінових речовин як поліфункціональних поліамфолітів

Основні негативно заряджені групи	Основні позитивно заряджені групи
Карбоксили ( $-\text{COOH}$ )	Аміни ( $-\text{NH}_2$ , $-\text{NH}-$ , $>\text{N}-$ )
Спиртові і фенольні гідроксили ( $-\text{OH}$ )	Аміди ( $-\text{CO}-\text{NH}_2$ )
Карбоніли ( $>\text{C}=\text{O}$ )	Пептиди ( $-\text{CO}-\text{NH}-$ )
Метоксили ( $-\text{O}-\text{CH}_3$ )	Іміни ( $>\text{C}=\text{NH}$ )
і інші	Азогрупи ( $-\text{N}=\text{N}-$ )
	і інші

**Хімічні функціональні особливості:** Сукупність функціональних груп обумовлює: • амфотерні властивості, • міжмолекулярні і внутрішньо-молекулярні зв'язки, причому внутрішньо-молекулярні зв'язки визначають хелатоутворюючу здатність ГВ, • участь в окисно-відновних реакціях. Комплексоутворення гумінових речовин. Дане явище проявляється, коли в молекулах поруч з карбоксигрупами знаходяться електрондонорні групи:  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{OH}$ ,  $>\text{C}=\text{O}$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{SH}$ ,  $>\text{NH}$ ,  $\equiv\text{N}$

Хелатні сполуки характеризуються замкнутими п'яти- або шестичленними циклами, що включають іон металу, донорний атом і гідроксильний кисень карбоксигрупи

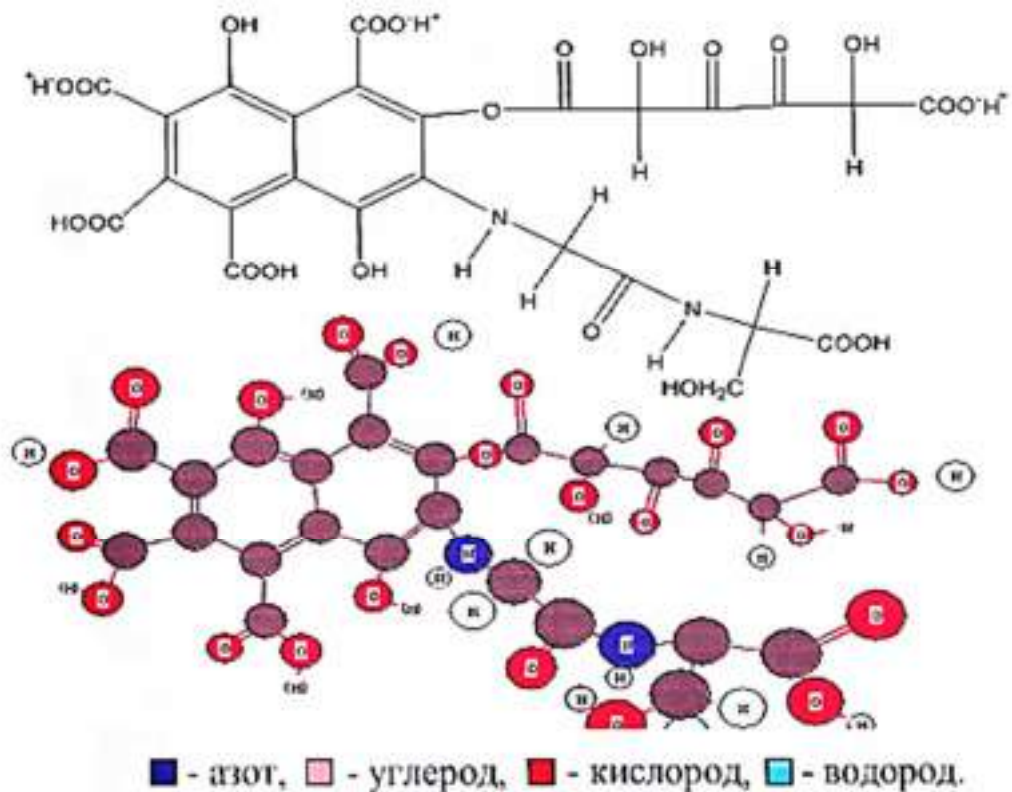
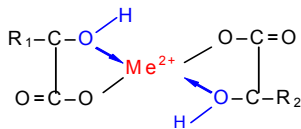


Рис. 6.10. Структура і її оптимізована модель будови фульвокислот по Шнітцеру.



Рис. 6.11. Третинна та четвертинна структура гумінових речовин ґрунту.

Переважна частина гумусових речовин в ґрунтах знаходиться в формі орґано-мінеральних сполук (рис. 6.11). Вони мають високу стійкість до розкладання і мінералізації і можуть існувати протягом сотень і тисяч років.

За характером взаємодії виділяють 3 групи орґано-мінеральних сполук:

- Прості іонні солі;
- Комплексно-іонні солі;
- Адсорбційні орґано-мінеральні сполуки.

**Прості іонні солі.** До них відносяться гумати і фульвати амонію, лужних і лужноземельних металів. Механізм утворення полягає в обмінній реакції між воднем кислих функціональних груп гумусових кислот і катіоном

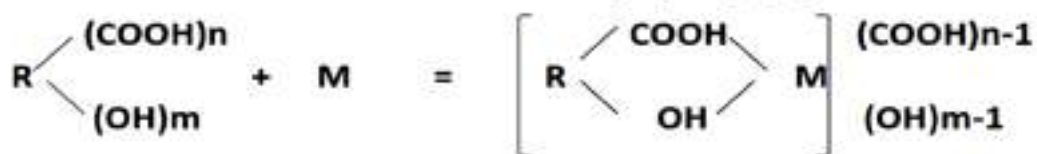


Гумати і фульвати лужних металів і амонію добре розчинні у воді. Гумати Са – не розчинні, а Mg – частково. При висиханні утворюють водостійкі гелі. Вони беруть участь у формуванні водостійкої структури ґрунту.

Фульвати Са і Mg розчиняються у воді при всіх значеннях рН, крім сильнолужних (рН > 10).

Розчинність солей гумусових кислот вказує на їх рухливість в ґрунтовогому профілі і участь в акумулятивних процесах.

**Комплексно-іонні солі.** Утворюються при взаємодії гумусових кислот з полівалентними металами (Fe, Al, Cu, Zn, Ni). Метал в комплексно-іонних солях входить в аніонну частину молекул і не здатний до обмінних реакцій. Полівалентні метали в складі комплексів присутні у формі іонів.



Характерною особливістю цих з'єднань є ємність катіонного обміну лужних і лужноземельних металів за рахунок решти вільних карбоксильних,

фенолгідроксильних груп. Міграційна здатність солей може бути різною і залежить від: кількості вільних функціональних груп, ступеня гідратації, складу гумусових речовин. Більш рухливими є комплексно-іонні солі ФК.

**Адсорбційні органо-мінеральні сполуки.** Утворюються шляхом сорбції на поверхні твердих частинок ґрунту. До них відносяться:

- Al-гумусові і Fe- гумусові сорбційні комплекси;
- глиногумусні, кремнієвогумусні комплекси;
- Al- і Fe- гумусові комплекси утворюються шляхом сорбції гумусових кислот гелями оксидів заліза і алюмінію.

При цьому утворюються плівки на поверхні твердих частинок і конкреції. Глиногумусні комплекси утворюються в процесі склеювання поверхонь гумусових кислот і їх органо-мінеральних похідних з поверхнями глинистих мінералів. Склеювання може відбуватися в результаті іонного обміну, хемосорбції і ін. Ці процеси відіграють важливу роль у формуванні гумусових горизонтів, їх структурного стану і впливають практично на всі властивості і режими ґрунту.

### Колоїдні властивості гумінових речовин (рис. 6.12)

Діаметр диспергованих частинок гумусових речовин знаходиться в інтервалі від 10<sup>2</sup> до 10<sup>3</sup> нм, тобто вони є колоїдами:

- по-перше, значна частка всіх молекул знаходиться на поверхні розділу фаз;
- по-друге, молекули колоїдних дисперсій мають надлишкову вільну енергію.

Саме тому гумусові речовини як колоїдні дисперсні системи володіють поверхнево-активними і електроповерхневими властивостями.

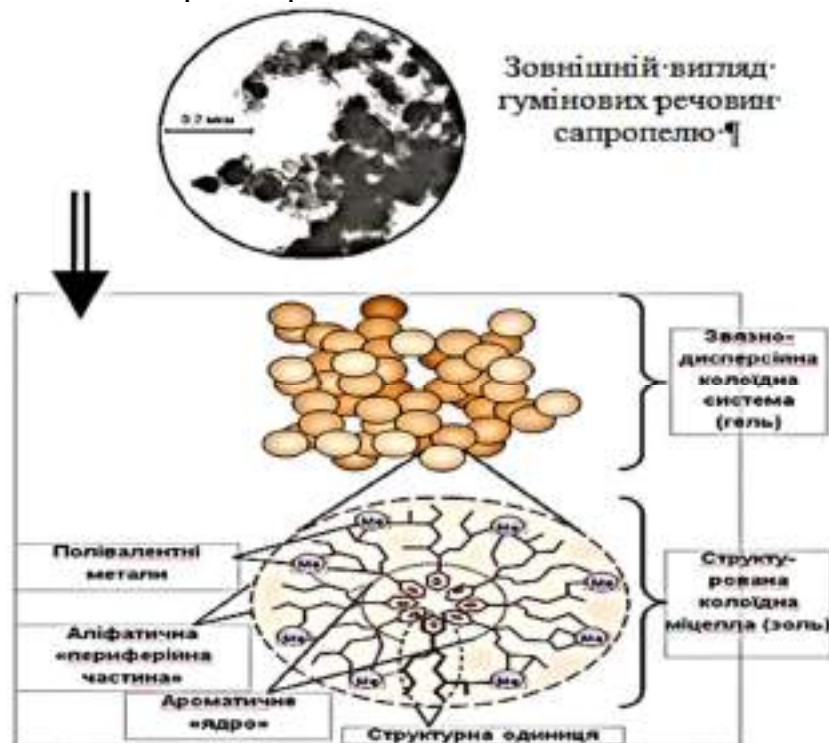


Рис. 6.12. Загальна схема гумінових сполук як поверхнево-активних дисперсних колоїдних систем у ґрунті.

### Буферні властивості гумінових речовин (рис. 6.13)



Рис. 6.13. Загальна схема буферних властивостей гумінових речовин.

Просторові молекулярні комплекси гумусових речовин відносяться до еластичних колоїдних гелів.

Усередині асоціатів молекул гумусових речовин може відбуватися солюбілізація гідрофобних сполук.

**Солюбілізація** – мимовільний і оборотний процес впровадження ліофобних речовин в міцели поверхнево-активних речовин (рис. 6.14).

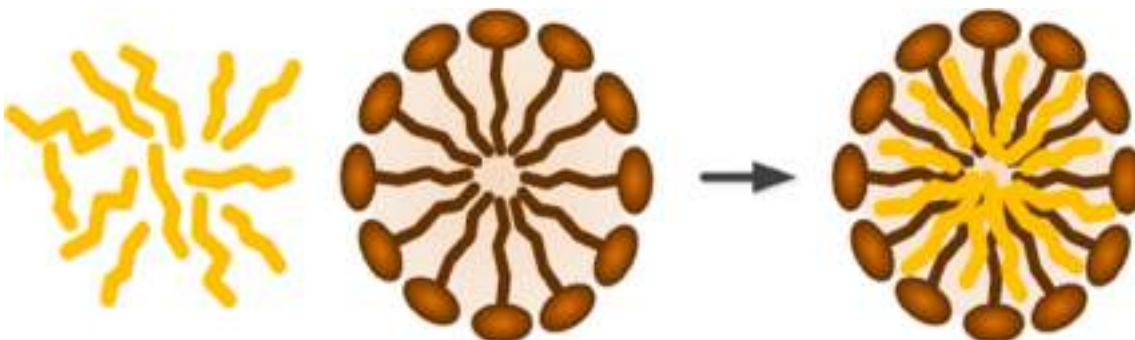


Рис. 6.14. Загальна схема солюбілізації.

### Електроповерхневі властивості гумінових речовин

Виявляються в їх сорбційних та іонообмінних здібностях і пояснюються появою на поверхні дисперсної фази подвійного електричного шару (ДЕС).

Цей шар утворюється спонтанно, і його поява обумовлена дисоціацією кислотних функціональних груп ГВ у водних середовищах. Електроповерхневі явища грають важливу роль в конформаційних змінах і агрегації макроіонів (рис. 6.15).



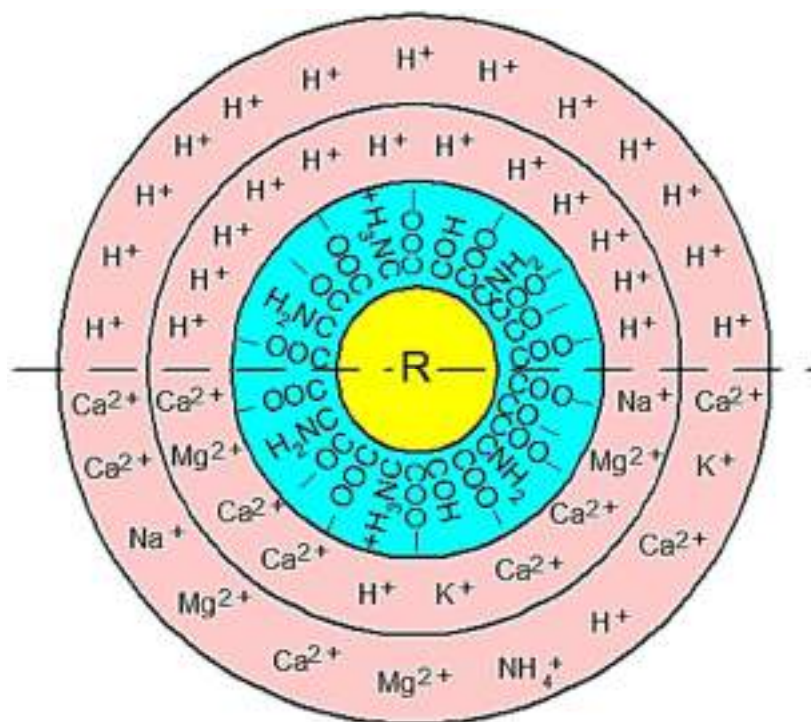


Рис. 6.15. Схематичне зображення будови ДЕС-міцели гумінових речовин (по Н. І. Лактіонова, 1982). (R – гідрофобний органічний радикал (гідрофобна частина) гумусової речовини).

Вже згадувалося раніше, що в залежності від рослинного опаду формується м'який чи грубий гумус.

**М'який гумус** утворюється під трав'янистою рослинністю, коли залишки рослинності (особливо бобової) розкладаються в товщі ґрунту за наявності зольних елементів (особливо кальцію) і гумус, що утворюється рівномірно розподіляється між мінеральною частиною ґрунту.

**Грубий гумус** утворюється під шпильковими лісами, коли бідні на білок та зольні елементи, але збагачені на лігнін, воски і смоли деревні рештки розкладаються на поверхні ґрунту за участі грибів з утворенням великої кількості органічних кислот. Кисла реакція уповільнює гуміфікацію і спричиняє вилуговування кальцію.

Вивчення значення різноманітних форм органічних речовин у генезисі і родючості ґрунтів дало основу для їх розподілу окрім вищевикладеного на: лабільну і стабільну частини.

**Лабільні гумусові речовини** складаються з рослинних решток різного ступеня розкладання, передгумусової фракції (детрит) та рухомих форм гумусових речовин (водорозчинна та слабо закріплена мінеральними сполуками частина гумусу). Це найефективніше джерело елементів живлення для рослин, оскільки найбільш збалансоване за мікро- і макроелементами. Елементи живлення відносно швидко переходять в засвоюваний стан за швидшої, порівняно із стабільним гумусом, мінералізації.

**Стабільна частина** представлена гумусовими речовинами, міцно закріпленими мінеральними сполуками (гумін, гумати кальцію, гуміново-глинисті комплекси). Це стійка слабо мінералізована частина гумусу, час її повного відновлення сотні і тисячі років. Стабільний гумус – потенційний резерв багатьох елементів живлення, проте найбільше його агрономічне значення у формуванні сприятливих фізичних, водно-фізичних, фізико-механічних та ін. властивостей (протиерозійної здатності).

**За здатністю утворювати сполуки з гумусними кислотами** різні катіони можна розташувати в ряд:



Нестача лабільних форм сприяє більшому розкладанню стійкого гумусу, тобто дегуміфікації. Тому систематичне поповнення ґрунту свіжою органічною речовиною, підвищення обсягів та швидкості її кругообігу сприяє збереженню основної частини гумусу. Проте, надмірне надходження органіки бідної азотом, може викликати його біологічну мобілізацію за рахунок підвищення мінералізації гумусу ґрунту.

В ґрунтах сільськогосподарського використання змінюється вміст і склад гумусу. При інтенсивному використанні і недостатньому внесенні органічних добрив вміст гумусу помітно зменшується, а в його складі збільшується відносна кількість фульвокислот. При систематичному внесенні високих норм органічних добрив в ґрунтах підвищується вміст гумусу в гумусовому горизонті і покращується його склад (збільшується вміст гумінових кислот). Більш стійким є гумус чорноземів. Навіть при тривалому використанні даних ґрунтів і зменшенні вмісту гумусу в орному шарі, його склад не змінюється.

## 6.2. Погляди на процес гумусоутворення, його біохімічні принципи та закономірності протікання

**Загальна схема гуміфікації** нероздільно пов'язана з біологічним кругообігом речовин та ґрунтоутворенням. Найсуттєвішим ланцюгом є розклад мертвих органічних решток, що супроводжується декількома одночасно протікаючими процесами: акумуляцією первинної органічної речовини, розкладом, мікробним синтезом, гуміфікацією і мінералізацією (рис. 6.16).

**Акумуляція первинної органічної речовини** – надходження рослинних решток на поверхню і товщу ґрунту.

**Розклад** – сукупність процесів біохімічного окиснення нерозчинних у воді органічних решток з утворення простіших, частково розчинних у воді органічних і мінеральних сполук (головним чином під впливом ферментативної активності мікроорганізмів)

**Мікробний синтез** – процес утворення тіл мікроорганізмів з більш простих водорозчинних органічних (амінокислот, цукрів) і мінеральних сполук. Після відмирання мікроби піддаються розкладу і гуміфікації.

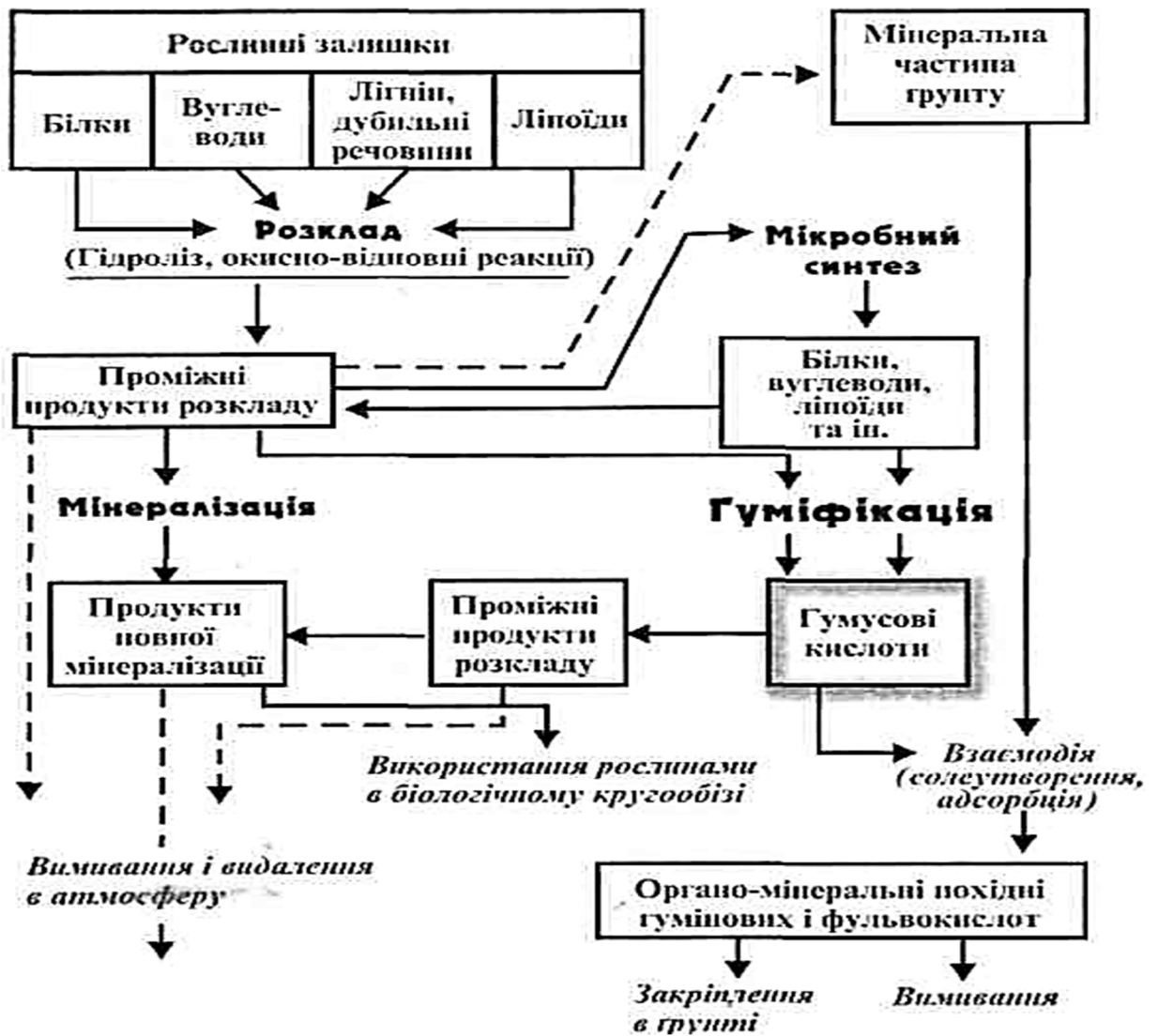


Рис. 6.16. Схема процесу гумусоутворення (за Л.М. Александровою).

**Гуміфікація (гумусоутворення)** – повільний біохімічний процес, що призводить до утворення гумусових речовин – специфічних сполук, які мають здатність до полімеризації, тобто ущільненню своїх молекул, що робить їх стійкими до розкладу мікроорганізмами.

**Мінералізація** – сукупність процесів перетворення органічних речовин в мінеральні солі, воду вуглекислоту (рис.).

За ступенем розкладу рослинних решток та опаду розрізняють (рис. 6.16-6.18):

**Моор** – слабозрозкладений рослинний опад.

**Модер** – сильнорозкладений рослинний опад.

**Муль** – ґрунтовий гумус.

**Гуміфікація** – сукупність біохімічних і фізико-хімічних процесів трансформації продуктів розкладання органічних залишків в гумусові кислоти.

**Основні фактори мінералізації:**

– Температура і вологість;



Рис. 6.16. Загальний вигляд стану розкладення моор.



Рис. 6.17. Загальний вигляд стану розкладення модер.



Рис. 6.18. Загальний вигляд стану розкладання муть.

- Хімічний склад рослинних залишків (рис. 6.19);
- Мінералогічний і гранулометричний склад ґрунту;
- Кислотність середовища;
- Наявність полівалентних іонів;
- Кількість гумусу в ґрунті.

Процеси розкладу та мінералізації забезпечують надходження елементів живлення до біологічного кругообігу. Процеси мікробного синтезу та гуміфікації, навпаки, закріпленню і накопиченню органіки у ґрунті (рис. 6.20).

Співвідношення між швидкістю цих процесів визначає кількість і якість сталість органічної частини ґрунту, суворо визначену для різних ґрунтів, що розрізняються характером ґрунтоутворного процесу. Першим етапом перетворень органічних решток є розклад органічних залишків. Дуже швидко мінералізуються цукор, крохмаль, гірше – білки, целюлоза, погано – лігнін, смоли, воски. Швидкість розкладу органічних залишків зменшується в анаеробних умовах аж до повного припинення його й утворення торфу. Більшість з органічних залишків окиснюється до вуглекислого газу та води. А менша частина проходить другий етап перетворень – гуміфікацію, тобто синтез гумусних речовин. Рівень гуміфікації органічних решток залежить від гідротермічного режиму, ботанічного та біохімічного складу решток, їх кількості.

Таким чином, весь процес розкладу решток, які потрапляють у товщу ґрунту піддається двом взаємозв'язаним процесам – мінералізація та гуміфікація.

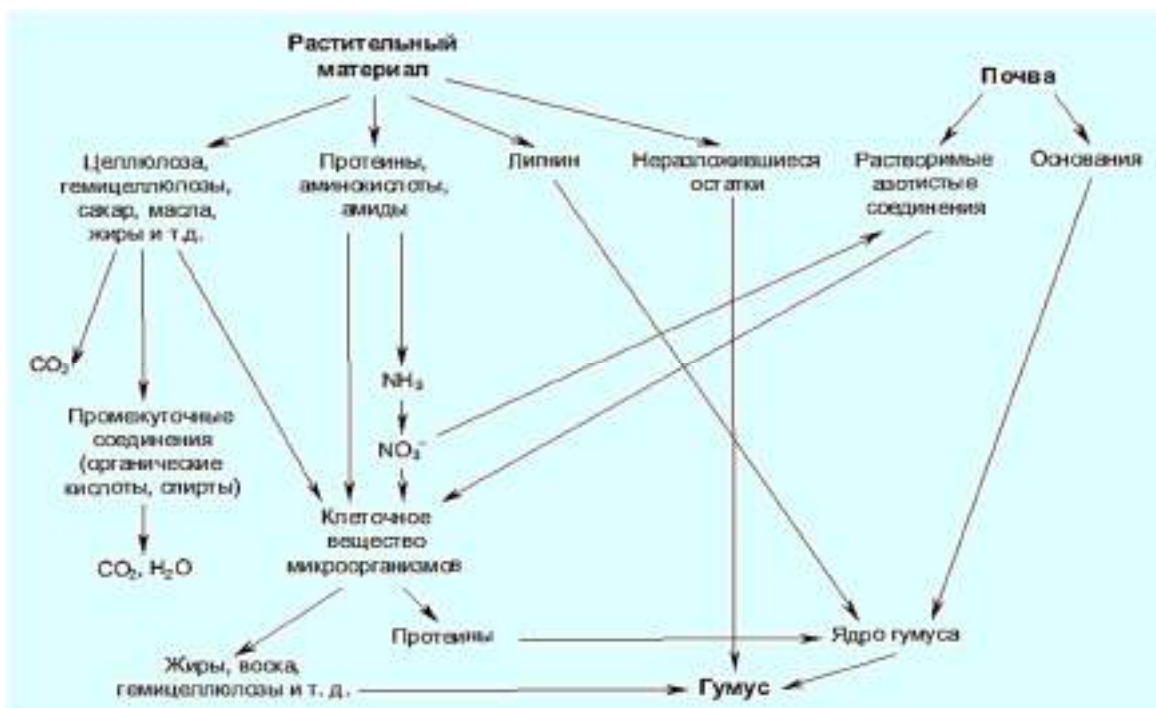


Рис. 6.19. Схематичне зображення механізму утворення гумусу при розкладанні в ґрунті рослинних залишків (по: С. А. Ваксман, 1937) (мовою оригіналу).



Рис. 6.20. Схематичне зображення синтезу гумінових кислот в ґрунті (по: J. P. Martin, K. Haider, 1971).

### **Основні концепції гуміфікації:**

**Конденсаційна** – А.Г. Трусов, М.М. Кононова (В. Фляйг, Г. Фелбек, Д. Мартін, К. Хейдер).

**Біохімічного окислення** – І.В. Тюрін – Л.Н. Александрова.

**Біологічна** – С.П. Костичев, В.Р. Вільямс, С.Н. Виноградський, Е.С. Козуб, В.Є. Раковський.

**Кінетична** – Д.С. Орлов, А.Д. Фокін.

### **Основні положення конденсаційної гіпотези гуміфікації (рис. 6.21)**

Гуміфікація рослинних залишків супроводжується мінералізацією компонентів до CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, аміаку та ін. Всі компоненти рослинних тканин можуть бути першоджерелами структурних одиниць гумусових кислот (фенольних сполук, амінокислот і пептидів). Конденсація відносно простих структурних одиниць йде шляхом окислення фенолів ферментами типу фенолоксідаз (від семіхінонів до хінонів) і взаємодії хінонів з амінокислотами і пептидами. Поліконденсація з'єднань в більш складні молекули.

### **Основні положення гіпотези біохімічного окислення**

Біохімічне окислювальне кислотоутворення: з високомолекулярних продуктів розкладання рослинних залишків під впливом оксидаз мікроорганізмів утворюються гумінові кислоти (рис. 6.22). Формування азотної частини гумусових кислот за рахунок внутрішньомолекулярних перегрупвань, сорбції аміаку, білків і амінокислот; безперервна

трансформація азотовмісних фрагментів з аліфатичних в ароматичні. Зростання ступеня ароматизації молекули в цілому і консервація гумусу на ґрунтовому дрібноземі – найтриваліша стадія (сотні і тисячі років). Поступове повільне руйнування гумусових кислот.



Рис. 6.21. Принципова схема конденсаційної гіпотези гуміфікації (за М.М. Коновою).



Рис. 6.22. Один із варіантів гіпотези біохімічного окислення так званий деградаційний шлях утворення гумінових речовин (по: Р. G. Hatcher, Е. С. Spiker, 1988).

### Основні положення біологічних гіпотез гумусоутворення (рис. 6.23)

Ґрунтові мікроорганізми (гриби і бактерії) продукують пігменти меланоїдного типу, які є основою для формування гумусових речовин (П.А. Костичев, С.Н. Виноградський і ін.)

Гумусові кислоти – ензими мікроорганізмів, виділені ними в навколишнє середовище і перетворені (В.Р. Вільямс).

Утворення гумінових кислот починається в клітинах зелених рослин (глюкоза + уронова кислота = циклічний мономер); після відмирання клітин йде ароматизація і утворення циклів, їх конденсація і утворення гумусових молекул (Е.С. Козуб, В.Є. Раковський).

### Основні положення кінетичної теорії гумусоутворення (рис. 6.24)

Процеси гумусоутворення йдуть як по конденсаційному шляху, так і по шляху біохімічного окислення, швидкість і глибина процесів залежить від кліматичної складової:

- висока біохімічна активність ґрунтів сприяє глибокому розщепленню органіки (чорноземи);
- при ослабленій мікробіологічній активності йде повільне біохімічне окислення (ґрунту) (Д.С. Орлов).

В ґрунтах з уже сформованим гумусовим профілем йде фрагментарне оновлення гумусу: продукти розкладання не формують нову молекулу повністю, а включаються спочатку у її периферичну частину, а потім і в циклічні структури (різновікові ядра і бічні фрагменти) (А.Д. Фокін).

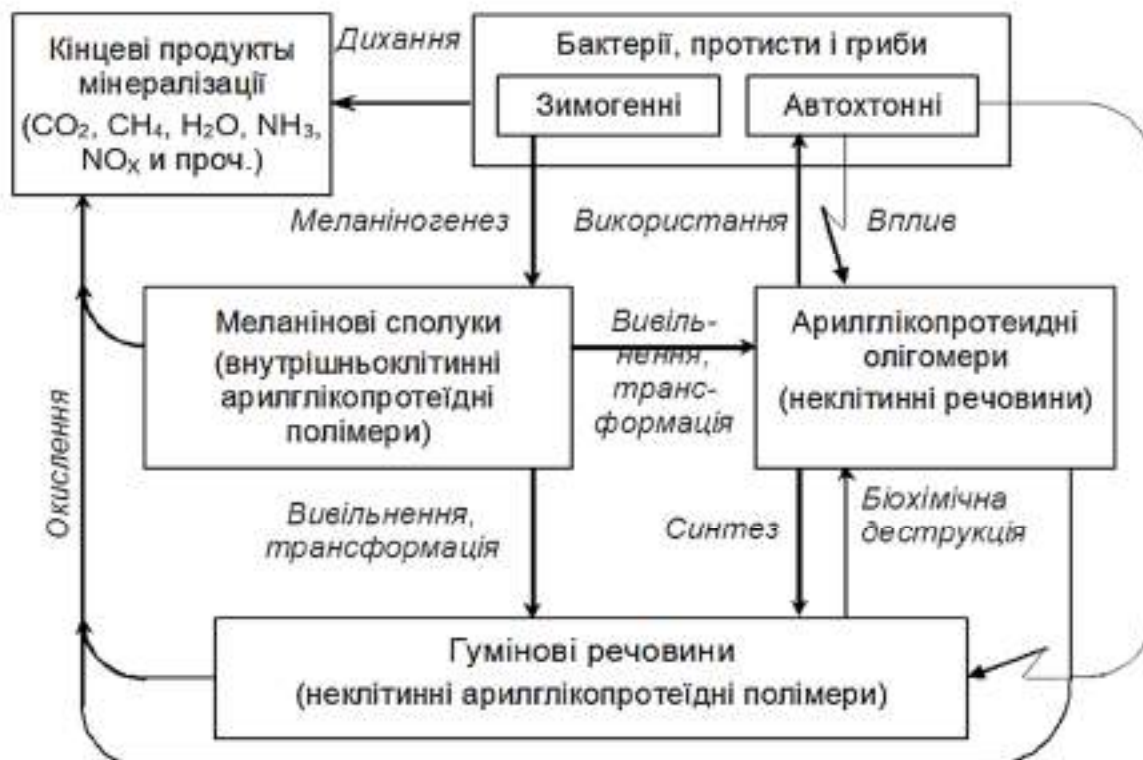


Рис. 6.23. Схематичне зображення біологічної теорії гумусоутворення.





Рис. 6.24. Принципова схема кінетичного процесу гумусоутворення (схема трансформації органічних речовин (по: І. Д. Комісарів, 1978): 1, 2, 5, 7 – гідроліз, окислення; 3 – гуміфікація (конденсація, сополімеризація, молекулярне комплексоутворення); 4 – солеутворення, молекулярне комплексоутворення)).

**Факторами гумусонакопичення є:**

1. оптимальні природно-кліматичні умови,
2. гранулометричний і мінералогічний склад ґрунту, з утяжелінням гранулометричного складу вміст гумусу збільшується
3. наявність полівалентних катіонів (кальцію);

**Гумус впливає на:**

1. Вміст азоту та інших зольних елементів в ґрунті .
2. Ємкість поглинання – прямопропорційно.
3. Кислотність.
4. Структурність: чим більше гумусу, тим краще структура (гумус - є “цементом”).
5. Спрямованість процесів ґрунтоутворення (де ГК – там акумулятивний тип, ФК – елювіальний).
7. Теплові властивості ґрунтів (чим ↑ гумусу, тим ґрунт краще, швидше та глибше прогріється).
8. Акумулятор сонячної енергії.
9. Гумус здатен зв’язувати пестициди та важкі метали.

**4. Показники гумусового стану ґрунту.**

**Гумусний стан ґрунту** – сукупність морфологічних ознак, загальних запасів, властивостей органічної речовини ґрунту та процесів її утворення, трансформації і міграції в профілі ґрунту. Характеризується наступними показниками (табл 6.5-6.6):

1. Вмістом гумусу, %;
2. Запасами гумусу в шарі 20 та 100см, т/га;
3. Забезпеченістю азотом, C:N;
4. Ступінь гуміфікації органічної речовини ( Сг.к./ Сф.к.) x 100%;
5. Тип гумусу Сг.к.:Сф.к. ;
6. Вміст (%) різних фракцій гумінових кислот;
7. Оптична щільність гумінових кислот;
8. Біологічна активність(інтенсивність дихання ґрунтів).

Таблиця 6.5

## Показники гумусного стану ґрунтів (за Д.С. Орловим)

Ознака	Градації ознаки	Градації величин
Товщина підстилки (для лісових ґрунтів), см	сильно розвинена	>10
	розвинена	5-10
	середня	2-5
	малорозвинена	<2
Відношення запасів органічної речовини в підстилці і в мінеральному профілі	ектоморфний розподіл	>1
	граничний розподіл	близько 1
	мезоморфний розподіл	
	граничний розподіл ендоморфний розподіл	<1
Вміст гумусу в мінеральному профілі ґрунту, %	дуже високий	>10
	високий	6-10
	середній	4-6
	низький	2-4
	дуже низький	<2
Запаси гумусу (т/га) в шарі 0-20 см (0-100 см)	дуже високі	>200 (>600)
	високі	150-200 (200-400)
	середні	100-150 (400-600)
	низькі	50-100 (100-200)
	дуже низькі	<50 (<100)
Профільний розподіл гумусу в метровому шарі	різке зменшення	—
	поступове зменшення	—
	рівномірний	—
	наростаючий	—
	бімодальний	—
Збагачення гумусу азотом, C: N	дуже висока	<5
	висока	5-8
	середня	8-11
	низька	11-14
	дуже низька	>14
Ступінь гуміфікації органічної речовини, (C <sub>ГК</sub> /C <sub>заг</sub> )×100 %	дуже висока	>40
	висока	40-30
	середня	30-20
	дуже слабка	<10
Тип гумусу, C <sub>гк</sub> :C <sub>фк</sub>	гуматний	>2
	фульватно-гуматний	2-1
	гуматно-фульватний	1-0,5
	фульватний	<0,5
Вміст вільних гумінових кислот, % до суми ГК	дуже високе	>80
	високе	60-80
	середнє	40-60
	низьке	20-40
	дуже низьке	<20

Вміст гумінових кислот, зв'язаних с $\text{Ca}^{2+}$ , % до суми ГК	дуже високе	>80
	високе	60-80
	середнє	40-60
	низьке	20-40
	дуже низьке	<20
Вміст міцнозв'язних ГК, % до суми ГК	високе	>20
	середнє	10-20
	низьке	<10
Оптична щільість (Е) ГК $_{465 \text{ нм}}$	дуже висока	>0,15
	висока	0,08-0,15
	середня	0,06-0,08
	низька	0,04-0,06
	дуже низька	<0,04
Наявність пігментів Рв в гумусових кислотах.	так	—
	ні	—
Присутність хлорофілу в спиртобензольній витяжці	так	—
	ні	—

Таблиця 6.6

Групування ґрунтів за вмістом гумусу  
за методом Тюріна

№ групи	Ступінь гумусованості	Вміст гумусу %
1	Дуже низька	0-2,0
2	Низька	2,1-4,0
3	Середня	4,1-6,0
4	Підвищена	6,1-8,0
5	Висока	8,1-10,0
6	Дуже висока	Більше 10,0

Групування ґрунтів за вмістом гумусу (згідно ДСТУ 4362:2004)

Вміст гумусу	Показник, %
Дуже низький	<1,1
Низький	1,1-2,0
Середній	2,1-3,0
Підвищений	3,1-4,0
Високий	4,1-5,0
Дуже високий	>5,0

*Вміст гумусу у ґрунтах України та світу зумовлений зональністю ґрунтоутворення (рис. 6.25-6.28, табл. 6.7).*

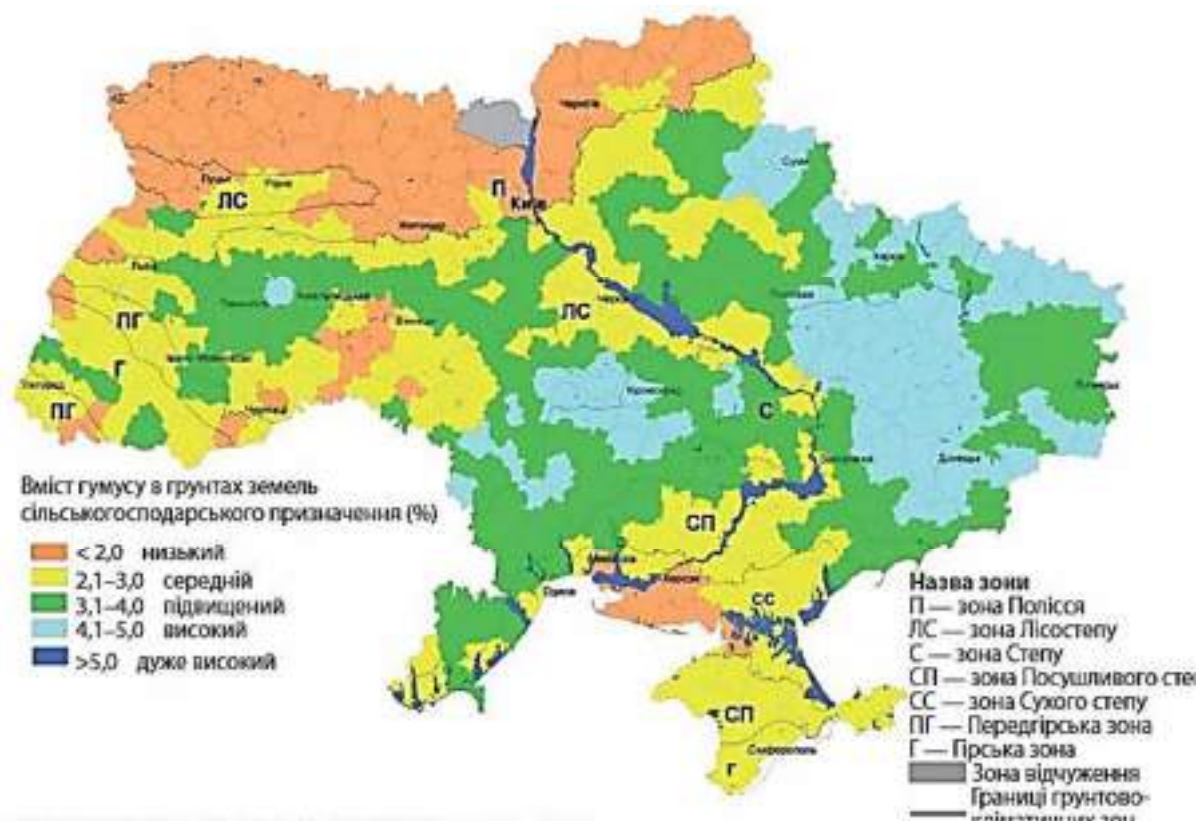


Рис. 6.25. Картограма ґрунтів України за вмістом гумусу (2006-2017 рр.).

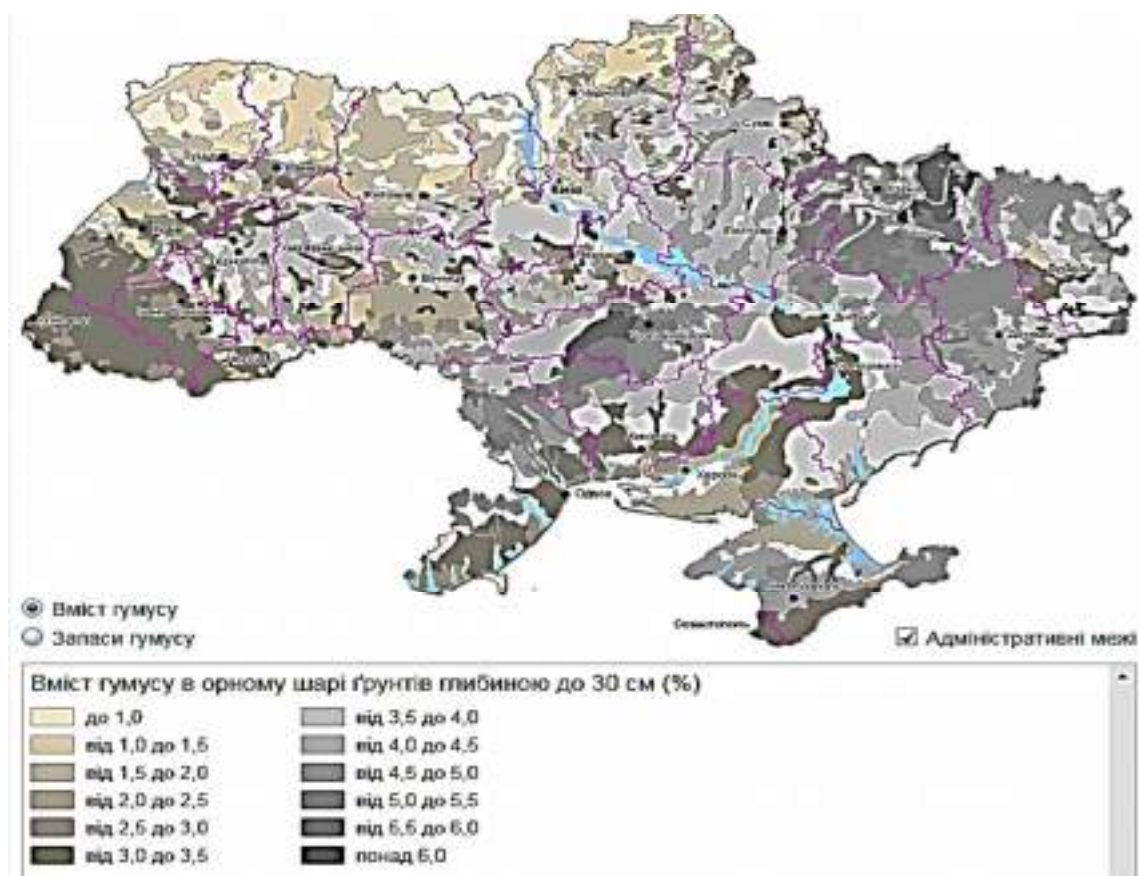


Рис. 6.26. Вміст гумусу в ґрунтовому покриві України.



Рис. 6.27. Кртограма вмісту гумусу по областях України.

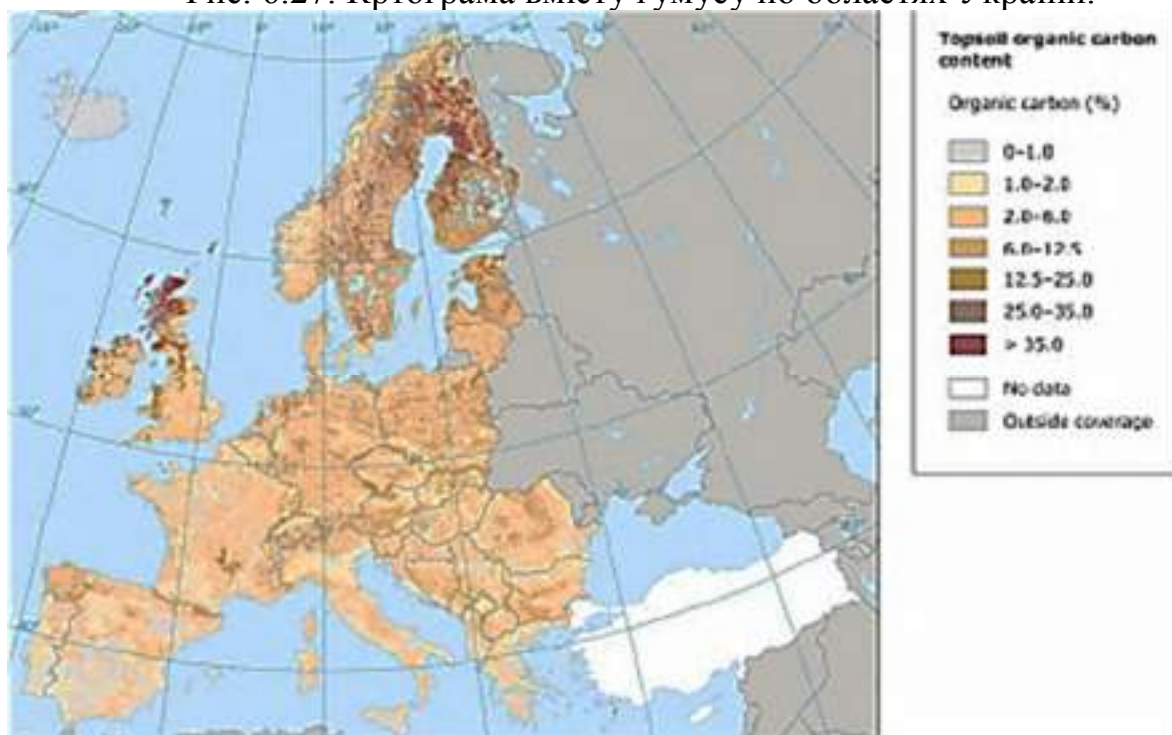


Рис. 6.28. Варіації вмісту органічного вуглецю в ґрунті (%) по всій Європі. Темніші регіони відповідають ґрунтам з більш високими значеннями органічної речовини. Найтемніші кольори, особливо в Ірландії, Великобританії, Естонія та Фіноскандинавія позначають торфовища.

Таблиця 6.7

Кількість гумусу і його якісний склад в різних типах ґрунтів

Типи ґрунтів	Гумус, %	Тип гумусу	$C_{гк}/C_{фк}$
<i>Підзолисті</i>	<b>1-1,5</b>	фульватний	<b>&lt;0,5</b>
<i>Дерново-підзолисті</i>	<b>2-4</b>	гуматно-фульватний	<b>0,5-1</b>
<i>Сірі лісові</i>	<b>4-6</b>	фульватно-гуматний	<b>1-1,5</b>
<i>Чорноземи</i>	<b>7-15</b>	гуматний	<b>&gt;1,5</b>
<i>Каштанові</i>	<b>1,5-4</b>	фульватно-гуматний	<b>1-1,5</b>
<i>Бурі сухостепові</i>	<b>1,0-1,2</b>	фульватно-гуматний	<b>1-1,5</b>
<i>Сіроземи</i>	<b>0,8-1,0</b>	фульватно-гуматний	<b>1-1,5</b>
<i>Червоноземи</i>	<b>4-6</b>	гуматно-фульватний	<b>0,5-1</b>

Таблиця 6.8

Географічні закономірності розподілу гумусу у ґрунтах

ґрунти	Гумус, %	Гумінових кислот, у % від вмісту гумусу	Фульвокислот, у % від вмісту гумусу	$C_{гк}/C_{фк}$	Морфологія гумусу
Підзолисті і дерново-підзолисті	2,5-4,0	12-30	25-30	0,6-0,8	Модер, муль
Сірі лісові	4,0-6,0	25-30	25-27	1,0	Модер, муль
Чорноземи	7,0-10,0	35-40	15-20	1,5-2,5	Муль
Каштанові	1,5-4,0	25-35	20-25	1,2-1,5	Муль
Буроземи степові	1,0-1,2	15-18	20-23	0,7	Муль, модер
Сіроземи	0,8-1,0	17-23	25-33	0,7	Муль, модер
Червоноземи	4,0-6,0	15-20	22-28	0,6-0,8	Модер, муль

**Екологічне значення органічних речовин ґрунту**

Мінералізація органічних речовин (осаду і гумусу) – найважливіше джерело надходження в ґрунти елементів – біофілія.

Гумус – резервуар для виведення CO<sub>2</sub> з атмосфери і акумулятор сонячної енергії.

Солі гумусових кислот (гумати) мають стимулюючу дію на рослини.

Гумус оптимізує фізичні властивості ґрунтів (створює структуру і пористість).

Гумус є джерелом органіки для гетеротрофних мікроорганізмів ґрунту (грибів і бактерій).

Гумусованість ґрунтів – найважливіший показник кількісної оцінки родючості ґрунту.

Гумус сприяє збільшенню ефективності мінеральних добрив.

### ***Роль гумусу в ґрунтоутворенні та живленні рослин***

Гумус відіграє велику роль в ґрунтоутворенні та розвитку родючості. Гумусові речовини активно приймають участь на першому етапі ґрунтоутворення при проходженні біологічного вивітрювання. Руйнування мінералів більш інтенсивно відбувається під впливом фульвокислот, оскільки їх водні розчини мають сильно кислу реакцію.

Залежно від складу гумусових речовин формуються різні види ґрунтових профілів. В ґрунтах, де переважають гумінові кислоти формується добре виражений гумусовий горизонт з високою поглинальною здатністю катіонів. При наявності в ґрунті кальцію гумінові кислоти утворюють разом з ним гумати, які сприяють формуванню водостійкої і пористої зернистої структури. Такі ґрунти мають благоприємний поживний режим і водно-повітряні властивості. Відношення гумінових кислот до фульвокислот буде більше одиниці.

Якщо в складі гумусу багато фульвокислот (характерно для ґрунтів з постійним або тимчасовим перезволоженням) то ґрунти збіднюються основами, оскільки фульвокислоти утворюють з ними розчинні солі, що мігрують з водою по профілю донизу. В таких ґрунтах буде кисла реакція.

В гумусі накопичуються і довго зберігаються всі основні елементи живлення рослин та мікроорганізмів. При розкладі гумусу і органічних решток виділяється багато вуглекислого газу, який служить джерелом вуглецевого живлення рослин. Низькомолекулярні продукти розкладу органічних решток інтенсивно руйнують мінерали, забираючи з них елементи живлення та утворюючи органо-мінеральні сполуки, які мігрують по ґрунтовому профілю та приймають участь у його формуванні.

При сільськогосподарському використанні ґрунтів необхідно регулювати не тільки вміст гумусу в профілі, але і його склад (співвідношення гумінових і фульвокислот) та запас. Запас гумусу зазвичай визначають в орному або метровому шарі ґрунту для оцінки його родючості або при проведенні бонітування. Розрахунок проводиться за наступною формулою:

$$ЗГ = ЩГ \cdot h \cdot Г \text{ т/га; де}$$

ЗГ – запас гумусу, т/га; ЩГ – щільність ґрунту (об'ємна вага ґрунту), г/см<sup>3</sup>; h – глибина шару ґрунту, см; Г – вміст гумусу, %.

Оцінку гумусного стану ґрунту за вмістом і запасом проводять методом Д.С. Орлова, А.А. Гришиної використовуючи вміст і запас гумусу в ґрунті, що допомагає запланувати раціональне використання ґрунтів та заходи по покращенню або збереженню їх родючості.

В природних умовах одночасно відбуваються збалансовані процеси утворення гумусових речовин та їх руйнування до повної мінералізації. При сільськогосподарському використанні або антропогенному втручанні ця рівновага порушується, що приводить до змін вмісту гумусу в ґрунті. Тому, особливої уваги набуває проблема балансу гумусу орних земель і заходів його регулювання (табл 6.9).

Таблиця 6.9

Оцінка гумусного стану ґрунту за шкалою Д.С. Орлова, А.А. Гришиної

Показник	Рівень показника				
	дуже високий	високий	середній	низький	дуже низький
Вміст гумусу, %	> 10	6-10	4-6	2-4	< 2
Запаси гумусу в 0-30 см шарі, т/га	> 300	225-300	150-225	75-150	< 75
Забезпеченість азотом по співвідношенню C:N	< 5	5-8	8-11	11-14	>14

Як і будь-який баланс, *баланс гумусу* є порівняння статей надходження та статей витрат і його можна відобразити такою формулою:

$$B_g = (N_{oz} + N_{ee} + N_{ve}) - (B_m + B_{ee} + B_{ve} + B_v); \text{ де:}$$

$B_g$  – баланс гумусу;

$N_{oz}$  – надходження і включення продуктів розкладу органічних решток та органічних добрив до складу гумусових речовин;

$N_{ee}$  – додаткове нанесення гумусового шару в результаті вітрової ерозії;

$N_{ve}$  – надходження органічної речовини від зрошення та з водною ерозією (намиті ґрунти);

$B_{ee}$  – втрати гумусу в результаті вітрової ерозії (дефльовані ґрунти);

$B_m$  – втрати гумусу в результаті його мінералізації;

$B_{ve}$  – втрати гумусу в результаті водної ерозії (змиті ґрунти);

$B_v$  – втрати гумусу в результаті міграції у ґрунтового профілі.

Таким чином  $N_{oz}$ ,  $N_{ee}$ ,  $N_{ve}$  – надходження до ґрунту гумусу, а  $B_m$ ,  $B_{ee}$ ,  $B_{ve}$  та  $B_v$  – витратна частина гумусового балансу. Визначення надходження і витрат гумусу проводять за вмістом органічного вуглецю. Але господарський баланс гумусу зручніше проводити за надходженням азоту і його використанням на формування урожаю рослин.

### 6.3. Основні заходи збереження гумусу в ґрунті

Гумусові речовини розкладаються (мінералізуються) спеціальними мікроорганізмами, особливо при наявності органічних речовин, що ще не



гуміфікувались. Проте зауважимо, що розклад гумусу – процес довготривалий і потребує участі великої групи мікроорганізмів. Стійкість гумінових кислот пов'язана зі сферичною формою молекул, що складаються з багатьох гетерогенних одиниць, які нерегулярно з'єднанні ковалентними зв'язками. Найбільш інтенсивно відбувається мінералізація фульвокислот. Максимальна швидкість мінералізації спостерігається при оптимальних для мікроорганізмів вологості та температурі, зменшується при надлишковому зволоженні, у важких ґрунтах. Особливо різке зменшення вмісту гумусу в ґрунті спостерігається при застосуванні високих доз азотних добрив. Це пов'язано з активацією ґрунтових мікроорганізмів, що включають у свої метаболічні цикли органічну речовину ґрунту. Здатність розкласти гумус притаманна багатьом мікроорганізмам, але провідна роль належить грибам і актиноміцетам (зокрема, нокардіям). У процесі розкладу гумусових речовин вивільнюється велика кількість елементів живлення рослин, особливо азоту. Згідно з сучасними поглядами, для кожного типу ґрунту в цілинному статусі характерні постійні величини гумусового стану. Як тільки починається його систематичний обробіток, порушується рівновага між факторами ґрунтоутворення. Це не деградація, а нормальний його розвиток під впливом антропогенних дій. Еволюція ґрунту відбувається за схемою швидкої втрати певної частини гумусу під час розорювання та незначної зміни в подальшому. Різниця між ними повинна бути у межах 12-18%. Ці межі умовно прийнято за критерії біологічних втрат. Гумус, що залишився після цього, відзначається високою стійкістю до мінералізації, що не дає можливості вирощувати високі врожаї без внесення добрив. Найбільш інформативною щодо впливу агрозаходів на властивості ґрунту вважається фракція «рухомої» (лабільної) органічної речовини.

Дослідження щодо антропогенного впливу на стан чорноземів показали, що найбільш вагомими зміни при їх розорюванні відбуваються у вмісті рухомих органічних речовин. Їх кількість на ріллі зростає на 30% порівняно з перелогом; при застосуванні підвищених норм мінеральних добрив – більше ніж у 2 рази. Взагалі, як вказує Д.С. Орлов, цей показник визначає конкретну біохімічну ситуацію у ґрунті в певний проміжок часу.

Сучасний гумусовий стан ґрунтів є результатом багатовікової еволюції під впливом антропогенної діяльності людини. За даними Чесняка, за 100 років після досліджень Докучаєва зменшення гумусу в орному шарі чорноземів склало 21-40 % в залежності від регіону та підтипу або 0,5-0,9 т/га щорічно (рис. 6.29). Серед 13 типів деградацій ґрунтів, зокрема чорноземів, першим за значимістю і глобальністю називають **дегуміфікацію**.

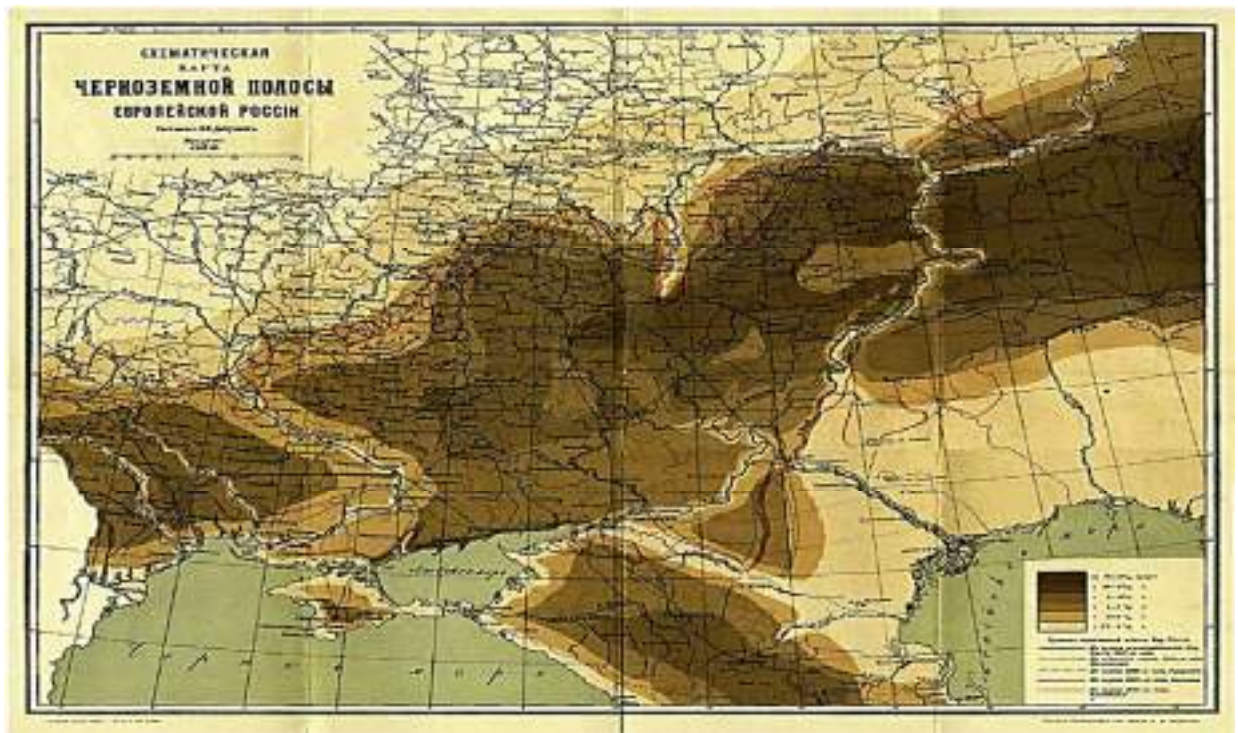
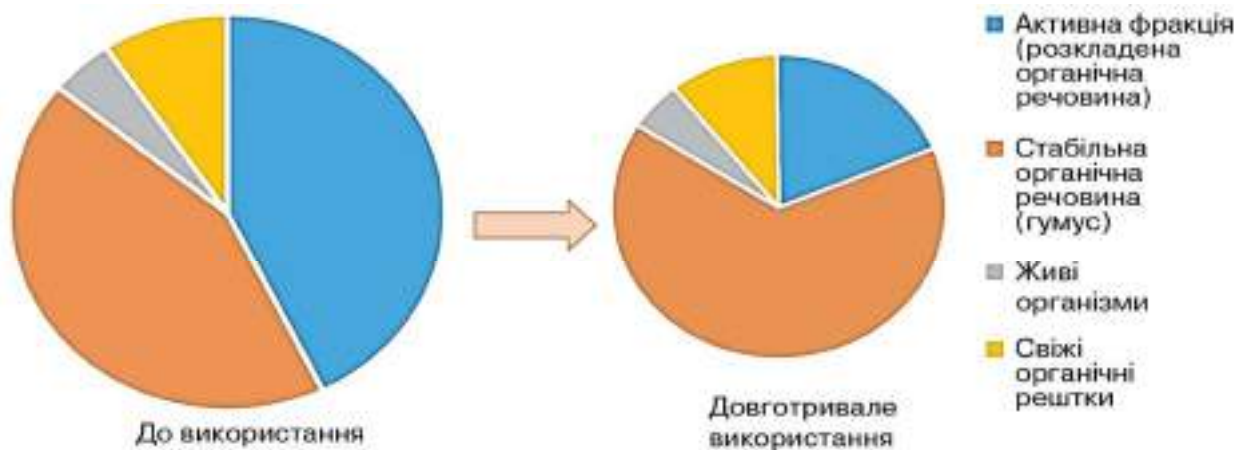


Рис. 6.29. Карта Докучаєва вмісту гумусу в ґрунтах європейської частини Росії (Докучаєв, 1883: шкала гумусу максимальна темна градація 19-24 %).

«Українські ґрунти – найродючіші». Ця історична догма зробила нас заручниками природної родючості ґрунтового покриву. Впевненість у безлімітних властивостях ґрунтів зводить потребу в **підтримці бездефіцитного балансу елементів живлення** та гумусу до фрази: «На мій вік вистачить!» Проте довготривале інтенсивне використання ґрунтів спричиняє зменшення вмісту органічної речовини та зміни у співвідношенні між її складниками. Зокрема, зменшується вміст активної фракції із 33-50 до 15-25% (рис. 6.30).



Джерело: The Soil Food Web, USDA-NRCS

Рис. 6.30. Основні складники органічної речовини ґрунту до використання у сільському господарстві та після довготривалого використання.

Нині середньорічні втрати гумусу чорноземів в країні перевищують 1 т/га. Значна частина інших деградацій ґрунту прямо чи опосередковано зумовлена зниженням кількості гумусу. Аналіз зміни (погіршення) гумусного стану ґрунтів слід проводити для визначення зворотних і незворотних деградацій. Перевищення мінералізації гумусу над його утворенням спричиняє дегуміфікацію ґрунтового профілю (рис. 6.31).

Відомо, що для бездефіцитного балансу гумусу доцільно вносити 8-16 т/га органічних добрив залежно від ґрунтового-кліматичних умов. Крім вуглецю, такі добрива містять весь спектр макро- та мікроелементів у широкому діапазоні значень.

Тенденція розвитку галузей птахівництва та свинарства свідчить про можливість нарощування обсягів внесення органічних добрив, проте потреби всіх полів вони забезпечити не можуть. Альтернативою може бути вирощування сидератів – культур, здатних швидко наростити вегетативну масу. Сидеральна маса еквівалентна дії 20–40 т/га гною. Ще один плюс – збереження вологи та поживних речовин.

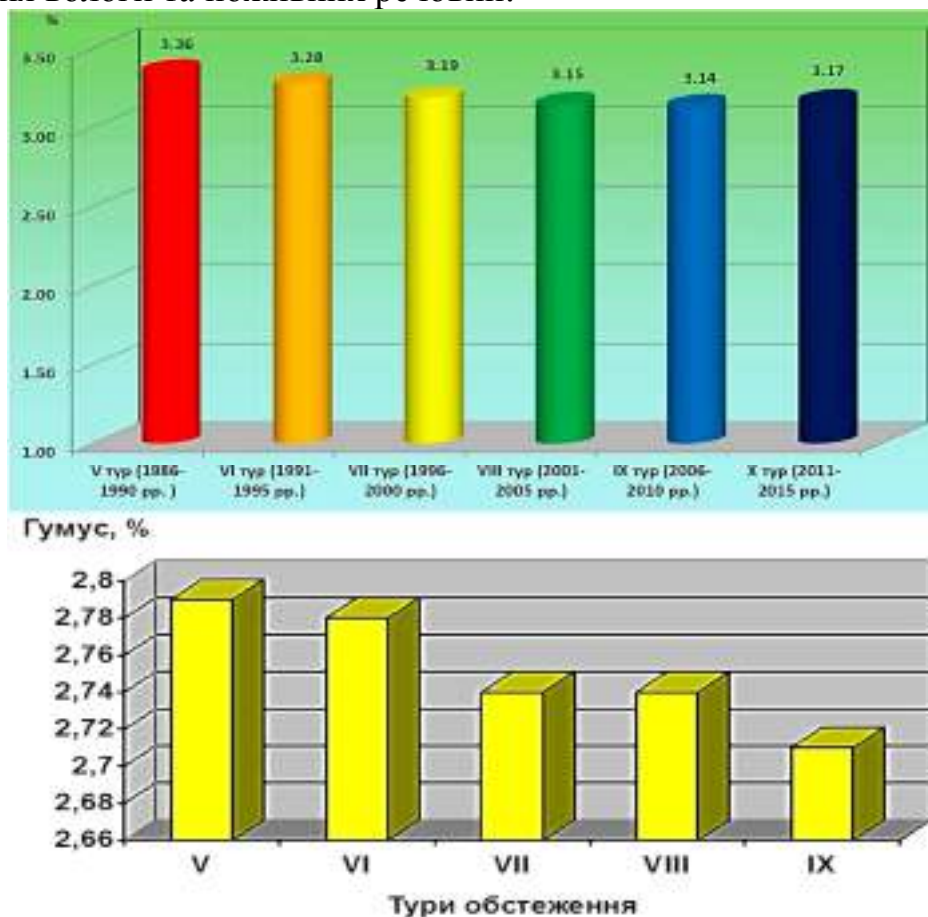


Рис. 6.31. Динаміка вмісту гумусу в ґрунтах України за турами агрохімічного обстеження (зліва) та на Вінниччині (справа).

В інтенсивних сівозмінах значення гумусу як регулятора родючості ґрунту значно зростає. Гумус, як основа біогенності ґрунту, його фізико-хімічної і біологічної ємності та буферності, значною мірою зумовлює

трансформаційні можливості ґрунту, тобто здатність найефективніше сприймати, акумулювати внесені з добривами елементи живлення і рівномірно забезпечувати ними рослини, вирівнювати концентрацію і забезпечувати швидку утилізацію пестицидів та інших хімічних препаратів, а також пом'якшувати дію екстремальних погодних умов. Такі особливості гумусу сприяють підвищенню ефективності удобрення, хімічного захисту рослин та інших агрозаходів. Слід зазначити, що існує пряма залежність між органічною речовиною, енергією ґрунту та врожаєм. Американські вчені Александер Л. Т. і Мідлтон Х. Е. (1955) так визначили роль органічних речовин: «... Вміст органічних речовин у ґрунті є показником його стану й фізичних властивостей так само, як температура тіла є показником стану хворого». У природних фітоценозах процеси синтезу органічної речовини ґрунту завжди переважають над розкладом, відбувається нагромадження гумусу. Найбільше його містять чорноземи типові, де загальні запаси досягають 400-700 т/га. На північ і на південь від зони їх поширення запаси гумусу в ґрунтах зменшуються до 350-400 т/га у звичайних, 270-300 в чорноземах південних, 200 в каштанових ґрунтах і відповідно 300, 100-150 і 50 т/га в темно-сірих, сірих лісових та дерново-підзолистих ґрунтах (табл. 6.10, рис. 6.32-6.33). Найкращі ґрунти зосереджені в Харківській, Кіровоградській, Донецькій, Дніпропетровській і Луганській областях.

Таблиця 6.10

Вміст та запаси гумусу в ґрунтах різних типів зон Полісся і Лісостепу

Тип ґрунту, гранулометричний склад	Вміст, відсоток	Запаси, т/га
<b>Дерново-підзолисті:</b>		
піщані	0,6 – 1,0	18,6 – 31,0
глинисто-піщані	1,0 – 1,5	30,0 – 45,0
легкосуглинкові	1,5 – 1,7	45,0 – 51,0
<b>Сірі і світло-сірі лісові:</b>		
супіщані	1,2 – 1,6	36,0 – 48,0
легкосуглинкові	1,6 – 2,3	44,8 – 64,4
середньосуглинкові	1,8 – 2,5	48,6 – 67,5
важкосуглинкові	2,3 – 2,4	57,5 – 60,0
<b>Темно-сірі лісові:</b>		
легкосуглинкові	2,0 – 3,4	56,0 – 95,2
середньосуглинкові	2,6 – 3,4	70,2 – 91,8
важкосуглинкові	3,0 – 3,6	75,0 – 90,0
<b>Чорноземи опідзолені:</b>		
легкосуглинкові	2,6 – 3,7	72,8 – 106,6
середньосуглинкові	3,1 – 4,9	83,7 – 132,3
важкосуглинкові	3,2 – 4,5	80,0 – 112,5
<b>Чорноземи типові:</b>		
легкосуглинкові	3,0 – 3,9	75,0 – 97,5
середньосуглинкові	3,9 – 4,9	93,6 – 117,6
важкосуглинкові	4,7 – 6,0	117,5 – 150,0

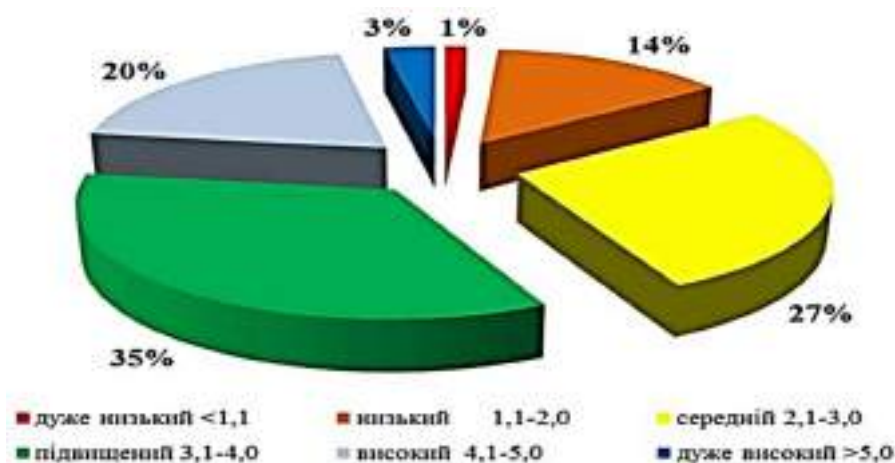


Рис. 6.32. Групування ґрунтів України за вмістом гумусу станом на 01.01.2019 р.



Рис. 6.33. Національна карта запасів ґрунтового органічного вуглецю.

Проблема дефіциту органічної речовини виникає після залучення ґрунтів у сільськогосподарське виробництво (рис 6.34, табл. 6.11). **Основні причини цього такі:**

– відчуження значної частини фітомаси врожаю вирощуваних культур, внаслідок чого знижується рівень гуміфікації (за сучасної структури посівних

площ з основною і побічною продукцією. З поля виноситься 65-70 % створюваної культурами сівозміни органічної маси);

- посилення процесів мінералізації і збільшення інших втрат органічної речовини (вимивання, ерозія та ін.) через розпушування ґрунту;

- тривалий період, коли поверхня поля залишається без рослинного покриву. Концентрація посівів просапних культур у зв'язку з біологічними особливостями і технологією вирощування негативно впливає на колообіг органічних речовин, що призводить до порушення рівноваги процесів синтезу і розкладу в бік посилення останнього.

Встановлено, що за збільшення на 10 % частки просапних культур у сівозміні щорічні втрати гумусу зростають на 0,2-0,4 т/га. Втрати органічної речовини особливо збільшуються у ґрунтах з промивним режимом і активними процесами розкладу або вимивання, таких як дерново-підзолисті, сірі лісові, бурі, опідзолені та ін.

З початком сільськогосподарського використання ґрунтів динамічна рівновага (гуміфікація-мінералізація) порушується у бік підсилення мінералізації, спостерігається зниження вмісту гумусу. Основними причинами цього явища є:

- різке скорочення надходження рослинних решток у ґрунт;

- зміна їх якісного складу, – підсилення мікробіологічної діяльності – перемішування поверхневого шару ґрунту з менш гумусованими нижніми шарами;

- за недостатньої кількості свіжої органічної речовини в ґрунті гетеротрофна мікрофлора в процесі життєдіяльності починає використовувати гумус як джерело енергії, що спричиняє дегуміфікацію ґрунту. Цей процес триває доти, поки не сформується мікробіологічний комплекс, що відповідає новим ґрунтовим умовам. Після цього між процесами гуміфікації і мінералізації знову настає динамічна рівновага, гумусний стан ґрунту стабілізується на новому, нижчому рівні. Зазначимо, що точна тривалість часу, необхідна для стабілізації, не встановлена. Найбільш різкі зміни вмісту гумусу відбуваються в перші роки після розорювання цілини в орному шарі. Надалі зменшення запасів гумусу стає помітним по всьому профілю.

До розорювання цілинних земель вміст гумусу у верхньому шарі чорноземів типових Лівобережного Лісостепу України становив 10-11 %. Нині залишилось його третина або дещо більше. Свого часу В. В. Докучаєв (1883) називав чорнозем «царем ґрунтів», «вічним багатством руського народу, дорожчим від будь-якої корисної копалини», а «родючий чорнозем» «дорожчим від золота». Урожаї на чорноземах, які спочатку дивували уяву, з роками почали падати, траплялися й біди – повні неврожаї. Чорнозем виявився вередливішим, ніж думали, і підносив «сюрприз за сюрпризом».

За останні десятиріччя в багатьох країнах світу вміст і запаси гумусу в орних ґрунтах зменшились на 15-25 %, а в деяких випадках – на 50 % попереднього вмісту. Абсолютне зниження вмісту гумусу в ґрунті за 20-50 років його сільськогосподарського використання становило у середньому від 0,6 (дерново-підзолисті ґрунти) до 3,6 % (чорноземи типові), тобто 18-36 % початкового вмісту. За період від 1882 до 2018 р. середньозважений вміст гумусу зменшився на Поліссі від 2,44 до 2,24%, в Лісостепу – від 4,51 до 3,19, у Степу – від 4,17 до 3,14%. Згідно з узагальненими даними тривалих дослідів після розорювання цілини і багаторічного перелогу незалежно від

системи удобрення культур у зернопросапних сівозмінах загальний вміст гумусу в орному шарі ґрунтів зменшується на 20-25%.



Рис. 6.34. Динаміка балансу гумусу в ґрунтах України в 2007-2017 роках, т/га (за даними філій ДУ "Держґрунтохорона").

Таблиця 6.11

Прогноз можливого балансу гумусу в ґрунтах України (за С.А. Балюком)

Показник	Кількість
Прогноз надходження органічної речовини	
Загальна посівна площа у сільськогосподарських підприємствах, тис. га	18962,4
Виробництво органічних добрив у сільськогосподарських підприємствах (статистичні дані), тис. т	38800,00
Прогнозне внесення органічних добрив на 1 га, т	2,0
Вихід нетоварної частини врожаю, тис. т	101538,00
Прогнозне внесення на 1 га посівної площі, т: нетоварної частини врожаю	5,4
сапропелю	2,4
торфу	0,02
Сумарний вихід органічної сировини, тис. т	186628,00
Сумарне прогнозне можливе внесення органічних добрив на 1 га посівної площі, т	9,8
Прогноз можливого балансу гумусу в ґрунтах України	
Фактичний баланс гумусу за внесення 0,4-0,5 т/га	- 1,22
Баланс гумусу, т/га: за пріорювання усієї нетоварної частини врожаю	- 0,14
за пріорювання усієї нетоварної частини врожаю та внесення органічних добрив	0,17
за внесення усієї органічної сировини (гною, посліду, нетоварної продукції рослинництва, сапропелю, торфу)	0,65

**В Україні дегуміфікацією охоплено 39 млн га сільськогосподарських угідь** (табл. 6.12, рис. 6.35). Так от, за останні 20 років у середньому по

Україні вміст гумусу зменшився на 0,22% в абсолютних величинах і нині становить 3,14%. За нашими обчисленнями, 20-річні втрати гумусу в грошовому еквіваленті становлять понад 450 млрд гривень. Значно зменшилися площі ґрунтів із високим і дуже високим вмістом гумусу, вони перейшли в нижчу градацію – із підвищеним вмістом. На сьогодні така площа становить 22 % від обстеженої. Зокрема, за останні 130 років втрати гумусу в ґрунтах Лісостепу досягли 22%, у Степу – 19,5%, на Поліссі – близько 19% від початкової їхньої кількості. При цьому слід зауважити, що ґрунт без органіки виснажується, знижуються врожаї. Так, втрата 0,1% гумусу в ґрунті знижує врожайність зерна на 0,5 центнера з гектара.

Основним джерелом нагромадження органічних речовин у ґрунті, який обробляється, є культура польових рослин, їх кореневі та післязбиральні рештки. Отже, сільськогосподарські культури, як і взагалі рослини, є не лише «споживачами», а й активними «творцями» ґрунтової родючості. Сільськогосподарські культури за їх здатністю нагромаджувати рослинні рештки можна поділити на такі основні групи:

- багаторічні трави (бобові, злакові та їх сумішки), що нагромаджують найбільше кореневих і післязбиральних решток – 50-80 ц/га і більше сухої маси, що в 1,3-1,5 рази більше сформованого врожаю;

- озимі жито й пшениця, які залишають рослинних решток 40-50 ц/га, що дорівнює врожаю або дещо менше його;

- ярі культури, які нагромаджують порівняно мало решток – 20-40 ц/га і менше;

- просапні – кукурудза, картопля й коренеплідні культури, а також льон – 5-50 % маси рослин, яка відчужується з урожаєм.

Слід зазначити, що рослинні рештки містять багато елементів живлення, які використовують наступні культури сівозміни, тому облік їх маси і наявності в них поживних речовин має важливе значення для вирішення багатьох інших теоретичних і практичних питань: розробка систем удобрення, сівозмін та ін.

Нагромадження рослинних решток у ґрунтах зумовлюється конкретним складом, розміщенням та співвідношенням культур у сівозміні. Змінюючи співвідношення площі під різними культурами сівозміни, можна певною мірою регулювати надходження органічної речовини в ґрунт з рослинними рештками. Безперервне вирощування просапних культур без внесення органічних добрив неминуче призводить до зменшення природних запасів ґрунтового гумусу, тоді як беззмінна культура багаторічних трав сприяє нагромадженню органічної речовини і поповнює нестачу розчинних мінеральних сполук поживних елементів.

Позитивний вплив сільськогосподарських культур на родючість ґрунту визначається не тільки кількістю, а й якістю рослинних решток. Якісно кореневі рештки біологічно більш цінні, ніж стеблові, особливо багаторічних бобових трав.



Поширення деградації ґрунтів в Україні (за В.В. Медведєвим, Т.Н. Лактіоною, Н.М. Бреус)

Тип деградації	Ступінь деградації, % від загальної площі			
	легкий	середній	сильний	всього
Втрата гумусу і поживних речовин	12	30	1	43
Переуцільнення	10	28	1	39
Замулення і кіркоутворення	12	25	1	38
Площинна водна ерозія	3	13	1	17
Водна ерозія, утворення ярів	0	1	2	3
Побічна дія водної ерозії (замулення водоймищ та ін.)	1	1	1	3
Підкислення	5	9	0	14
Заболочування	6	6	2	14
Забруднення радіонуклідами	5	6	0,1	11,1
Вітрова ерозія, втрати верхнього шару ґрунту	1	9	1	11
Забруднення пестицидами та іншими органічними речовинами	2	7	0,3	9,3
Забруднення важкими металами	0,5	7	0,5	8
Засолення, підлугування	1	3	0,1	4,1
Зниження рівня земної поверхні	0,05	0,15	0,15	0,35
Деформація земної поверхні вітром	0,04	0,23	0,08	0,35
Аридизація ґрунту	0,04	0,18	0	0,21

Надходження з рослинними рештками бобових трав великої кількості багатого азотом свіжого органічного матеріалу забезпечує підвищення біологічного потенціалу ґрунту, посилює в ньому процеси перетворення органічної речовини і формування гумусу, тому типові десятипільні сівозміни з 20 % і більше бобових трав у багатьох випадках забезпечують стабілізацію запасів гумусу в ґрунті.

За даними В.І. Матвєєвої (1977), розміри щорічної мінералізації гумусу в орному шарі дерново-підзолистих ґрунтів становлять, т/га: під зерновими і льоном – 0,7-0,9; картоплею – 1,3-1,5; цукровими буряками, кормовими коренеплодами та овочевими культурами – 1,5-1,7; кукурудзою на силос – 1,2-1,3; однорічними травами на сіно – 0,6-0,8 і силосними – 0,5-0,7.

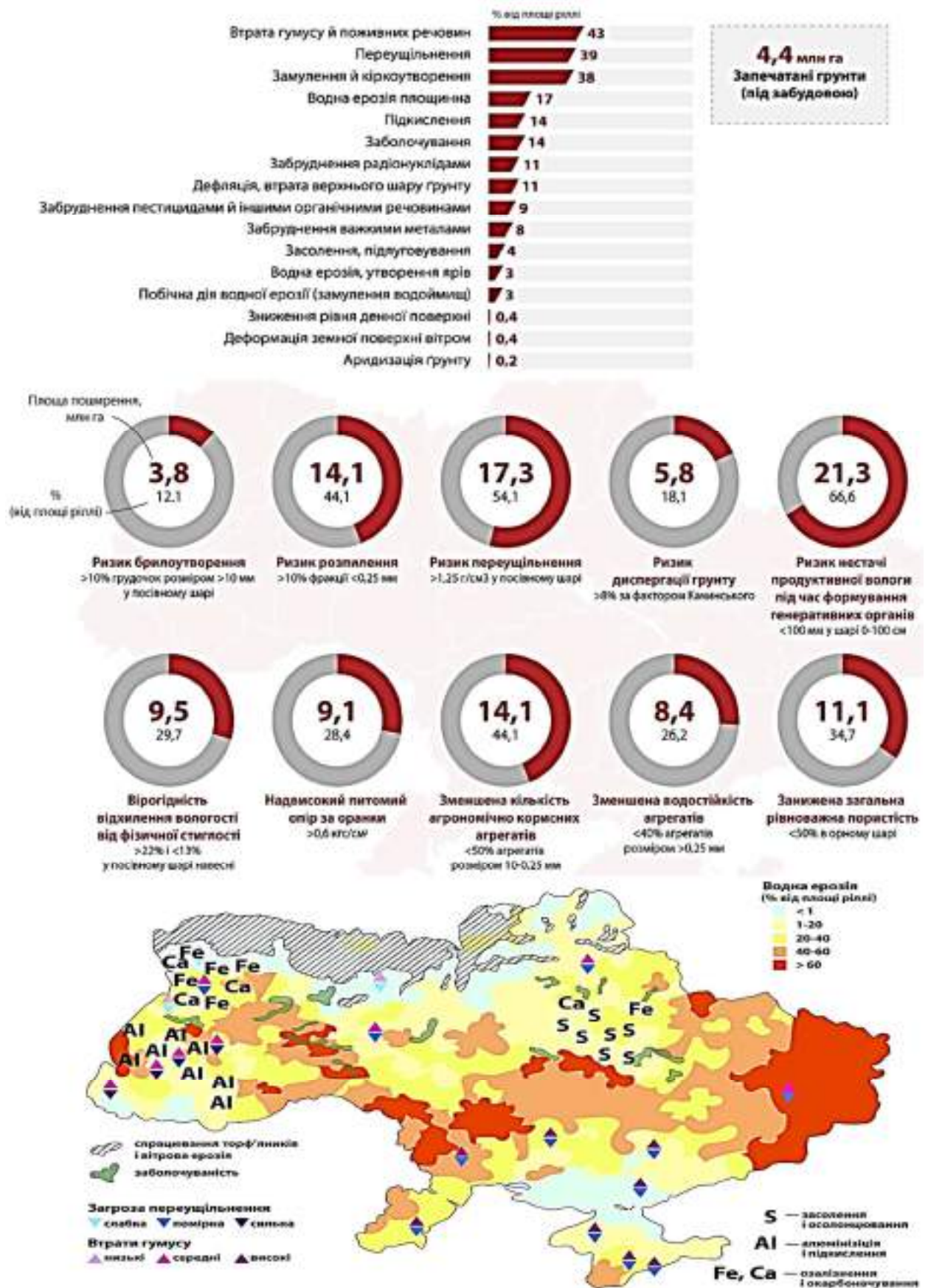


Рис. 6.35. Площі поширення деградаційних явищ, їхнього ризику та негативних проявів властивостей орних ґрунтів України.

Орієнтовні параметри середньорічних втрат гумусу на чорноземах під просапними – 1,5-2,0 і у чорному парі – 2,0-2,5 т/га. З урахуванням того, що деякі польові культури після збирання можуть залишати значну кількість органічної маси в ґрунті, необхідно впроваджувати такі сівозміни, в яких завдяки корневим та наземним решткам досягається рівновага між процесами новоутворення гумусу та його мінералізації.

Послідовне збільшення у структурі сівозмін частки високоінтенсивних просапних культур (цукрових буряків, кукурудзи) за одночасного зменшення або повного виключення бобових трав призводить до збільшення мінералізації гумусу та зростання його дефіциту до рівня 0,7-1 т/га за рік. За такого стану гумусового балансу стає найнижчою продуктивність чорноземів – урожайність озимої пшениці не перевищує 25 ц/га, цукрових буряків – 200-250, кукурудзи – 15-25 ц/га. У таких сівозмінах різко зростають витрати на покриття дефіциту гумусу й азоту в ґрунті за рахунок добрив. Зокрема, для забезпечення рівня продуктивності культур, що відповідає сівозмінам з бобовими травами, тут слід вносити на 1 га ріллі не менше 10 т гною у поєднанні з високими, на рівні 90-100 кг/га діючої речовини, нормами мінеральних добрив.

**Значення органічних добрив для підвищення бездефіцитного балансу гумусу.** Внесення органічних добрив усіх видів, структура посівних площ у сівозміні, що враховує відтворення гумусу, і всі заходи, спрямовані на бережливе ставлення до ґрунтового гумусу та скорочення його непродуктивних втрат, – обов'язкові умови розширеного відтворення ґрунтової родючості і постійного підвищення продуктивності ріллі.

Для поповнення кількості гумусу рослинних решток навіть у разі нагромадження їх до 4-5 т/га звичайно не вистачає. Внаслідок гуміфікації рослинних решток поповнення гумусу в ґрунті становитиме в кращому випадку лише 0,6 т/га. Таким чином, близько 0,4 т/га гумусу необхідно поповнювати за рахунок внесення органічних добрив. Для поповнення цієї кількості гумусу і підвищення родючості ґрунту необхідно вносити на 1 га площі сівозміни не менше як 9-10 т органічних добрив.

У сівозмінах з більшим насиченням просапними культурами, особливо на легких піщаних і супіщаних ґрунтах, а також враховуючи втрати внаслідок ерозії ґрунту, норму внесення органічних добрив доцільно збільшувати. Свого часу систематичне застосування високих доз мінеральних добрив та інтенсивних технологій механічного обробітку стало причиною утворення у поверхневому шарі ґрунту високої концентрації поживних речовин, значного підвищення вмісту іонів водню та істотного зниження вмісту кальцію і магнію у вбирному комплексі чорнозему. За таких умов в багатьох випадках змінився притаманний чорноземам гуматний тип гуміфікації – він став гуматно-фульватним, за якого сформувався акумулятивно неповнорозвинений гумусовий профіль з ознаками

деструктивного процесу гумусоутворення. Із втрачанням зі складу гумусу чорноземів гуматів кальцію спостерігається зниження вмісту у поверхневому шарі ґрунту агрономічно цінної структури, її водотривкості, збільшується здатність ґрунту до запливання і кіркоутворення. Високе насичення сівозмін кукурудзою та цукровими буряками створює труднощі у підтримці зрівноваженого балансу азоту й гумусу, ускладнює водний режим ґрунту.

**Основою регулювання вмісту органічної речовини, гумусу, азоту в ґрунті є** насамперед дотримання сівозмін з оптимальним співвідношенням зернових, просапних культур, багаторічних бобових трав і внесенням добрив. У разі, коли оптимальне співвідношення культур у сівозмінах порушується і збільшується частка культур, що створюють напружений баланс гумусу та азоту, основним фактором їх стабілізації стає внесення добрив, передусім органічних. Межі оптимального вмісту гумусу для того чи іншого типу ґрунту визначаються, перш за все, його гранулометричним складом – чим більше колоїдальна частина ґрунту, тим вищий буде рівень гумусу. Так, природний рівень у дерново-підзолистих піщаних ґрунтах не перевищує 0,5-0,6 %, супіщаних – 1-1,2, темно-сірих і сірих лісових ґрунтах – 2,7, чорноземах південних – 3,7, а в чорноземах типових – 5,3 і звичайних – 6,2 % (Дегодюк Е. Г., Бацула О. О., 1992).

Звичайний стан, до якого слід прагнути, – це збереження вмісту гумусу або його нарощування на 10-15 %, що забезпечує реально існуюча система удобрення в сівозміні. Як свідчить 55-річний досвід Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла УААН, за систематичного внесення добрив збільшення вмісту гумусу в ґрунті відбувалося в перші 10-15 років, потім протягом 40 років кількість його майже не змінювалася.

На величину гуміфікації істотний вплив справляє поєднання органічних і мінеральних добрив. Під час внесення рослинних решток і мінеральних добрив у нормах, за яких співвідношення С:N перебуває в межах 20-25 (як у перепрілому гної), коефіцієнт гуміфікації органічних речовин сягає 25-30 %, що в 3-4 рази більше, ніж за гуміфікації одних рослинних решток. Показник С:N необхідно враховувати за складання систем удобрення як окремих культур, так і сівозмін. На величину гуміфікації органічних добрив істотно впливає норма їх внесення у ґрунт. Зі збільшенням норм внесення проти рекомендованих посилюється мінералізація органічної речовини за одночасного зниження інтенсивності гумусоутворення. Таким чином, основою регулювання інтенсивності колообігу речовин у землеробстві є агротехнічні заходи, спрямовані на збільшення надходження в ґрунт органічних речовин у вигляді кореневих і наземних решток та внесення органічних добрив з одночасним створенням найсприятливіших умов для їх гуміфікації.

**У підсумку базові напрямки запобігання зниженню вмісту органічної речовини у ґрунтах:**

1. Зміна погляду на ґрунт. Це не субстрат, який можна просто використовувати «без віддачі», це живе середовище зі своїми законами розвитку та існування.

2. Використання безплужної системи обробітку ґрунту. Потрібно переходити на мінімальний обробіток. При традиційних методах ми втрачаємо вологу, а значить і врожай. Мінімальний обробіток допомагає зберігати вологу.

3. Планування сівозмін на 5-7 років вперед з обов'язковим включенням 30% бобових трав. Планування сівозмін на такий досить тривалий період може бути непростим завданням, адже є певні потреби ринку, які аграрії хочуть відслідковувати та враховувати. Проте потрібно вчитися працювати саме з довгостроковим плануванням щоб отримувати хороші врожаї. Потрібна реконструкція сівозмін у напрямі збільшення частки культур суцільної сівби та багаторічних трав, скорочення посівів соняшнику та кукурудзи.

4. Внесення гноєвих компостів. Зараз тваринництво значно скоротилося, тому з внесенням у ґрунти достатньої кількості органічних добрив виникають проблеми. Проте внесення компостів потрібно зробити обов'язковим етапом аграрного виробництва. Технологія приготування компостів при цьому великого значення не має.

5. Робота з рослинними рештками. Це корисно не лише для ґрунту, але й для самого сільгоспвиробництва. Для луцення стерні слід використовувати деструктори, також необхідно застосовувати азотфіксуючі бактерії. Загалом, тієї кількості рослинних решток, що залишається на полі, недостатньо для бездефіцитного балансу гумусу. Але рештки можуть і не затриматися на полях. Одна із основних причин – відчуження нетоварної частини врожаю з поля. В найкращому випадку ці рештки повернуться на поля у вигляді органічних добрив. Насправді ж використання соломи в більш економічно привабливих цілях можливе за умови компенсації відчуженої «органіки». Ефект від **заробки пожнивних решток** можна отримати, регулюючи співвідношення C:N. Так, для кукурудзи C:N коливається у діапазоні від 40 до 70:1, для зернових – від 60 до 80:1, а для бобових культур – від 20 до 40:1. Рослинні рештки бобових сприяють більш швидкому накопиченню органічної речовини. Для інших культур необхідне додаткове внесення азотних добрив для зміщення C:N до більш оптимальних показників. Якщо цього не зробити, мікробіота для процесів мінералізації використає доступні форми азоту, що негативно позначиться на умовах росту та розвитку культури.

6. Застосування сидератів та багаторічних трав. Без сидерації на деяких ґрунтах сьогодні взагалі неможливо отримати хороший урожай. Використовувати сидерацію слід як мінімум один раз на 5 років.

7. Зміна підходів до систем обробітку ґрунту: оранка асоціюється із високими врожайми. Будь-який обробіток активізує розкладання органічних речовин. Щоразу, коли ґрунт обробляється, він контактує з повітрям. Кисень стимулює або пришвидшує дію мікробів ґрунту, які живляться органічними речовинами. Найбільші втрати органічної речовини спостерігаються саме при оранці. Внаслідок такого способу обробітку утворюється менш стійкий гумус та відбувається більший викид  $\text{CO}_2$  в атмосферу. В Україні активно пропагується мінімізація обробітку. Але першочерговою причиною часткової або повної відмови від оранки є не втрати органіки. По-перше, аграрії усвідомили негативний вплив плужної підшви на ріст і розвиток культур. По-друге, звернули увагу на високі затрати паливно-мастильних матеріалів. По-третє, виникла необхідність у економному використанні вологи. Ґрунтозахисний обробіток позитивно впливає на водний режим ґрунту, у тому числі й за рахунок позитивного впливу на баланс органічної речовини. Як відомо, органіка має властивості губки: вона може утримувати до 90% вологи від загальної маси.

8. Робота з ґрунтами у комплексі, врахування усіх шарів ґрунту при проведенні агротехнічних заходів. Працювати з усіма шарами ґрунту: не лише поверхневими 5 см, але й шаром 15 см, що накопичує капілярну вологу, і шаром 40 см, який повинен вбирати вологу з поверхневих шарів.

9. Оптимізація сучасних систем удобрення сільськогосподарських культур. Органо-мінеральна система удобрення – оптимальна для посилення процесів гумусоутворення та гумусонакопичення, проте недостатня для досягнення рівня природної екосистеми за кругообігом вуглецю. Мінеральна система удобрення формує більш напружений баланс гумусу, але може забезпечити бездефіцитний рівень за високої врожайності та заорювання рослинних решток. При плануванні науково обґрунтованої системи удобрення слід враховувати вплив форми та виду добрив, обробітку та сівозміни на баланс органічної речовини ґрунту. Слід використовувати як органічні добрива післяжнивні рештки і соломку зернових і зернобобових культур, усіх видів вуглецевмісної сировини (гній, послід, торф, сапропель та ін.). Особливий негатив здійснюють необґрунтовано високі норми мінеральних добрив. Катіони та аніони, що входять до їх складу, по-різному впливають на органічну речовину. Науковці встановили, що одновалентні катіони ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) мають пептизуючу дію на органіку. Іншими словами, відбувається руйнування цінної структури та погіршуються властивості ґрунту. Щоб зрозуміти наслідки негативного впливу, достатньо згадати про насичення ґрунту іонами натрію при процесах осолонцювання. Найбільш негативно на органічну речовину впливають **лужні та гідролітично лужні добрива**. На рис. 6.36 зображено результат від обробки наважки ґрунту розчинами мінеральних добрив. Темніше забарвлення фільтрату свідчить про вилучення органічних колоїдів. Як і очікувалося, більшість добрив, які містять у своєму складі амоній, посприяли потемнінню фільтрату. Розчин

хлористого калію не мав пептизуючої дії. За результатами досліджень науковців, інші сполуки калію, зокрема, сульфат та карбонат, вилучають органічні колоїди.

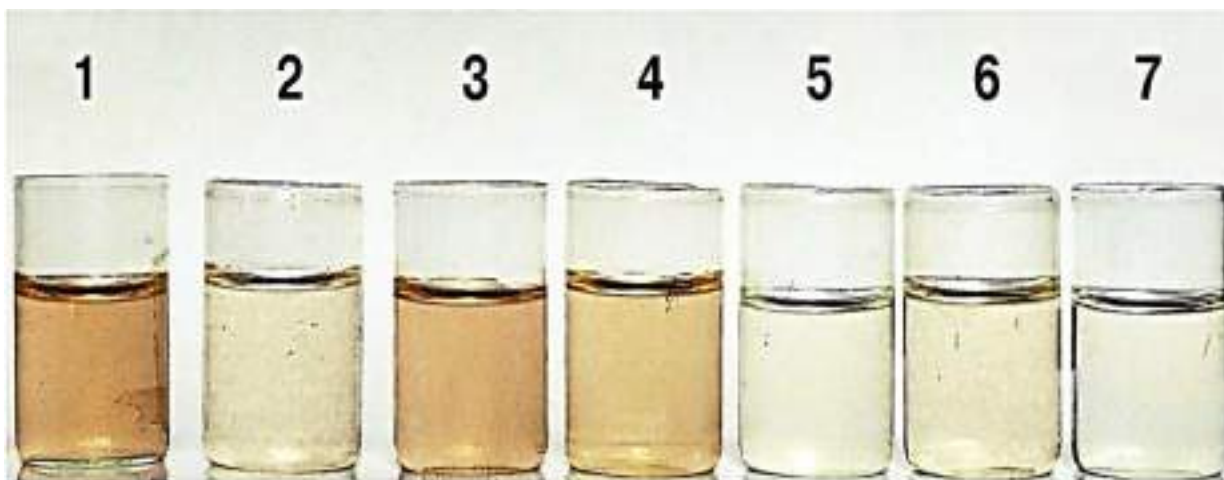


Рис. 6.36. Фільтрат після взаємодії наважки чорнозему типового із розчинами добрив: 1 – аміачна селітра, 2 – КАС, 3 – карбамід, 4 – амофос, 5 – калій хлористий, 6 – гранульоване вапно, 7 – сульфат магнію (за В.І. Філон, 2009).

10. Проведення повторних картографічних обстежень ґрунтів на нових методологічних і методичних принципах з використанням дистанційних методів і географічних інформаційних систем-технологій.

11. Використання ґрунтових ресурсів України повинно здійснюватись на принципах розширеного відтворення ефективної родючості ґрунтів. Такий підхід забезпечить зростання добробуту населення нині, створить усі можливості передати у спадок нашим дітям і внукам непорівнянні з жодними іншими ґрунтами найродючіші чорноземи, а не пустелю.

Окремо слід сказати про таку проблему, як спалювання пожнивних решток (соломи), що досі існує на вітчизняних полях. Насправді це спалювання грошей. Це втрати азоту, яким міг би збагачуватися ґрунт – у 1 т соломи міститься до 80 кг азоту. Крім того, спалювання зупиняє процеси в ґрунті, на 2-3 см знищується вся біота (табл 6.13, рис. 6.37). Це значні втрати, яких можна уникнути, припинивши спалювання пожнивних решток.

За умови збору зерна на рівні 40 млн. тонн у країні виробляється 40-45 млн. тонн соломи, з яких близько 20 млн. тонн можна використати як органічні добрива. За середніх врожаїв зернових на один гектар посівів у ґрунт повертатиметься 15-20 кілограмів азоту, 8-10 – фосфору і 30-40 – калію, а також ціла низка мікроелементів. Ураховуючи площу лише озимих культур (близько 7 млн. гектарів) – це економія понад 100 тис. тонн азотних, 70 тис. тонн фосфорних та 250 тис. тонн калійних добрив щорічно.

Науково обґрунтоване застосування соломи як органічного добрива позитивно впливає на гумусний стан ґрунтів. За гумусним еквівалентом 37

центнерів соломи відповідають 100 центнерам підстилкового гною, або 270 центнерам зеленого добрива. Підраховано, що з 50 ц/га сухої речовини соломи у ґрунт потрапляє 5 ц/га органічної речовини, з поживними рештками – 10 ц/га, з масою коренів – 4 ц/га. З метою прискорення гуміфікації на кожну тону соломи вносять додатково 8-10 кілограмів азоту.

Більшість господарств, які вдаються до спалювання соломи, виправдовуються тим, що заорювання стерні та соломи є трудомістким і, до того ж, дорогим агрозаходом. Спалювання – це акт безгосподарності і свідомого розтрачання корисної енергії, наданої природою.

Установлено, що солома вигорає на квадратному метрі за 30-40 секунд, при цьому температура на поверхні досягає 360 градусів за Цельсієм, на глибині 5 сантиметрів – близько 50 градусів. Вигорання гумусу зазначено в шарі 0-10 сантиметрів. Водночас погіршуються водно-фізичні властивості ґрунту, знижується його біологічна активність. Під час згорання 40-50 центнерів соломи і стерні з кожного гектара втрачається 20-25 кілограмів азоту і 1500-1700 – вуглецю.

Слід зазначити, що, по-перше, перетворюючись на попіл, згорають напіврозкладені органічні рештки. По-друге, за температури вище 100 °С спалюється гумус, особливо коли солома лежить у валках або копицях. При цьому відбувається безповоротна втрата органічного вуглецю і азоту. По-третє, гинуть корисні мікроорганізми, водорості, мезофауна, особливо дощові черв'яки та інша біота ґрунту, яка відіграє важливу роль в утворенні органічної речовини, формуванні структури ґрунту. Знищуються також корисні комахи і птахи. Основне багатство ґрунту – гумус має при цьому тенденцію до зменшення і ґрунт втрачає родючість.

Таблиця 6.13.

Результати визначення вмісту гумусу та актуальної кислотності у відібраних пробах ґрунту

№ відбору проби	Глибина відбору проби, см	Інтенсивність спалювання сухої трави	Вміст гумусу, %		рН <sup>1</sup>	рН <sup>2</sup>
			до спалювання	після спалювання		
1	10	щороку	2,3	1,8	6,5	7,6
2	10	щороку	1,8	1,5	6,5	7,4
3	10	щороку	2,1	1,4	6,7	7,3
4	10	щороку	2,2	1,8	6,8	7,7
5	10	щороку	2,1	2,0	6,7	7,9
«б»	10	трава не спалювалася	2,2		6,7	6,8

Примітка: рН – значення актуальної кислотності до спалювання; рН – після спалювання; «б» – контрольна точка пробовідбору, де не проводилося спалювання.



Таблиця 6.14

Вплив спалювання соломи на чисельність еколого-трофічних груп мікроорганізмів чорнозему опідзоленого

Умови досліджень	Шар ґрунту, см	Мікроорганізми, що засвоюють органічний азот	Мікроорганізми, що засвоюють мінеральний азот	Актиноміцети	Мікроміцети	Оліготрофні мікроорганізми
До спалювання	0-5	12,8	25,7	5,2	54,0	29,8
Після спалювання	0-5	10,1	22,1	4,0	32,0	27,1
НІР		1,7	2,6	0,8	16,5	1,8

При спалюванні стерні та соломи у нормі 2 т/га у безвітряну погоду в зоні Лісостепу на ґрунті, який містить 4 % гумусу, втрати гумусу становлять 800 кг/га, а ґрунт втрачає стійкість до ерозійних процесів (6.36).

При спалюванні стерні озимої пшениці на одному гектарі знищується така кількість органічної речовини, яку можна компенсувати лише внесенням 40 т/га гною. При спалюванні 40-50 ц стерні і соломи з гектара втрачається до 20-25 кг азоту і 1500-1700 кг вуглецю, різко погіршуються водно-фізичні властивості ґрунту. Це негативно впливає на родючість ґрунту, оскільки на утворення 1 см його родючого шару необхідно близько 100 років.

**Сучасні агрономи НЕ ПАЛЯТЬ стерню!**

**N** втрата азоту на 1 га зернових від **20** кг

**C** втрата вуглецю до **3000** кг/га

1 т соломи еквівалент **5** т гною

гумус вигорас на глибину до **5** см

зневоднення на глибині до **10** см

корисної мікрофлори менше у **300-700** р

**БУДЬ СУЧАСНИМ АГРОНОМОМ!**

Дбай про ґрунт, турбуйся про безпеку - це твоя земля!

Agri Lab

Рис. 6.36. Негативні наслідки від спалювання соломи по відношенню до ґрунтів.

При згоранні соломи, стерні і/чи листя у повітря потрапляють сполуки важких металів, чадний газ, низка канцерогенних сполук. Особливо небезпечний дим маленьким дітям, людям хворим на бронхіти, астму, риніти, тонзиліти.

При спалюванні соломи та стерні повністю гине мікрофлора, яка формує найбільш родючий шар ґрунту (0,2-5 см поверхні). Після спалювання різко погіршуються водно-фізичні властивості ґрунту. Слід зауважити, що смертельною для всіх організмів, що формують ґрунт, є температура 40 °С, а при спалюванні соломи, стерні, листя температура сягає 340-360 °С. Це, безумовно, позначається на родючості, а отже, і на наступному врожаї сільськогосподарських культур. Для відновлення продуктивності ґрунту після подібного заходу потрібен не один рік.

Використання соломи ярих і озимих зернових культур та рослинних решток інших культур як органічних добрив є одним із вагомих і найдешевших резервів підвищення родючості ґрунтів. Солома містить лише 15 % води і на 85 % складається із органічної речовини, вона дуже цінна для підвищення потенційної родючості ґрунту і є важливим резервом збільшення органіки в ґрунті. У складі органічної речовини соломи є всі потрібні для рослин макро- та мікроелементи. За вмістом органічної речовини 1 т соломи прирівнюється до 3-4 т підстилкового гною і синтезує 160-180 кг гумусу.

За рахунок використання соломи та рослинних решток на кожному гектарі в ґрунт повертається 15-20 кг азоту, 8-10 кг фосфору і 30-40 кг калію. Використовуючи 17-20 млн т соломи, як органічного добрива, можна щороку заощаджувати понад 100 тис т азоту, 70 тис т фосфору і 250 тис т калію.

Існує декілька технологій щодо застосування соломи й інших рослинних решток на органічні добрива: це – використання їх на підстилку, компостування, заробка в ґрунт із внесенням азотних добрив та ін.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які є джерела надходження органічної речовини в ґрунт?
2. Назвіть специфічні та неспецифічні органічні речовини ґрунту.
3. Охарактеризуйте перетворення органічної речовини в ґрунті.
4. Охарактеризуйте загальну схему утворення гумусу.
5. Назвіть гумусні речовини, їх склад.
6. В чому полягає різниця між гуміновими та фульвокислотами?
7. Чим відрізняються гумати одно- і двовалентних катіонів?
8. В яких ґрунтах переважають гумінові, а в яких фульвокислоти?
9. При проходженні яких процесів ґрунтоутворення утворюються гумінові чи фульвокислоти?
10. Що таке гумус?
11. Які морфологічні ознаки ґрунту обумовлюються вмістом гумусу в ґрунті.
12. На які властивості ґрунту впливає вміст в ньому гумусу?
13. Що є основним джерелом утворення гумусу?
14. За якими показниками характеризуються гумусний стан ґрунту?

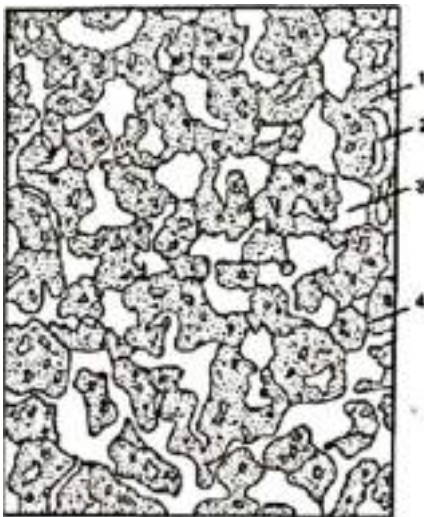
# РОЗДІЛ 7. ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ВБИРНОГО ТА ОКИСНО-ВІДНОВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ҐРУНТУ. РЕАКЦІЯ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА

## 7.1. Обмінні процеси в ґрунтах. Вбирна здатність ґрунтів

Однією з головних властивостей ґрунту є його поглинальна (вбирна) здатність. Наукове вивчення вбирної здатності розпочалося ще в ХІХ ст. трудами англійського вченого Д. Уея і голландського дослідника Ван-Беммелена. Найбільш суттєвий вклад у вивченні поглинальної здатності ґрунту належить видатному російському ґрунтознавцю К.К. Гедройцю.

Залежно від характеру процесу поглинання розрізняють наступні її види:

**Механічна поглинальна здатність** – це властивість ґрунтів поглинати тверді частинки, що надходять з водним або повітряним потоком, розміри яких перевищують розміри ґрунтових пор. Від розміру і форми пор залежать величина затриманих частинок і глибина їх проникнення в ґрунт. Вода, проходячи крізь ґрунтову товщу, очищається від суспензій, що дозволяє використовувати цю властивість ґрунтів і пухких порід для очищення питних і стічних вод. При будівництві зрошувальних систем властивість ґрунтів поглинати тверді частинки використовується для замулювання дна і стінок каналів з метою зменшення втрат води на фільтрацію (кольматовані канали, резервуари). Сама механічна поглинальна здатність обумовлена системою різновидових пор (рис. 7.1).



1 – тонкі, переважно капілярні пори в грудках, при змочуванні ґрунту заповнюються водою;

2 – середні пори в грудках (осередки, канальці), при змочуванні на короткий період заповнюються водою, потім після розсмоктування її повітрям;

3 – великі пори між грудками, зазвичай заповнені повітрям;

4 – капілярні пори на стику грудок

5 – вміст у ґрунті тонкодисперсних частинок

Рис. 7.1. Система пор у ґрунтовій товщі, яка визначає механічну поглинальну здатність ґрунту.

**Фізична поглинальна здатність (молекулярна адсорбція)** – це здатність її позитивно або негативно адсорбувати гази, молекули солей, спиртів, лугів та інших речовин. Розчинена речовина притягується або відштовхується поверхнею твердих частинок ґрунту. Інтенсивність фізичного поглинання прямо залежить від кількості дрібнодисперсних частинок в

грунті і вважається позитивною, коли молекули розчиненої речовини притягуються частинками ґрунту сильніше, ніж молекули води, і негативною, якщо сильніше притягуються молекули води. Позитивне фізичне поглинання аміаку ґрунтом відбувається при внесенні безводного аміаку або аміачної води, негативне – розчинів нітратів або хлоридів. Це обумовлює високу рухливість останніх в ґрунті, що необхідно враховувати при внесенні, нітратних і хлорвмісних мінеральних добрив.

**Хімічна поглинальна здатність (хемосорбція)** – це здатність аніонів розчинених солей утворювати з катіонами нерозчинені солі, що випадають в осад. Елементи, які поступають в ґрунт у складі атмосферних, ґрунтових поливних вод катіони і аніони можуть утворювати з солями ґрунтового розчину нерозчинні або важкорозчинні сполуки. Сюди ж відносять поглинання іонів фосфорної кислоти, яка утворює з Ca, Al і Fe нерозчинні фосфати: ГVK)  $\text{Ca}^{2+} + \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{ГVK}) 2\text{H}^+ + 2\text{CaHPO}_4\downarrow$ .

У ґрунтових розчинах можуть бути три групи аніонів, які відрізняються розчинністю у воді своїх солей, а отже й здатністю до хімічного вбирання (рис. 7.2):

- 1) *легко розчинні* ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) – не поглинаються;
- 2) *слабо розчинні* ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) – частково ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) поглинаються;
- 3) *важко розчинні* у воді ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) – при взаємодії ґрунтових розчинів з багатовалентними катіонами ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) ці аніони утворюють хімічні осади  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaHPO}_4$ .

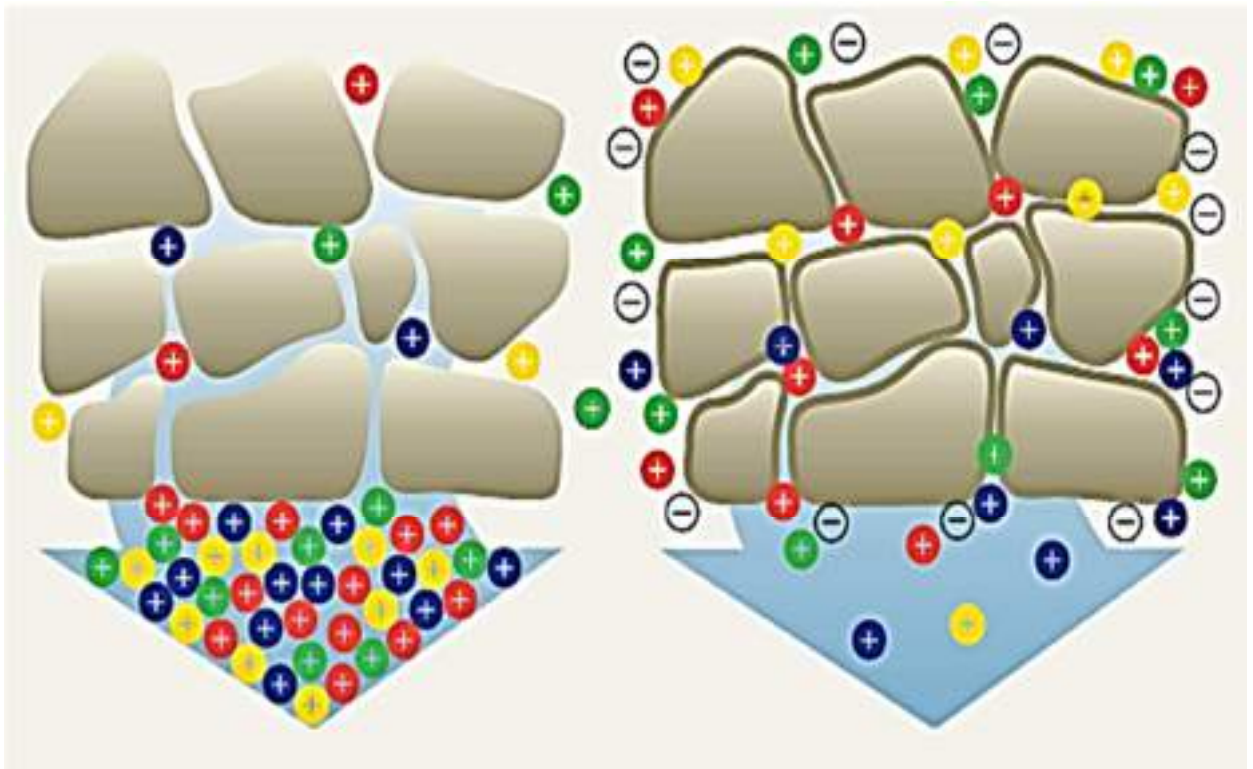


Рис. 7.2. Схеми різної інтенсивності хімічної поглинальної здатності.

**Біологічна поглинальна здатність** – викликана здатністю живих ґрунтових організмів (коріння рослин, мікроорганізми) поглинати різні

елементи. Біологічна поглинальна здатність характеризується великою вибірковістю поглинання, обумовлена специфічною для кожного виду потребою живих організмів в елементах живлення. Механізм поглинання мінеральних речовин коренями рослин був уперше встановлений роботами англійських учених Джені і Кауенау 1933 році і пізніше сформульований в усіх його деталях радянським ученим Д.А. Сабініним. Він отримав назву "обмінної адсорбції". За сучасними уявленнями вона являє собою активний фізіологічний процес, що відбувається у кілька етапів. Загальна схема цього процесу подана на рис. 7.3.

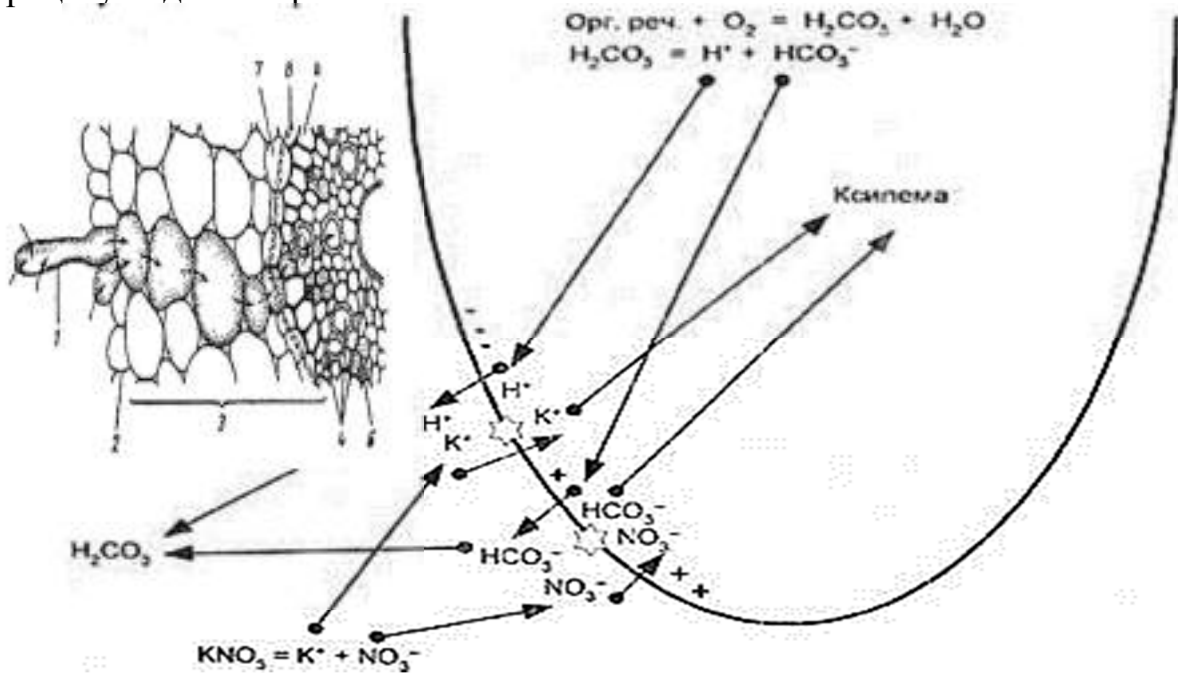


Рис. 7.3. Схема процесу обмінної адсорбції коренями рослин з ґрунтового розчину (на вкладці: 1 – кореневий волосок, 2 – ризодерміс, 3 – кора, 4 – ксилема, 5 – флоема, 6 – перецикл, 7 – ендодерма, 8 – полоса Каспарі).

Слід наголосити, що мінеральні речовини поглинаються рослинами тільки у вигляді іонів, тому для початку цього процесу необхідно, щоб ті чи інші солі у ґрунтовому розчині піддалися електролітичній дисоціації. На схемі ця фаза показана на прикладі електролітичної дисоціації солі  $KNO_3$ , що містить потрібні для рослин макроелементи – калій і нітроген.

На початку обмінної адсорбції на поверхні зони поділу та всисної зони кореня відбувається адсорбція іонів мінеральних речовин. На позитивно заряджених ділянках клітин кореня адсорбуються аніони, а на негативно заряджених – катіони. Це показано на схемі на прикладі катіонів калію й аніонів азотної кислоти.

Білково-ліпідні мембрани містять білки-переносники, які здійснюють "фліп-флоп" - перескоки із зовнішньої на внутрішню поверхні мембран і назад з частотою, яка становить близько 10 тис. разів за хвилину, у результаті "фліп-флоп" - перескоків білків відбувається перенесення адсорбованих іонів через мембрану всередину клітини.

Цей процес, очевидно для збереження електричних потенціалів клітин, має обмінний характер. При перенесенні в клітину катіона білки-переносники виносять на зовнішню поверхню клітини  $H^+$ -іони, а при поглинанні аніонів виносяться карбонат-аніони  $HCO_3^-$ . Отже, на цій фазі процесу відбувається обмін іонів. Необхідний для поглинання мінеральних речовин фонд обмінних іонів  $H^+$  і  $HCO_3^-$  створюється при диханні клітин кореня, коли органічні речовини, що надходять з листків, окиснюються киснем повітря. При цьому утворюється вугільна кислота. Остання дисоціює, формуючи необхідні для обміну  $H^+$  і  $HCO_3^-$  іони. Ці процеси також показані на рис. 7.3. Іони мінеральних речовин, що надійшли всередину клітини завдяки цьому обміну, піднімаються у надземну частину рослин по ксилемі разом з висхідним рухом води. У свою чергу, іони вугільної кислоти, винесені на поверхню кореня, сприяють кращій дисоціації важко розчинних у воді солей, які містять потрібні для рослин макро- і мікроелементи.

У цій загальній схемі процесу обмінної адсорбції є багато важливих деталей. По-перше, білки-переносники спеціалізовані на перенесенні певних іонів, тому потрібні рослині макро- і мікроелементи поглинаються у більших кількостях ніж баластні елементи. Останні теж поглинаються, але здебільшого внаслідок помилок у роботі білків-переносників. У результаті саме робота білків-переносників робить процес мінерального живлення вибіркоvim і спрямованим на поглинання у першу чергу біогенних елементів.

По-друге, "фліп-флоп" - перескоки білків-переносників потребують витрат енергії і відповідної витрати АТФ, що робить процес обмінної адсорбції енергозалежним, фізіологічно активним. Він відбувається тією мірою, якою корінь забезпечений АТФ. Як вже зазначалося, ця речовина утворюється при фотосинтетичному і окислювальному фосфорилуванні. На думку великого вченого В.П. Скулачева, енергетичні процеси в мембранах клітин коренів посідають провідне місце в забезпеченні мінерального живлення рослин.

Діяльність білків-переносників залежить від температури. В амплітуді 10–30 °С з підвищенням температури швидкість поглинання зростає зі значенням  $Q_{10} = 2$ .

По-третє, мембрани клітин заряджені переважно негативно, і тому процес поглинання катіонів відбувається легше, ніж процес поглинання аніонів. Аніони поглинаються краще тільки на дуже кислих ґрунтах з низькими значеннями рН, що викликає перезарядку частини поверхні мембран кореня з негативної на позитивну.

По-четверте, швидкість процесу адсорбції у цілому досить значна. Він здійснюється всього за кілька секунд. Важливо, що адсорбція не залежить від температури ґрунту, однак вона залежить від кислотності ґрунту.

І, нарешті, по-п'яте, поглинання мінеральних речовин полегшується завдяки наявності в мембранах клітин коренів так званих каналів іонної провідності, побудованих з білків, що не мають ферментної активності. Нині виявлені калієві, кальцієві, хлоридні та натрієві канали іонної провідності.

У цілому, мінеральне живлення рослин є активним фізіологічним процесом, і тому поглинання кожного з потрібних рослині макро- і мікроелементів є взаємообумовленим.

**Фізико-хімічна (обмінна)** поглинальна здатність – це здатність дрібнодисперсних колоїдних частинок ґрунту (від 0,0001 мм до 0,001 мм) (рис. 7.4), що несуть негативний заряд, поглинати різні катіони з розчину, причому поглинання одних катіонів супроводжується витісненням в розчин еквівалентної кількості інших, раніше поглинутих твердою фазою ґрунту. Сукупність дрібнодисперсних ґрунтових частинок, що володіють обмінною поглинальною здатністю К. К. Гедройц назвав ґрунтовим вбирним комплексом (ГВК).

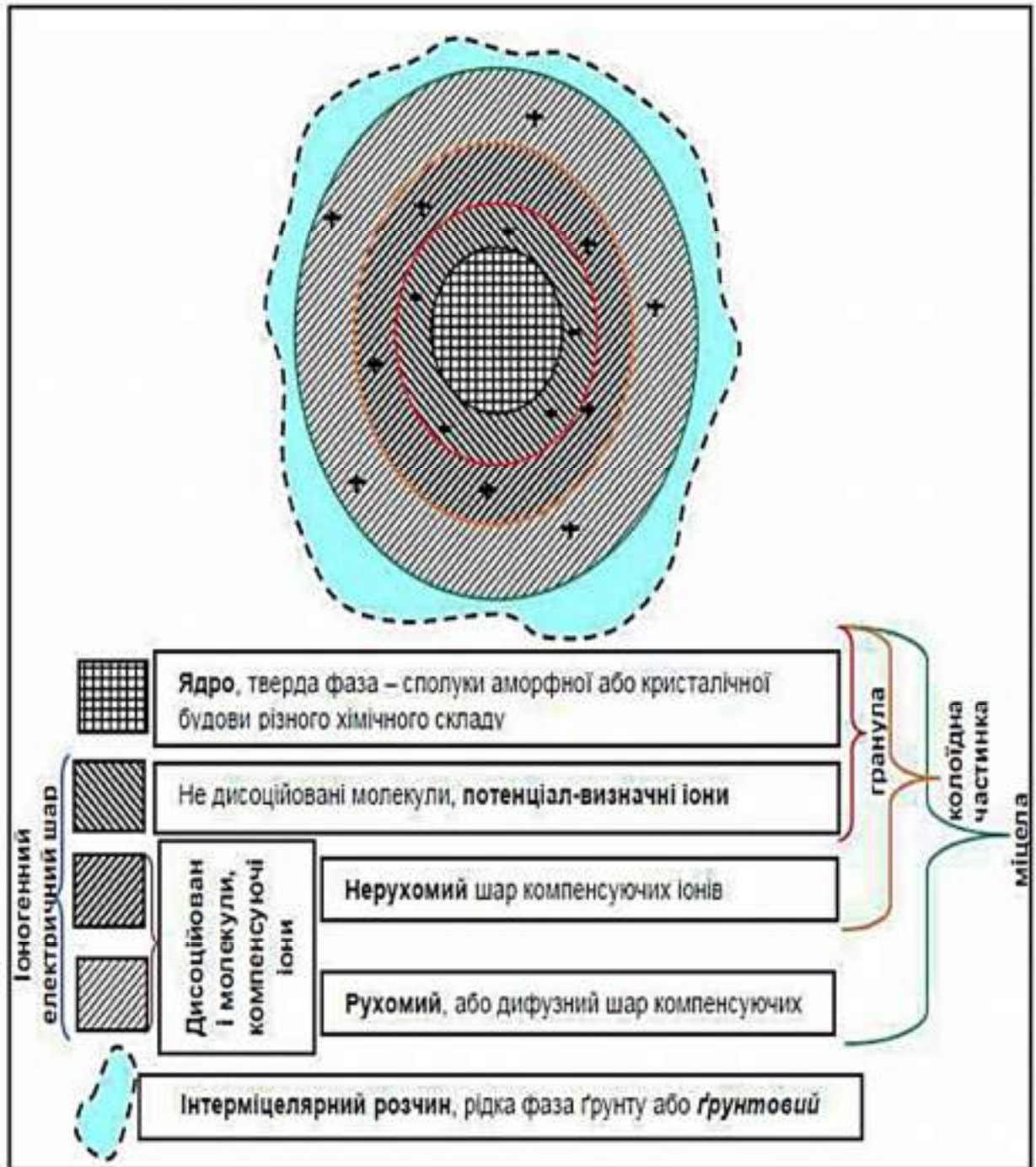


Рис. 7.4. Схема будови колоїдної міцели (за О. А. Роде).

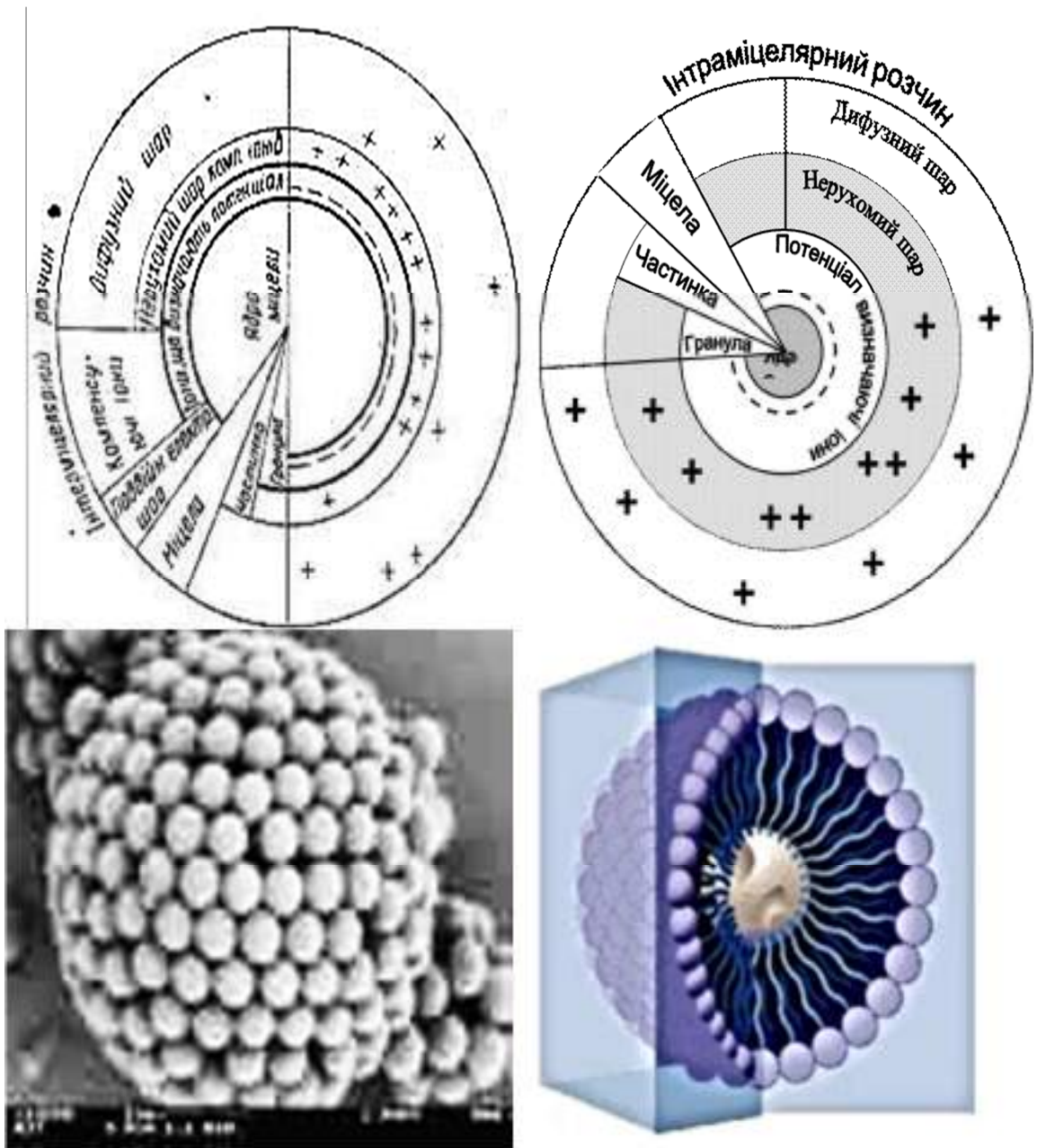


Рис. 7.5. Схема будови колоїдної міцели (по Н. І. Горбунову).

Таким чином **грунтовий вбирний комплекс (ГВК)** – це сукупність мінеральних, органічних і орґано-мінеральних сполук високого ступеня дисперсності, нерозчинних у воді і здатних поглинати і обмінювати поглинені іони. Як уже наголошувалось нами, ґрунт відноситься до гетерогенних полідисперсних утворень, для яких колоїдний стан речовини має велике значення. Поглинальною здатністю володіють як колоїдні частки (менше 0,0001 мм), так і предколоїдна фракція (менше 0,001 мм). Діаметр частинок в 0,001 мм являє собою межу, що відокремлює механічні елементи з різко вираженою поглинальною здатністю. Швейцарський вчений ґрунтознавець Г. Віґнер запропонував називати колоїдну частинку колоїдної міцелою (рис. 7.6).





Рис. 7.6. Шкала розміру частин відповідно до мікрометрового шкалювання.

Характерною особливістю ґрунтових колоїдів є наявність великої сумарної і питомої (поверхня ґрунтових частинок в  $m^2$  або  $cm$  в одиниці маси або обсягу ґрунту) поверхні. Уявлення про поверхню колоїдів можна отримати при підрахунку площі всіх сторін кубиків, утворених при дробленні  $1\text{ cm}^3$  твердого тіла (табл. 7.1).

Як видно з таблиці, при поділі  $1\text{ cm}^3$  речовини таким чином, що кожне ребро нового кубика дорівнює  $0,0000001\text{ cm}$ , загальна поверхня всіх кубиків становить  $60\,000\,000\text{ cm}^2$ , або  $0,6\text{ га}$ .

Таблиця 7.1

Площа поверхні кубиків при подрібненні  $1\text{ cm}^3$  твердої маси

Довжина ребра, $cm$	Кількість кубиків в $1\text{ cm}^3$	Загальна поверхня граней, $cm^2$
1	1	6
0,1	$10^3$	60
0,01	$10^6$	600
0,001	$10^9$	6000
0,0000001	$10^{21}$	60000000

Питома поверхня є одним з параметрів, що визначає хімічну активність ґрунтів, так як зі збільшенням дисперсності частинок їх хімічна активність зростає. Питома поверхня (в м<sup>2</sup>/г) колоїдів гумусового горизонту різних суглинкових ґрунтів становить (по В.А. Ковда): дерново-підзолисті 29; сірі лісові 33; чорноземи 48 (табл. 7.2).

Основу колоїдної частинки, так званої, колоїдної міцели, становить її ядро, природою якого багато в чому визначається поведінка ґрунтових колоїдів. Ядро колоїдної міцели являє собою складне з'єднання аморфної або кристалічної будови різного хімічного складу. Узагальнена схема будови колоїдної міцели, якій для наочності надана куляста форма, представлена на рис 7.4-7.8, відповідно до різних авторських підходів і бачень.

Таблиця 7.2

Роль агрегатів різного розміру в формуванні загальної поверхні середньосуглинкового ґрунту

Розмір частин, мм	Вміст у % до маси	Поверхня, м <sup>2</sup> /г ґрунту	Частка загальної поверхні, %
0,25-0,05	17	0,5	0,2
0,05-0,01	50	4,1	1,7
0,01-0,005	20	9,9	4,1
0,005-0,001	6	12,7	5,2
0,001-0,0001	3	18,8	7,8
< 0,0001	4	194,0	81,0
сумма	100	240,0	100

Відповідно до сучасних підходів опису будови міцели виділяють:

*Ядро* – тверда частинка, що складається з згустку молекул речовини. На поверхні – подвійний електричний шар іонів, внутрішній – потенціалвизначаючий шар нерухомих іонів, міцно пов'язаних з ядром, і зовнішній – компенсуючий шар іонів протилежного знака заряду. Частина іонів компенсуючого шару нерухома, так як міцно пов'язана з внутрішнім шаром іонів – нерухомий шар іонів, частина рухлива і утворює зовнішній або дифузний шар з іонами здатними до обмінних реакцій (рис. 7.7-7.8).

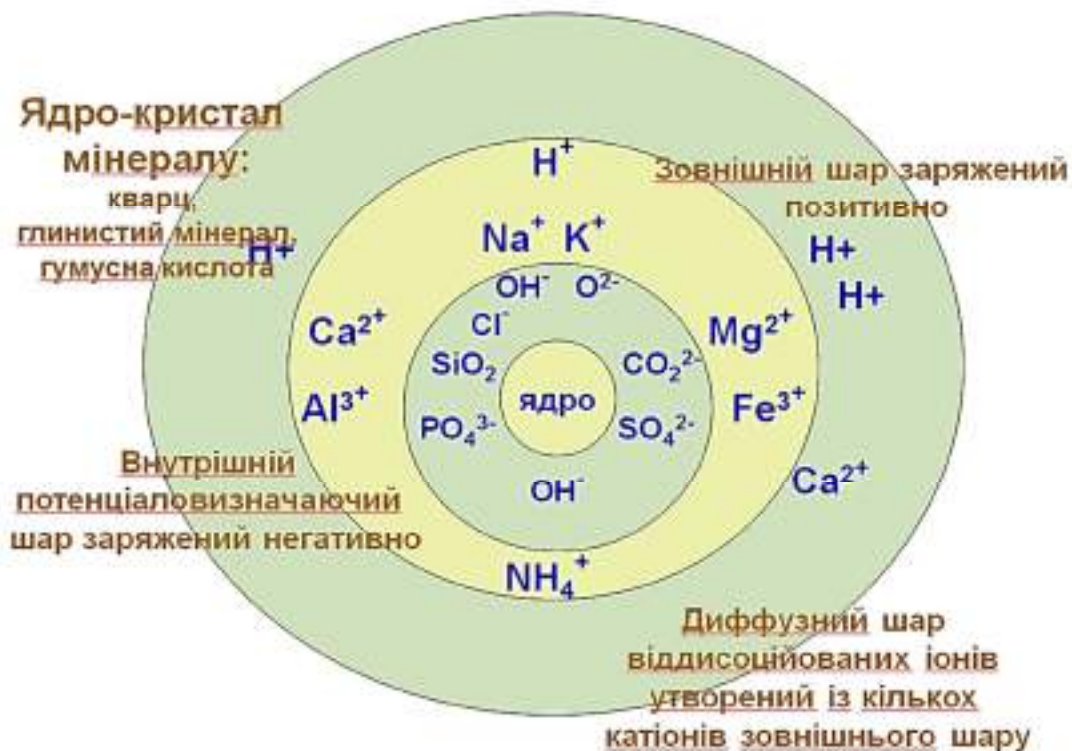


Рис. 7.7. Структурна хімічна будова колоїда.

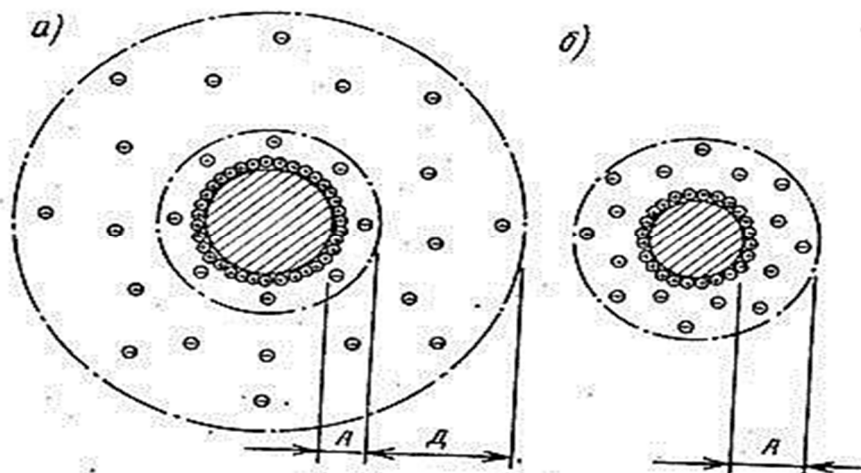


Рис. 7.8. Будова міцели при рухові (а) і в стані спокою (б): А – адсорбційний шар, Д – дифузний шар.

Залежно від складу іонів потенціалвизначаючого шару розрізняють колоїди (рис. 7.9):

**Ацїдоїди** – негативно заряджені колоїди, що містять в потенціалвизначаючому шарі аніони, а в дифузному - катіони.

**Базоїди** – позитивно заряджені колоїди, в потенціалвизначаючому шарі містять катіони, а в дифузному шарі – аніони.

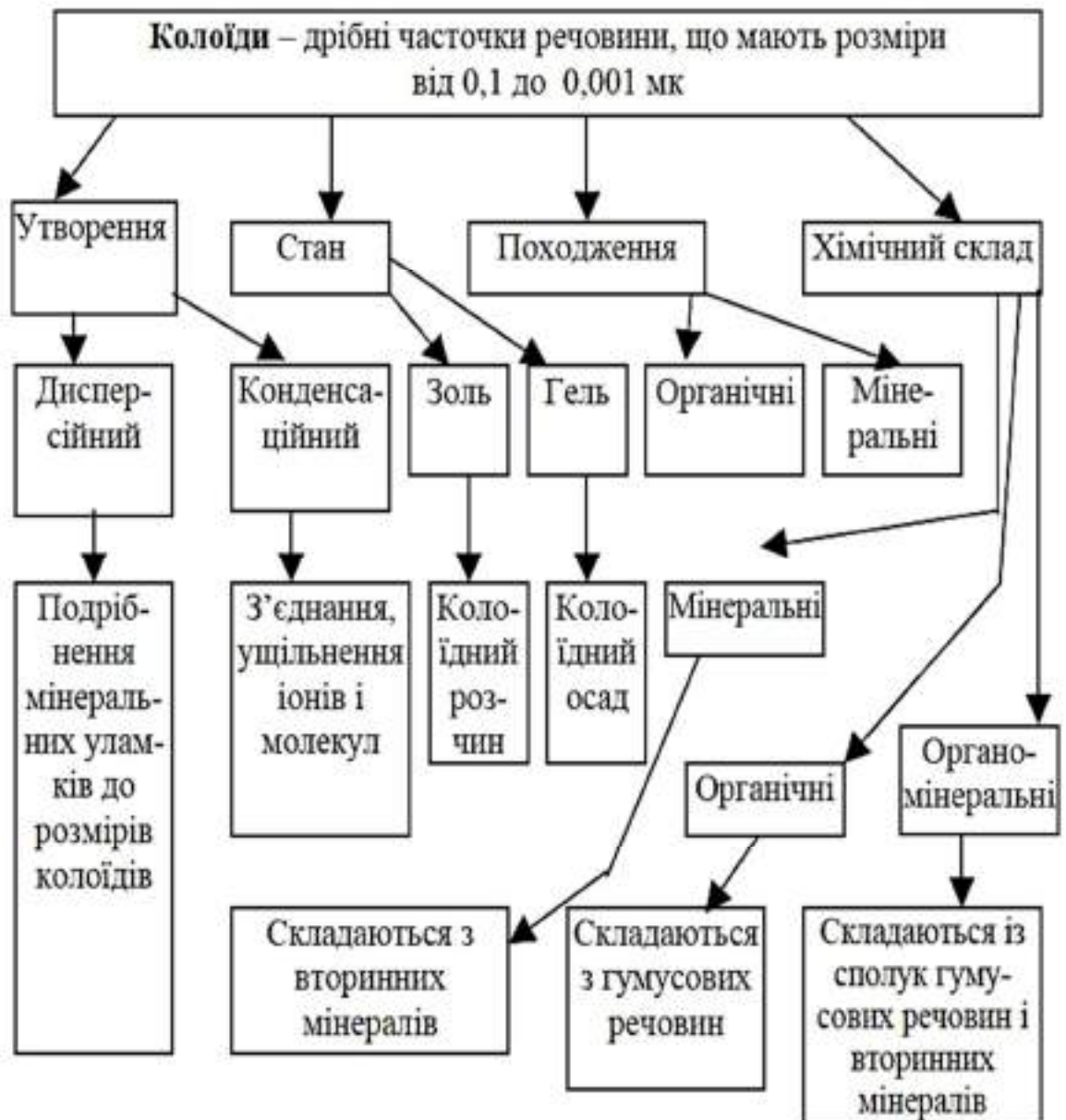


Рис. 7.9. Зведені типи класифікуючих ознак ґрунтових колоїдів.

**Амфолітоїди** – колоїди, здатні змінювати характер дисоціації молекул подвійного електричного шару іонів в залежності від реакції середовища. Основна маса колоїдів – ацідоїди.

По відношенню до рідкої фази розрізняють колоїди:

**Гідрофільні (золь)** – колоїди, здатні поглинати молекули води, яка утворює на їх поверхні багатшарову плівку.

**Гідрофобні (гель)** – практично не гідратуються.

При цьому за певних умов можливі динамічні зміни переходу зі стану золю в стан гелю (з'єднання, склеювання колоїдних частинок і утворення осаду) – процес **коагуляції**. Зворотний процес – **пептизація**.

Колоїди здатні обмінюватися з ґрунтовым розчином віддисоційованими іонами з дифузного шару в еквівалентному співвідношенні (рис. 7.10).

Електростатичні сили негативно зарядженої поверхні твердої фази притягують катіони і відштовхують аніони, створюючи градієнт концентрації катіонів у межах дифузного шару з максимумом поблизу поверхні. Однак цьому перешкоджає тепловий рух іонів, що прагне вирівняти їх концентрацію у всьому об'ємі розчину. Встановлена під впливом цих протилежно спрямованих силових полів рівновага характеризується станом, при якому надлишок катіонів, що знаходяться біля поверхні твердої фази, у міру збільшення відстані від кордону розділу фаз у напрямку всередину ґрунтового розчину в межах дифузного шару зменшується. Колоїдна міцела при цьому електронейтральна.

Негативний заряд набувають мінеральні колоїди за рахунок розриву зв'язків і руйнування пакетів глинистих мінералів, різних форм ґрунтових кальцитів, несилікатних сполук заліза і алюмінію (їх оксидів і гідроксидів) і звільнення валентностей крайових іонів кисню, при ізоморфному заміщенні в кремнекисневих тетраедрах мінералів групи монтморилоніту чотирьохвалентного кремнію тривалентним алюмінієм, алюмінію – двовалентними катіонами – залізом і магнієм.

Негативні заряди у колоїдів органічної природи (наприклад, гумінових кислот) виникають за рахунок дисоціації водневих іонів карбоксильних (-COOH) і фенолгідроксильних (ОН) груп. Найбільшою здатністю до дисоціації характеризується водень карбоксильної групи. У колоїдній кремнекислоті електричний потенціал створюється завдяки дисоціації іонів водню (рис. 7.10).

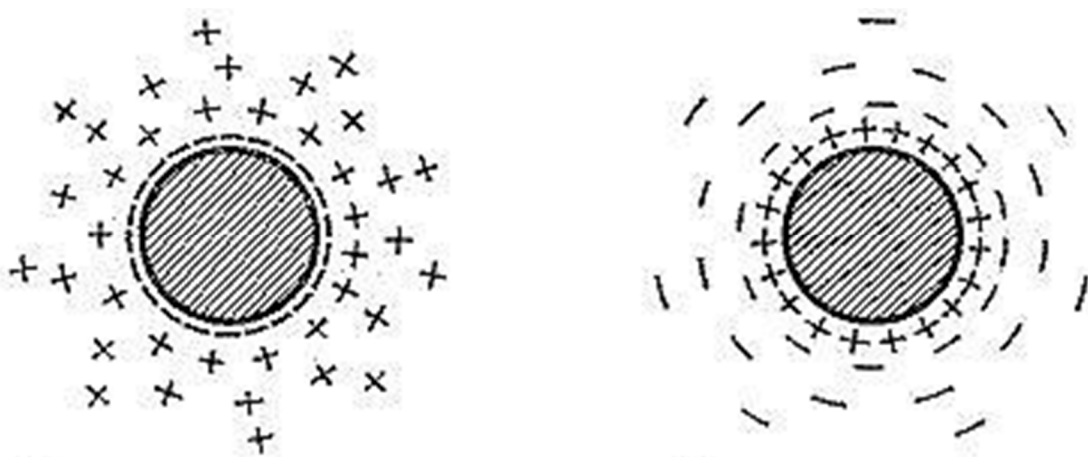


Рис. 7.10. Електровід'ємні та електропозитивні колоїди.

Існують різні теорії, що описують механізм коагуляції. З них найбільш задовільною вважається теорія Дерягіна – Ландау, допрацьована Е. Фербеєм і Дж.Обербеком (*теорія коагуляції ДЛФО*). Згідно цієї теорії, дві колоїдні частинки в процесі броунівського руху можуть зблизитися на відстань, при якій перекриваються їх дифузні оболонки. Тільки в цьому випадку вони починають переборювати сили міжмолекулярного притягання і сили

електростатичного відштовхування їх дифузійних шарів. У першому наближенні механізм іонної стабілізації зводиться до електростатичного відштовхування дифузійних шарів, залежить від їх товщини. При великій товщині дифузійних шарів (рис. 7.11 а) їх перекриття проявляється на відстані, коли сили відштовхування однойменно заряджених шарів більше сил міжмолекулярного притягання й колоїдні частинки не злипаються (не агрегують). При малій товщині дифузійних шарів (рис. 7.11. б) частинки зближуються до відстані, на якій міжмолекулярне тяжіння сильніше відштовхування цих шарів, і тоді відбувається їхня агрегація, тобто коагуляція.

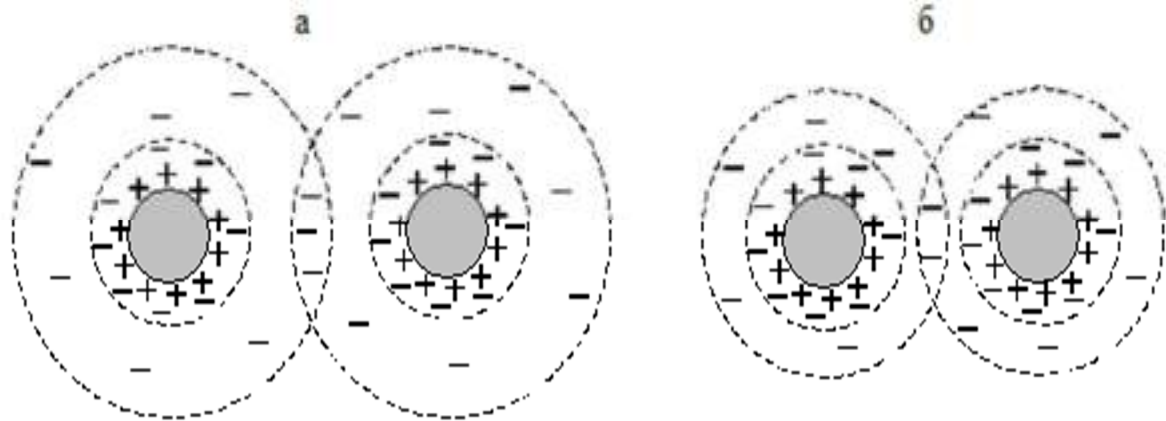


Рис. 7.11. Загальний механізм взаємодії колоїдних частин.

Стійкий гель утворюється, якщо в ґрунті багато катіонів  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  та інших 2-х і 3-х валентних катіонів. Нестійкий гель утворюється, якщо в ґрунті багато катіонів  $\text{H}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$  та інших одновалентних катіонів (рис. 7.12).

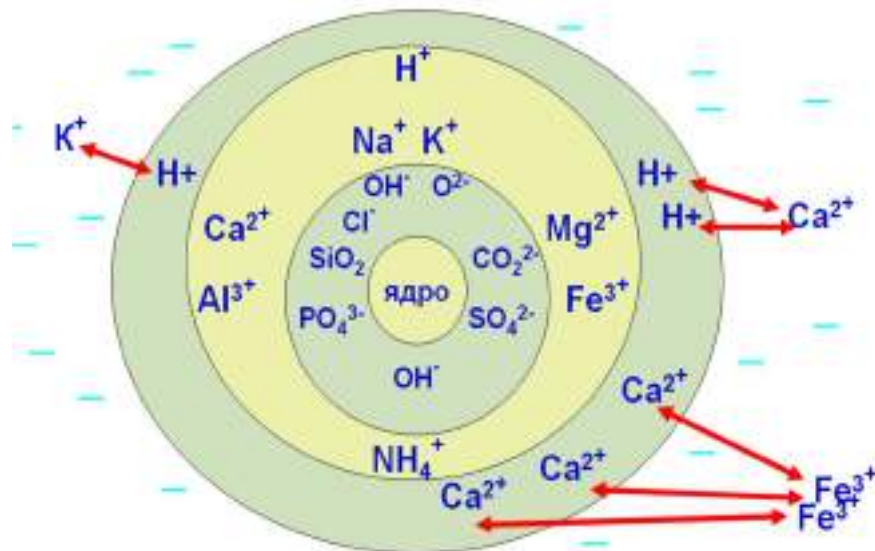


Рис. 7.12. Іонний обмін у дифузному шарі з участю колоїдів.

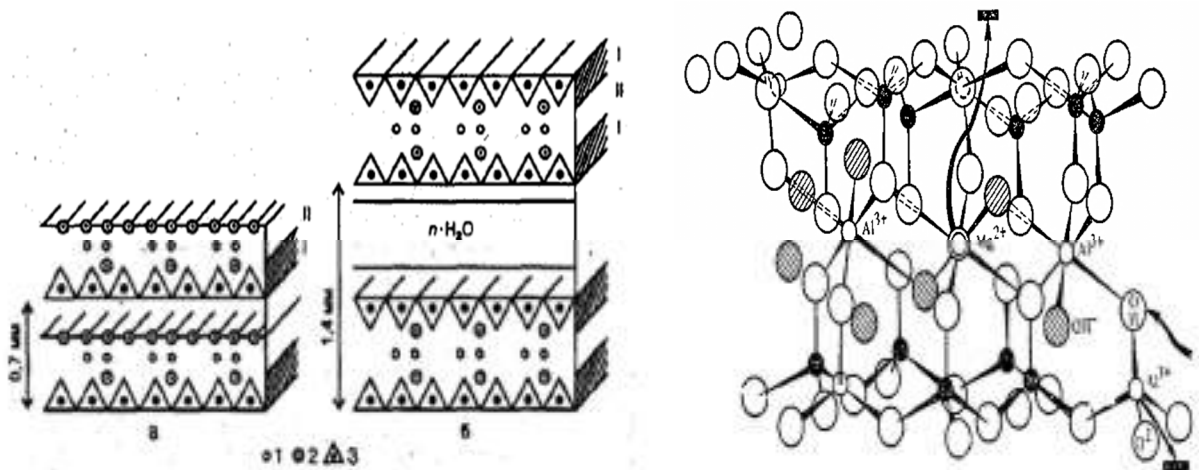
**Таким чином, колоїди** – це двофазні системи які складаються з дисперсної фази (маси колоїдних часточок) і дисперсного середовища (ґрунтовий розчин). Незалежно від походження колоїди несуть на своїй поверхні заряд. Природа виникнення цього заряду у мінеральних колоїдів

пояснюється тим, що уламки більшості глинистих мінералів мають кристалічну структуру. Всередині даного уламку енергетичні зв'язки між іонами, атомами чи групами атомів взаємно врівноважені, а на поверхні вони частково ненасичені. Поверхневі іони кристалічної решітки діють на вільні іони ґрунтового розчину відштовхують однойменні заряди або притягують іони з протилежним зарядом. Явище притягання іонів колоїдною часткою називають *сорбцією* (лат. *sorbere* – вбирання).

За походженням колоїди поділяють на:

**Мінеральні**, які представлені глинистими мінералами, колоїдними формами кремнезему і полуторних окислів. Всі глинисті мінерали мають кристалічну будову, пластинчасту форму і є типовими ацідоїдами (рис. 7.13).

Притаманні глинистим частинкам заряди зобов'язані своїм походженням заміщенню одних іонів на інші. Особливо велике значення має заміщення  $\text{Si}^{4+}$  на  $\text{Al}^{3+}$  в тетраедрах і  $\text{Al}^{3+}$  на  $\text{Mg}^{2+}$  в октаедрах кристалічної решітки. Такі внутрішньоструктурні заміщення іонів в цілому є причиною появи зарядів на плоских поверхнях частинок глинистих мінералів, в тому числі і на плоских поверхнях частинок глинистих мінералів (монтморилонита і вермикуліту). В цих мінералах близько 80% всієї ємності доводиться на внутрішню поверхню, тобто на поверхню елементарних пакетів. У каолініту внутрішньої поверхні немає, немає і внутрішніх заміщень іонів. Його обмінна ємність обумовлена вільними зв'язками на бічних (торцевих) поверхнях пластинок. Тут іони оголюються і частина властивих їм зв'язків виявляється вільною і ненасиченою. Ці вільні зв'язки і компенсуються обмінними катіонами.



1 – іони  $\text{Al}^{3+}$ ; 2 – іони  $\text{OH}$ ; 3 – кремнієкисневі тетраедри.

Рис. 7.13. Схема кристалохімічної структури каолініту (а) і монтморилоніту (б).

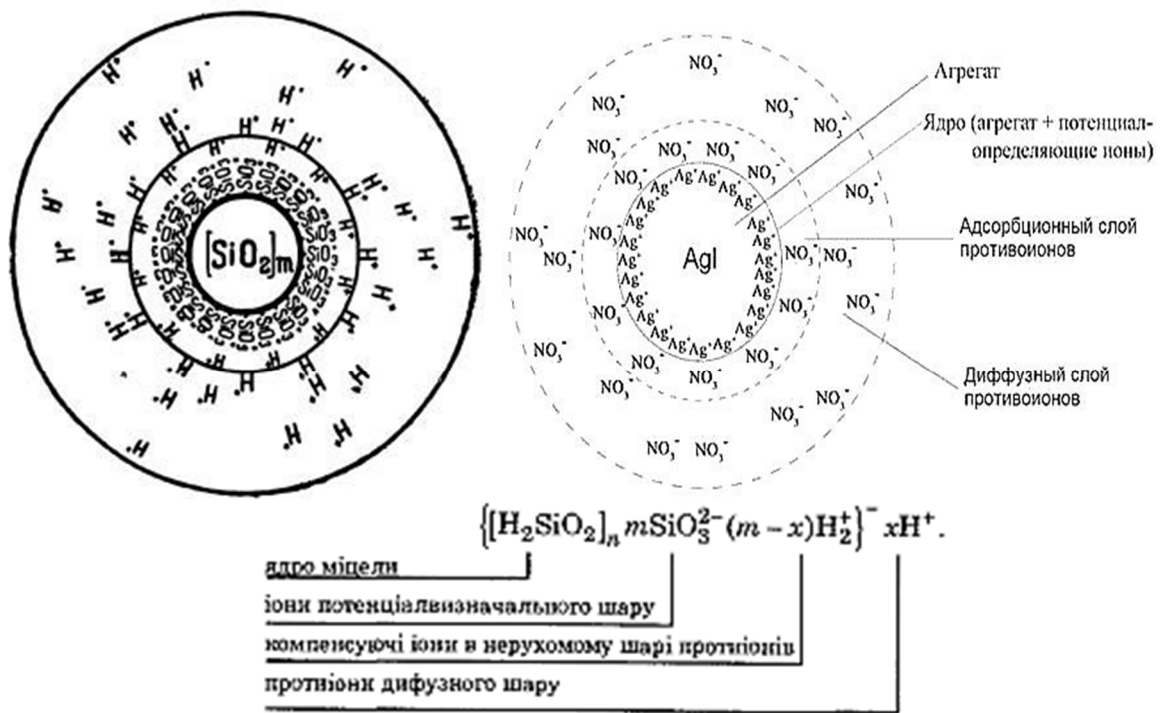


Рис. 7.14. Схематична будова міцели SiO<sub>2</sub> та AgNO<sub>3</sub> та просторова структура міцели сполуки H<sub>2</sub>SiO<sub>2</sub>.

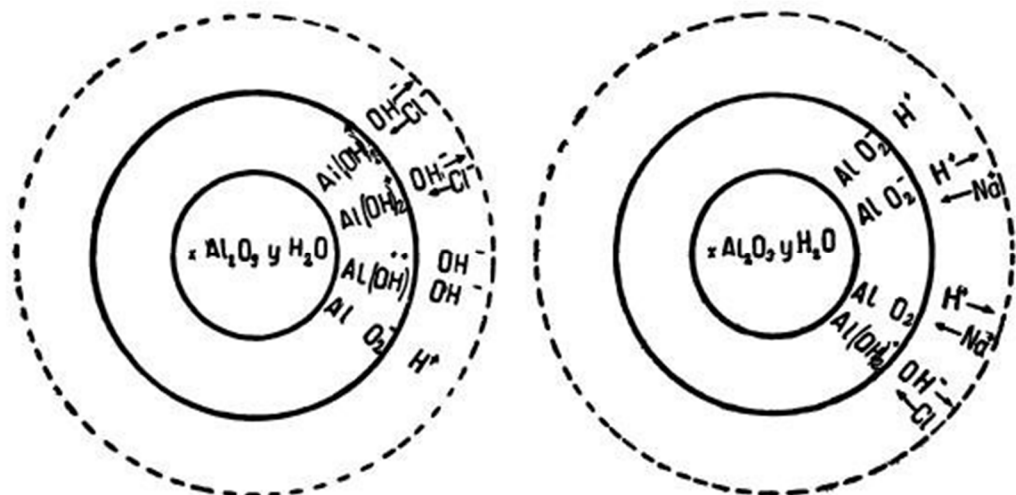


Рис. 7.15. Схематична будова міцели Al(OH)<sub>3</sub>. Ліва частина – в кислому середовищі, права – в лужному.

**Органічні** представлені в ґрунті перш за все гумусними кислотами та їх солями (гуматами, фульватами, алюмо- і залізогумусовими сполуками). Всі вони є гідрофільними, легко змінюють стан – пептизуються при дії лужних розчинів і коагулюють під впливом двох і трьохвалентних катіонів. У ґрунті знаходяться в основному в стані гелів. Характерна особливість гумусових речовин – дуже висока ємність обмінного поглинання катіонів, що обумовлює величезну їх роль в поглинальній здатності ґрунтів, які представлені гумусними кислотами і їх солями (гуматами, фульвати).

**Органо-мінеральні** (рис. 7.16) широко поширені в верхніх горизонтах ґрунтів. Вони являють собою комплекс перемінного складу



високодисперсних мінералів і гумусових речовин, покритих плівками гумусових кислот, гуматів і фульватів алюмо- і залізогумусових солей.

Основні мінерали цих колоїдів – монтморилоніт і гідрослюди, а також завжди супутні їм в ґрунті полоторні окисли і кремнезем. Формуються ці колоїди в ґрунті в процесі склеювання (адгезії) гумусових кислот і їх похідних з поверхнею мінеральної частинки.

Органо-мінеральні колоїди є ацідоідами і характеризуються відносно високою ємністю обмінного поглинання катіонів, величина якої залежить від кількості гумусових речовин.

У будь-якому ґрунті основна маса колоїдів знаходиться в формі гелів, різних за ступенем гідратації і міцності зв'язку з поверхнею твердих частинок. Одна частина колоїдів знаходиться в ґрунті у вільному стані, інша утворює плівки на поверхні більших гранулометричних фракцій і сильно зневоднені. Перша категорія колоїдів легко пептизується при лужній реакції і насиченні їх дифузного шару натрієм. Друга дуже міцно пов'язана з поверхнею великих гранулометричних фракцій, і їх пептизація утруднена.

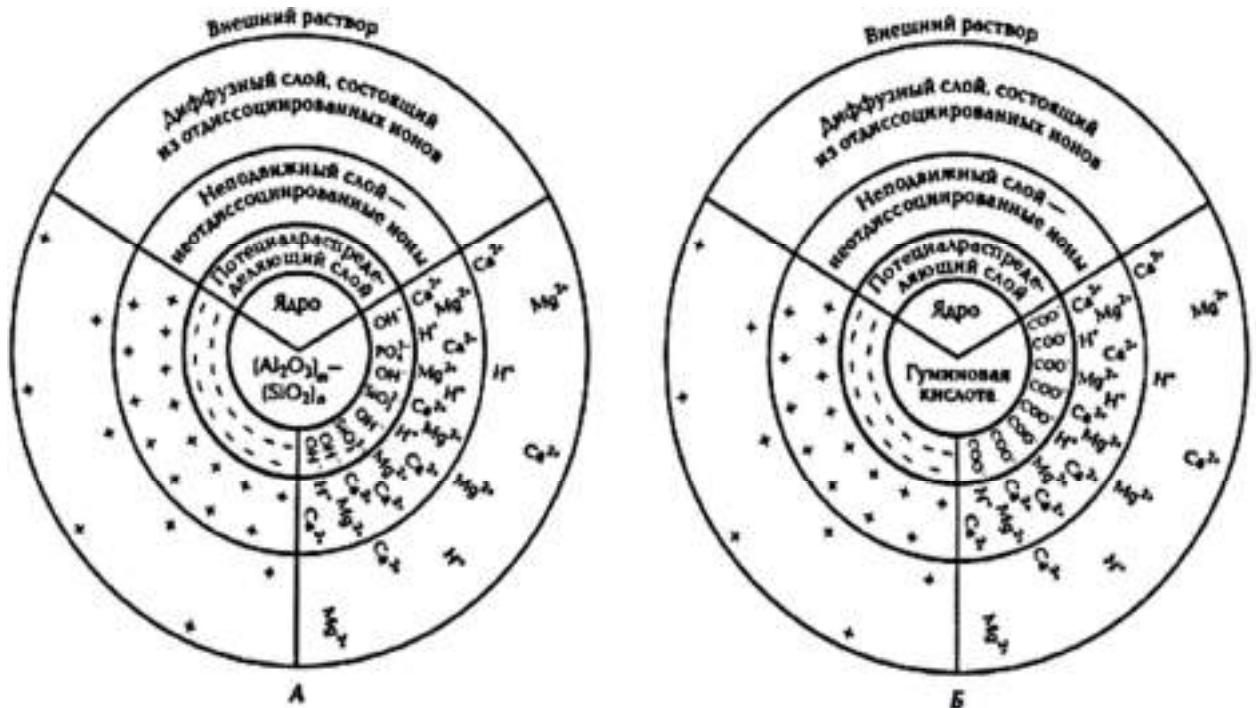


Рис. 7.16. Принципова схема будови мінеральної та органічної міцел.

З фізичної точки зору, ГВК являє собою сукупність речовин в тонкодисперсному стані (колоїди). У хімічному відношенні це нерозчинні у воді солеподібні алюмосилікатні, органічні і органо-мінеральні сполуки. Основний сорбент в ґрунті – його тонкодисперсні фракції, у складі яких провідне значення мають колоїди. Великі фракції ґрунту практично не мають обмінної поглинальної здатності. Поглинання і закріплення речовин в твердій фазі ґрунту відбуваються різними шляхами: **сорбцією** – поглинанням ґрунтовими колоїдами іонів або молекул речовин, що знаходяться в розчині (розрізняють іонну і молекулярну сорбцію); **хемосорбцією** – хімічною

сорбцією іонів або молекул розчиненої речовини на поверхні колоїдної частинки шляхом утворення нерозчинних сполук; *адгезією (склеюванням)* твердих частинок ґрунту з сорбованих на їх поверхні або випавших в осад мінеральних, органічних та органо - мінеральних речовин.

У ґрунтах і глинистих породах при наявності колоїдів неминуче розвиваються сорбційні процеси, тобто відбувається обмін катіонів дифузного шару на еквівалентну кількість катіонів порового розчину.

### Сорбційні процеси в ґрунтах

Основним механізмом фізико-хімічної, або обмінної, поглинальної здатності ґрунтів є процес *сорбції*.

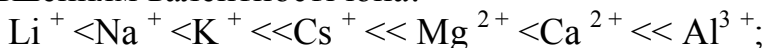
*Неспецифічна, або обмінна, сорбція катіонів* – здатність катіонів дифузного шару ґрунтових колоїдів обмінюватися на еквівалентну кількість катіонів з розчину.

*Обмінні катіони* складають невелику частину від їх загального вмісту в ґрунті. В обмінному стані в ґрунтах зазвичай знаходяться  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{F}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ . У незначних кількостях можуть зустрічатися і інші катіони ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  і ін.) Основними закономірностями обмінної сорбції катіонів є:

#### Основні закономірності сорбційного обміну в ґрунтах:

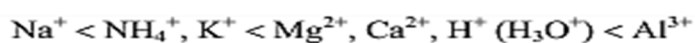
1. Обмін відбувається в еквівалентних кількостях за законами обмінних хімічних реакцій.

2. В ряду різновалентних іонів енергія поглинання зростає зі збільшенням валентності іона:



3. Будь-який поглинутий катіон може бути витіснений і замінений іншим катіоном ґрунтового розчину.

3. Енергія поглинання і витіснення катіонів різна і залежить від величини валентності і атомної маси. Енергія впровадження і витіснення катіонів обумовлена величиною валентності, атомною масою і величиною гідратаційної оболонки. Найбільш поширені в ґрунті катіони дають наступний ряд:



наростання сорбції



наростання витіснення

У іонів з однаковою валентністю, чим менше його радіус, тим більшою мірою він гідратований і тим меншою енергією поглинання володіє іон. Наприклад, катіон натрію володіє меншою здатністю до впровадження, ніж катіони амонію і калію. Гідроксоній ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ), має більший радіус, поглинається ґрунтовими колоїдами сильніше, ніж інші одновалентні катіони.

4. Енергія поглинання визначається радіусом негідратованого іона: чим менше радіус, тим слабкіше зв'язується іон (рис. 7.17).

5. В середині рядів іонів однієї валентності енергія поглинання зростає зі збільшенням атомної маси, атомного номеру.

6. Обмінне поглинання носить зворотній характер.

7. Швидкість обміну обумовлена будовою ядра колоїдних частинок, властивостями і будовою кристалічних решіток глинистих мінералів. Ємність обмінного поглинання катіонів максимальна серед глинистих мінералів групи монтморилоніту і вермикуліту внаслідок рухомої кристалічної решітки і значних міжпакетних проміжків, в яких також сорбуються катіони. Такий тип поглинання називається інтраміцеллярним, для нього характерна миттєва швидкість обмінної реакції. Мінімальна ємність обмінного поглинання катіонів з уповільненою швидкістю обміну у мінералів групи каолініту, тому що для нього характерно поглинання катіонів тільки на зовнішній поверхні кристалічної решітки (екстраміцеллярний тип поглинання).

Катіони	Діаметр, нм			Гідратація (в молях води на 1 моль катіона)
	негідратованих (В М Гольдшміт, 1926-1927)	гідратованих		
		(Х Пальман, 1933)	(Г Йенні, 1935)	
Li <sup>+</sup>	0,078	0,73	1,003	11—13
Na <sup>+</sup>	0,098	0,56	0,790	9—11
K <sup>+</sup>	0,133	0,38	0,532	5—6
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,143		0,537	2—3
Rb <sup>+</sup>	0,149	0,36	0,509	—
Cs <sup>+</sup>	0,165	0,36	0,505	—
Mg <sup>2+</sup>	0,078	1,08	—	20—23
Ca <sup>2+</sup>	0,106	0,96	—	19—20
Sr <sup>2+</sup>	0,127	0,96	—	—
Ba <sup>2+</sup>	0,143	0,88	—	18—20
Al <sup>3+</sup>	0,057	—	—	—
H <sub>2</sub> O (оксоній)	—	0,135	—	—

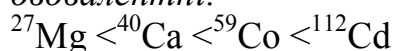
Рис. 7.17. Діаметр катіонів без гідратаційних оболонок і в гідратованому стані (мовою оригіналу).

Відповідно до зазначених загальних закономірностей є наступні ряди поглинання іонів:

*одновалентні:*



*двовалентні:*



Процес *обміну іона електроліту з іоном сорбенту* проходить через п'ять послідовних стадій:

переміщення витісняє іон з розчину до поверхні твердої фази.

переміщення витісняє іон всередині твердої фази до точки обміну.

хімічна реакція подвійного обміну.

переміщення витісняє іон всередині твердої фази від точки обміну до поверхні.

переміщення витісняється іона від поверхні в розчин.

Ті катіони, які входять до складу ГВК і можуть бути заміщені катіонами іншого роду при взаємодії з нейтральними розчинами солей, називають *обмінними катіонами*; як синонім вживається термін *поглинені катіони*. При характеристиці ГВК і обмінних реакцій часто використовують термін *обмінні основи* під яким розуміють обмінні катіони  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  і  $\text{Na}^+$ , тоді як в число обмінних катіонів входять, крім того,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$  і ін.

Сорбція аніонів залежить від заряду, будови та хімічних властивостей ГВК. За здатністю сорбувати на ґрунтових частках аніони розташовуються в наступний ряд:



У міру збільшення в ґрунтовому поглинальному комплексі вмісту алюмінію і заліза, а також при зниженні рН середовища сорбція аніонів зростає. Так як аніони менш гідратовані, ніж катіони, вони характеризуються високою вибірковістю поглинання.

#### **Склад і концентрація ґрунтового розчину:**

катіони;

аніони;

розчинені гази: вуглекислий газ, кисень

органічні сполуки (водорозчинні речовини: органічні кислоти, цукри, амінокислоти, спирти та ін)

органо-мінеральні сполуки

мінеральні речовини колоїдального характеру (гідрат окису заліза та кремнієвої кислоти).

Кількісний і якісний склад ґрунтового розчину для різних ґрунтів досить різний. Так, в незасолених ґрунтах, до яких відноситься більшість типів ґрунтів, загальна кількість розчинених речовин дуже невелика і виражається десятими частками грама на літр розчину (г/л). У засолених ґрунтах, навпаки, концентрація розчинних сполук у ґрунтовому розчині дуже висока і щільний залишок виражається десятками грамів на літр.

*Склад катіонів ґрунтового вбирного комплексу* (рис. 7.18) зумовлює важливі властивості ґрунту (структура, фізико-хімічні властивості, механічний склад, вміст речовин тощо), які у свою чергу визначають стійкість ґрунтів до ерозії, токсикологічних навантажень, зумовлюють їх здатність протидіяти негативним факторам навколишнього середовища.

Глинистые минералы группы каолинита	3-20	Гидрофобные	Амфидол	$nR_{\text{гум}}$ $\begin{cases} (\text{COOH})\text{COO}^- \\ (\text{OH})\dots\text{O}^- \end{cases}$	Гели
Глинистые минералы группы монтмориллонита	80-120	Гидрофильные	Амфидол		Легко обратимые гели
Гумусовые кислоты и их соли	200-300	Гидрофильные	Амфидол		Легко обратимые гели, пленки на более крупных фракциях
Гидроксид алюминия	2-3	Гидрофобные	Амфидол при $\text{pH} > 8,1$	$[(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O})\dots\text{Al}(\text{OH})_2\text{O}] \text{H}^+$	Трудно обратимые гели, пленки на более крупных фракциях
			Базид при $\text{pH} < 8,1$	$[\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}\dots\text{Al}(\text{OH})_2]^- \text{OH}^-$	
Гидроксид железа	2-3	Гидрофобные	Амфидол при $\text{pH} > 7$	$[\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}\dots\text{Fe}(\text{OH})_2\text{O}] \text{H}^+$	Трудно обратимые гели, пленки на более крупных фракциях
			Базид при $\text{pH} < 7,1$	$[(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O})\dots\text{Fe}(\text{OH})_2]^+ \text{OH}^-$	
Белковые вещества	Не определялось	Гидрофильные	Амфидол при $\text{pH} > 7$	$[(R_{\text{гум}}-\text{COOH} \cdot \text{NH}_2)\dots\text{COO}^-] \text{H}^+$	Гели
			Базид при $\text{pH} < 7$	$[(R_{\text{гум}}-\text{COOH} \cdot \text{NH}_2)\dots\text{NH}_2\text{H}^+] \text{Cl}^-$	
Гидроксид кремния	0	Гидрофильные	Амфидол	$[(\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O})\dots\text{SiO}^-] 2\text{H}^+$	В щелочной среде золи

Рис. 7.18. Склад ґрунтового вбирного комплексу (ГВК).

Звичайно, що вся система хімічної взаємодії у ґрунтах не можлива без участі реакційного середовища – *ґрунтового розчину*. Основні процеси ґрунтоутворення відбуваються лише при наявності вільної води. Ґрунтова волога є тим середовищем, в якому відбуваються процеси синтезу і розкладання органічних речовин, міграція і акумуляція хімічних елементів, різноманітні хімічні реакції, коагуляція, пептизація тощо. Багато речовин міститься у воді в розчиненому стані. Тому ґрунтову вологу називають ґрунтовым розчином. Ґрунтовий розчин – найактивніша частина ґрунту. Він постійно перебуває в стані динамічної рівноваги з твердою фазою і повітрям ґрунту. Більша частина хімічних сполук перебуває в ґрунтовому розчині у вигляді іонів.

Крім мінеральних сполук у ґрунтовому розчині містяться водорозчинні органічні сполуки: органічні кислоти, фульвокислоти, амінокислоти, цукри, спирти та ін.

Концентрація розчинених речовин визначає величину *осмотичного тиску ґрунтового розчину*. Осмотичний тиск незасолених ґрунтів не перевищує 2-3 атмосфери. У посушливі періоди, коли концентрація ґрунтового розчину підвищується, підвищується і осмотичний тиск, при зволоженні ґрунту – знижується. У засолених ґрунтах осмотичний тиск ґрунтового розчину досягає 10 атм і більше.

Величина осмотичного тиску впливає на засвоєння води корінням рослин. Якщо осмотичний тиск ґрунтового розчину більший, ніж тиск клітинного соку, то надходження води в кореневі волоски припиняється, незважаючи на значний вміст вільної води в ґрунті. В цьому разі рослина гине від фізіологічної посухи.

**Основними аніонами ґрунтового розчину є**  $(\text{HCO}_3)^-$ ,  $(\text{NO}_2)^-$ ,  $(\text{NO}_3)^-$ ,  $(\text{PO}_4)_3^-$ ,  $(\text{SO}_4)_2^-$ ,  $\text{Cl}^-$  та ін. У незасолених ґрунтах переважає бікарбонат-іон, а в засолених – хлор- і сульфат-іон.

**Основні характеристики аніонів ґрунтового розчину:**

1.  $\text{HCO}_3$  – разом з  $\text{NO}_3$  – в незасолених ґрунтах становить основну масу аніонів ґрунтового розчину (до 90%). Кількість  $\text{HCO}_3$  – в ґрунтовому розчині сильно варіює залежно від інтенсивності процесів окислення органічної речовини і утворення вуглекислоти. У карбонатних ґрунтах або вапнованих – концентрація карбонатів постійно зберігається високою завдяки їх розчиненню.

2.  $\text{NO}_3$  – проявляється в ґрунті в результаті біологічного процесу нітрифікації (при розкладанні органічних залишків звільняється аміак, далі він окислюється до нітритів, а потім – до нітратів).

3.  $\text{NO}_2$  – аніон азотистої кислоти (нітрити). У ґрунтах зустрічається в помітних кількостях рідко, тому що при сприятливих обставинах швидко окислюється до нітратів –  $\text{NO}_3^-$ . Накопичення їх можливо при несприятливій реакції середовища (рН) або аерації.

4.  $\text{Cl}^-$  – в ґрунті міститься незначна кількість завдяки гарній розчинності і вимиванню солей.

5.  $\text{SO}_4^{2-}$  – з'являється в ґрунтовому розчині завдяки розчиненню сульфатів (гіпсу). Крім того, під впливом сіробактерій  $\text{H}_2\text{S}$ , що утворюються при гнитті органічних залишків, окисляється до сірчаної кислоти. У засолених ґрунтах кількість хлоридів, сульфатів досягає значних величин.

6. **Фосфат-іони** ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) не зустрічаються в ґрунтовому розчині високої концентрації, оскільки вони малорозчинні (мінеральні фосфат-іони зв'язані з  $\text{Ca}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Al}$ ; органічні фосфат-іони пов'язані з гумусом) і поглинаються ґрунтом (фізико-хімічне поглинання). Вміст фосфат-іонів мінеральних і органічних в ґрунтовому розчині приблизно однаковий. Для рослин головним джерелом фосфору є  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Фосфат-іон  $\text{PO}_4^{3-}$  в живленні рослин практично не бере участь.

**Основними катіонами ґрунтового розчину є**  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}^+$ . В незначній кількості містяться рідкісні та розсіяні елементи, а саме:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  та ін. В засолених ґрунтах багато  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  і  $\text{V}^{3+}$ . **До основних властивостей катіонів ґрунтового розчину відносять:**

Катіони знаходяться в ґрунтовому розчині у вигляді солей (силікатів, карбонатів, сульфатів і ін). Катіони знаходяться в поглинутому стані на поверхні колоїдних частинок.

$\text{Ca}^{2+}$  вважається катіоном підтримуючим родючість у зв'язку з його багатогранною значимістю. Він присутній у всіх без винятку ґрунтах, але в різних кількостях і в різних співвідношеннях з іншими катіонами. Оптимальність його вмісту – 80-90% від **ємності катіонного обміну** (ЕКО). Це величина характерна для чорноземів. Присутність кальцію в таких кількостях забезпечує 99,9%-ву коагуляцію колоїдних систем, а, отже, створюється необхідна передумова для високого структуроутворення при

активній діяльності кореневих систем трав'янистої рослинності і достатнього вмісту гумусових речовин.

$Mg^{2+}$  – магній завжди супроводжує кальцій. Типове співвідношення  $Ca^{2+}: Mg^{2+} = 5:1$ . В таких кількостях його дія подібна дії кальцію. Екологічна дисгармонія ґрунтової середовища може виникати в лужних ґрунтах при підвищенні кількості магнію в ГВК за рахунок зниження вмісту  $Ca^{2+}$ , тобто при зміні співвідношення Ca:Mg в бік магнію. В цьому випадку сам магній викликає підвищення лужності у зв'язку з присутністю в ґрунтовому середовищі карбонатів і бікарбонатів магнію. Присутність магнію в ГВК підтримує властивості солонцюватості ґрунтів і навіть призводить в окремих випадках до утворення особливих ґрунтів – магнієвих солонців. При високому вмісті обмінного магнію зростає розчинність гумусових речовин і погіршується структура ґрунту, знижується водопроникність, що негативно позначається на водному режимі. При підвищеному вмісті обмінного магнію посилюється негативна дія обмінного натрію при невисокому вмісті останнього в ґрунті.

3.  $Na^+$  – натрій в кількостях менше 3% від ЕКО – необхідний компонент оптимального для біоценозів функціонування ґрунтової системи. У цьому випадку натрій забезпечує дисперсність колоїдів на рівні близько 0,1%, що важливо для рухливості, динамічності для мінералізації гумусових речовин і забезпечення ґрунтових розчинів біологічно необхідними компонентами. Однак слід визнати, що ця роль натрію в ґрунтознавстві та агрохімії вивчена недостатньо. Натрій як обмінний катіон є активним пептизатором колоїдів при його концентрації в ґрунтовому розчині нижче порогу коагуляції. При цьому в стан золя переходять усі колоїдні системи, ґрунт набуває властивостей солонцюватості, стаючи текучим, в'язким, безструктурним. У розчинах з'являються лужні солі, рН яких може сягати 9,5-10,0. Утворюються особливі солі – солонці.

4.  $K^+$  – в живленні рослин – основне джерело доступного калію. Надлишок калію може викликати солонцеватість ґрунтів.

5.  $NH_4^+$  – іон амонію: єдина можлива акумуляція доступного рослинам азоту. Поглинається колоїдами в процесі амоніфікації. Легко використовується кореневими системами рослин. Не накопичується в кількостях, що перевищують 3% від ЕКО. Фізична і фізико-хімічна значимість не вивчена. Підвищений вміст свідчить про нестачу азоту.

6.  $H^+$  – обмінний водень – джерело ґрунтової кислотності. Його присутність завжди фіксується в бескарбонатних ґрунтах, тобто в ґрунтах, що не містять  $CaCO_3$ . У нейтральних ґрунтах при рН від 6,5 до 7,2 водень присутній у ГВК у кількостях менше 5% від ЕКО. В цих умовах обмінний водень екологічно нейтральний. В кількостях більше 5% від ЕКО починають проявлятися кислотні властивості ґрунтів. При цьому кислотні властивості проявляються сильніше при підвищенні кількості  $H^+$  в колоїдно-поглинутому стані. Максимум кислотності ґрунтового середовища настає коли серед обмінних катіонів водню стає більше 40-50%, рН ґрунту при цьому стає

кислим і сільнокислим (рН 3-5). Максимальна кількість водню в ГВК може досягати 80% від ЕКО.

7.  $Al^{3+}$  – алюміній в обмінному стані – інтенсивний коагулятор колоїдів. Є об'єктом пильної уваги в кислих ґрунтах. При переході в ґрунтовий розчин утворює гідролітично кислі солі, що сприяють підвищеній пептизації  $Al^{3+}$  в ґрунтовому середовищі, тому враховується при визначенні кислотності ґрунтів, нарівні з іоном водню. Алюміній вивчається як фізіологічно токсичний катіон.

8.  $Fe^{3+}$  – інтенсивний коагулятор колоїдів, як і алюміній у вологих тропічних ґрунтах. Бере участь у створенні структурних мікроагрегатів

Вміст обмінних катіонів у ґрунті виражається як в абсолютних величинах (мг. екв/100 г ґрунту), так і у відносних (% від ємності обміну) (рис. 7.19).

$Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, NH_4^+, H^+, Al^{3+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}$

Підзолисті –  $Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^+, H^+, Al^{3+}$ ,

Сірі лісові –  $Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, NH_4^+, H^+$

Чорнозем звичайний, південний –  $Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, NH_4^+, Na^+$

Чорнозем вилугований, опідзолений –  $Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, NH_4^+, H^+$

Солонець –  $Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+$

Каштанові –  $Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+$

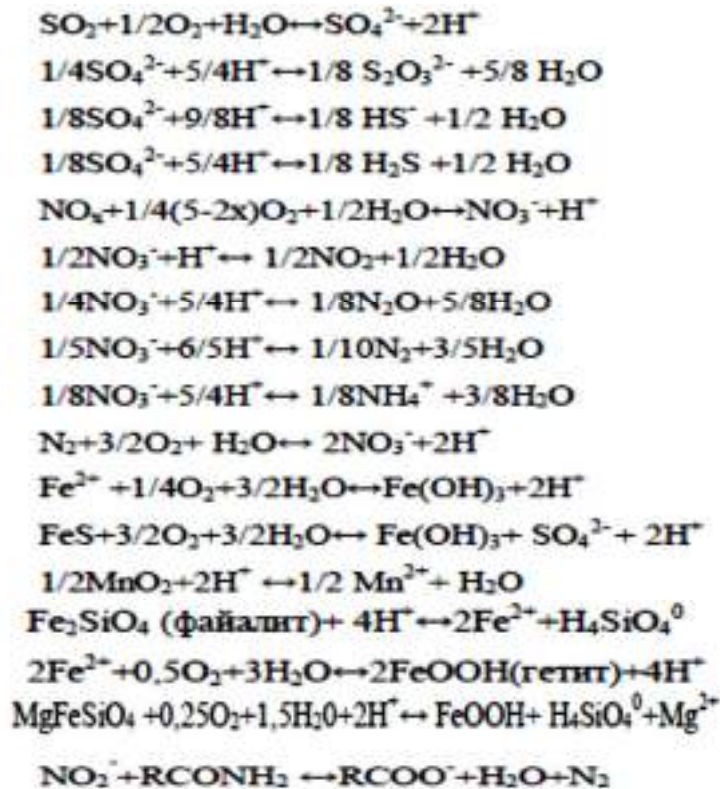


Рис. 7.19. Хімізм основних окисно-відновних реакцій в ґрунтовому розчині.



Основний показник, який визначає поглинальний потенціал ґрунту – **ємність поглинання** (К.К. Гедройц) – максимальний вміст катіонів, які може утримати ґрунт в обмінно-поглиненому стані. В даний час цей показник називають ємністю катіонного обміну (ЕКО), виражається в міліграм-еквівалентах на 100 г ґрунту (табл. 7.3). Величина ємності обмінного поглинання коливається в залежності від реакції середовища, яка визначає загальну величину потенціалу колоїдів.

Таблиця 7.3

Шкала оцінки ємності катіонного обміну

ЕКО, мг-екв на 100 г ґрунту	Об'єкти спостереження
3-5	Занадто низька поглинальна здатність, що спостерігається в сильноелювійованих горизонтах підзолів, які складаються цілком з кремнезему і кварцу
5-10	Дуже низькі значення. Це піски полевошпатові, пісчані і супіщані ґрунти, карбонатні лесси з домінуванням в гранулометричному складі пилюватих фракцій, малогумусні сіроземи
10-15	Низька поглинальна здатність, типова для ґрунтів легкого суглинистого складу і також для ґрунтів і кори вивітрювання з великою кількістю вільних оксидів заліза і алюмінію, характерних для вологих тропіків і субтропіків; глини і суглинки.
15-25	Середня величина. Спостерігається, як правило, в ґрунтах з промивним водним режимом і невисоким вмістом гумусу (сірі і бурі лісові ґрунти)
25-35	Поглинональна здатність вище середньої. Це характерно для гумусових горизонтів сухостепових, напівпустельних ґрунтів, лесовидних, покривних і інших глин і суглинків з відносно рівномірним поєднанням гідролюд, каолініту.

Склад обмінних катіонів в різних ґрунтах неоднаковий і залежить від типу ґрунтоутворення. У поглинутому комплексі всіх ґрунтів – кальцій і магній. У солонцях – натрій, в кислих – водень і алюміній.

В залежності від складу обмінних катіонів (К.К.Гедройцу) у ґрунтах, насичених основами, в складі обмінних катіонів присутні кальцій, магній і натрій, а у ґрунтах ненасичених основами – містять поряд з кальцієм і магнієм значну кількість катіонів водню і алюмінію.

Наявність електричного заряду обумовлює електрокінетичні властивості, найголовнішими з яких є, уже згадувані, коагуляція і пептизація.

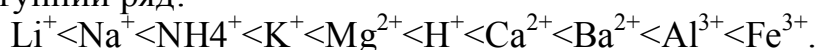
Колоїди можуть перебувати у 2-х станах: золя (колоїдного розчину) і гелю (колоїдного осаду). Коагуляція – перехід колоїду зі стану золя в стан гелю. Колоїди втрачають заряд і відбувається злипання в агрегати.

**Коагуляція** викликається дією електролітів, іони яких несуть протилежний знак заряду; при взаємодії двох колоїдних систем, з різнойменно зарядженими частинками; в результаті висушування або заморожування ґрунту (відбувається дегідратація гідрофільних колоїдів і підвищення концентрації електроліту в розчині). Найбільш легко коагулюють гідрофобні колоїди, важче – гідрофільні (наявність на поверхні водної оболонки). Гелі можуть бути оборотними та необоротними. Коагуляція сприяє утворенню ґрунтової структури, зменшення зв'язності важких за гранулометричним складом ґрунтів, збереження від вимивання колоїдів.

**Пептизація** – перехід зі стану гелю в золь. Вона викликається відновленням заряду і підвищенням е-потенціалу колоїдної системи. Пептизація ґрунтових колоїдів відбувається при видаленні надлишку електроліту (у випадку обернених гелів) і дії іонів, які збільшують заряд ацидоїдів. При пептизації руйнується структура, колоїди розпорошуються і набувають здатність до пересування по ґрунтовому профілю.

Особливим явищем представляється процес **тиксотронії колоїдів** – явище, при якому утворюється з золя гель не відділяючись від дисперсійного середовища, а змінює свою щільність разом з ним і здатний повертатися в стан золя при механічному впливі. Явище тиксотронії поширене в ґрунтах на глинистих породах, у тому числі поширених в зоні багаторічної мерзлоти. Фізичний стан колоїдів значною мірою залежить від складу поглинених катіонів.

Чим більше валентність поглинених катіонів і більше їх заряд, тим менше електроенергетичний потенціал частинки і тим легше йде процес коагуляції. К. К. Гедройц розташував всі катіони за їх коагулюючою здібністю в наступний ряд:



Колоїди, насичені одновалентними катіонами, що знаходяться в основному, у стані золю; при заміні одновалентних катіонів двох- або трьохвалентними переходять в гель.

Реакція ґрунту також впливає на стан колоїдів. Реакція кисла сприяє розчиненню деяких колоїдів, наприклад, гідроксиду алюмінію; лужна реакція стимулює випадання в осад колоїдів півтораокислів і перехід в стан золя органічних і деяких мінеральних колоїдів.

Розглянуті електрокінетичні властивості колоїдів мають велике значення в ґрунтоутворенні, тому що обумовлюють їх здатність до акумуляції та пересуванню в межах ґрунтового профілю і до їх участі в формуванні акумулятивних, елювіальних і іллювіальних горизонтів ґрунтів.

Величезне значення мають адсорбційні властивості колоїдів – здатність поглинати катіони, аніони і цілі молекули речовин, які знаходяться в ґрунтовому розчині.

**Ємкість поглинання** того чи іншого ґрунту залежить від співвідношення у вбирному комплексі між ацидоїдами і базойдами, від реакції середовища, кількості гумусу тощо. Наприклад, чим більше у ґрунті негативно заряджених колоїдних частинок кремнієвої і гумінової кислот на одиницю позитивно заряджених (гідроокис алюмінію або заліза), тим вища ємкість вбирання. У кислих ґрунтах ємкість вбирання менша порівняно з лужними. Зростає вона із збільшенням колоїдів у ґрунті. Органічні колоїди мають значно вищу ємкість вбирання порівняно з мінеральними. На піщаних ґрунтах вона значно нижча, ніж на глинистих. Вміст у ґрунті обмінних катіонів виражають у міліграм-еквівалентах (1/1000 г-екв) на 100 г ґрунту.

**Грам-еквівалентом елемента** називають відношення атомної ваги елемента до його валентності. Величина ємкості вбирання в різних ґрунтах неоднакова і коливається від 1,2 до 50 мг-екв і більше на 100 г ґрунту залежно від механічного складу ґрунту, кількості колоїдів у ньому, вмісту гумусу, активної реакції середовища тощо. На фізичні і фізико-хімічні властивості ґрунту впливають не тільки величина вбирного комплексу і кількість увібраних катіонів, а й склад їх. Ґрунти в природному стані містять найбільше таких катіонів, як кальцій, магній, натрій, водень, калій і амоній. Окремі увібрані катіони дуже помітно впливають на ґрунтотворний процес, фізичні властивості і родючість ґрунту.

**Ємність поглинання або сума обмінних основ:**

- зменшується з підвищенням кислотності ґрунту;
- найбільша на важких ґрунтах, у колоїдних частинок органічного походження.

Ємність поглинання  $E = 1-5$  до 30-40 мг \ екв (міліграм-еквівалент) на 100 грам ґрунту (табл. 7.4-7.6).

Таблиця 7.4

Ємність поглинання різних ґрунтів

Ґрунти	Ємність поглинання, мг-екв на 100 г ґрунту	Характерні поглинуті катіони
Дерново-підзолисті	10-30	Ca, H > Mg
Сірі лісові	20-40	Ca > Mg > H
Чорноземи	40-60	Ca > Mg
Каштанові	15-30	Ca > Mg > Na
Сіро-бурі	10-20	Ca > Mg, Na, K
Червоноземи	10-18	H > Mg > Ca

Кальцій витісняється з ГВК воднем, вступає у взаємодію з фульвокислотами і вилугується з ґрунту. Колоїди розпоршуються, структура ґрунту руйнується (рис. 7.20).

Таблиця 7.5

Ємність обмінного поглинання катіонів глинистих мінералів і ґрунтових колоїдів (при рН 7)

Назва колоїду	Ємність обміну, мг-екв /100г	Назва колоїду	Ємність обміну, мг-екв /100г
Каолініт	3-15	Мінеральні колоїди чорнозему	70-90
Монтморилоніт	60-150	Гумінові кислоти	400-500
Вермикуліт	65-145	Органо-мінеральні колоїди чорнозему	150-250
Ілліт	20-40		

Таблиця 7.6

Ємність вбирання мінеральних і органічних колоїдів ґрунту

Глинисті мінерали і гумусні сполуки	Ємність вбирання, мг-екв/100 г ґрунту
Глинисті мінерали групи каолініту (за М.І.Горбуновим, 1963)	3 – 2
Глинисті мінерали групи монтморилоніту (за Шахтнабелем, 1952)	60 – 150
Гідрослюди (за М.І.Горбуновим, 1963)	20 – 50
Гумінові кислоти і їхні солі (за М.М.Коновою, 1963): - підзолистих ґрунтів - чорноземних ґрунтів	350 400 - 500

Насиченість обмінними основами можна виразити в %: від 10-20% до 70-90%. Залежно від складу увібраних катіонів, К. К. Гедройц всі ґрунти поділив на насичені і ненасичені основами.

До першої групи належать ґрунти, у вбирному комплексі яких переважають катіони кальцію, магнію, натрію, а до другої – ті, в яких разом з кальцієм і магнієм у вбирному комплексі є й катіони водню і алюмінію.

**Ґрунт, насичений обмінними основами:**

- містить в ГВК достатньо кальцію і магнію;
- багатий іншими мінеральними елементами;
- пухко складений, добре оструктурений (приклад – чорнозем).

**Ґрунт, ненасичена обмінними основами**

- містить в ГВК багато водню;
- бідний мінеральними елементами;
- щільне складення;
- погано оструктурений (приклад – підзолисті ґрунти).

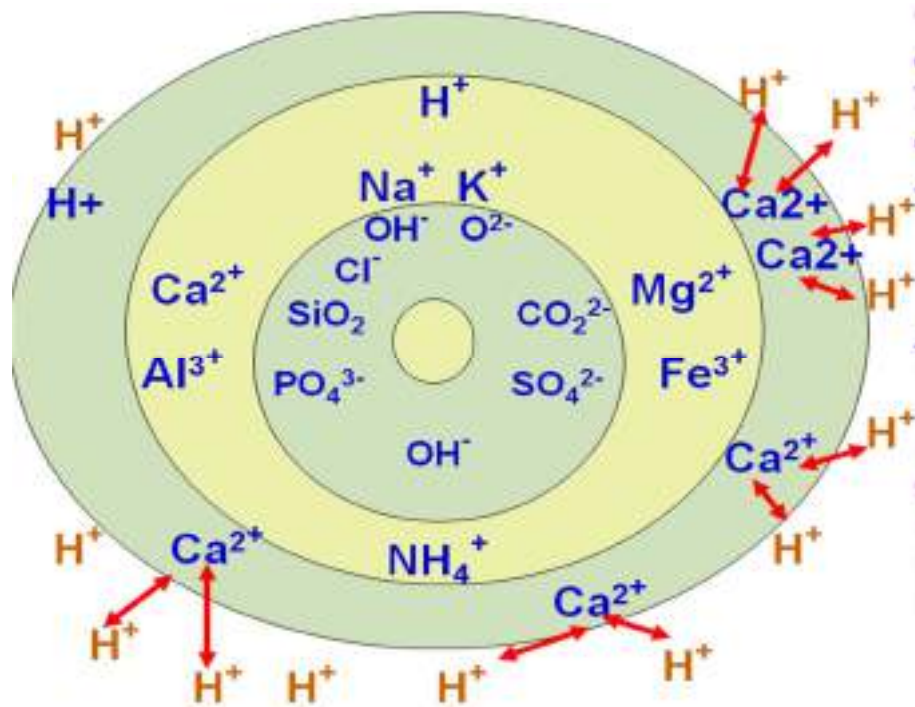


Рис. 7.20. Участь колоїдів в іонному обміні у кислому середовищі.

**Насичені** кальцієм і магнієм ґрунти сприятливі для розвитку рослин, мають найкращі фізичні властивості і добре виражену структуру. Ґрунти, в яких до складу увібраних основ входять катіони водню й алюмінію, вважаються ненасиченими основами (кислими).

До **ненасичених** ґрунтів належать підзолисті та частково сірі опідзолені ґрунти Полісся і опідзолені чорноземи лісостепової зони. У підзолистих ґрунтах вміст увібраних катіонів водню коливається у великих межах і часто досягає 40-70%. Ґрунти з увібраними іонами водню і алюмінію найбільш кислі, безструктурні, мають несприятливі фізичні властивості і легко запливають. У природі досить поширені, особливо в зоні сухих степів, ґрунти, які у вбирному комплексі містять від 10 до 40, а інколи навіть і до 50% катіонів натрію. Ґрунти, які містять натрій у вбирному комплексі, мають лужку реакцію, безструктурні; в них, як і в підзолах, колоїди вимиті з верхніх горизонтів у нижчі і добре виражені елювіальний та ілювіальний горизонти. Фізичні властивості їх також несприятливі для рослин. Як показали досліді С. І. Соколова, ґрунти, вбирний комплекс яких дуже насичений катіонами магнію (40-50%), мають властивості, подібні до солонців, насичених натрієм (злита будова, щільність, в'язкість тощо).

**Ступінь насиченості ґрунту основами** визначають за такою формулою:

$$V = \frac{S \cdot 100}{E} \text{ або } \frac{S \cdot 100}{S + H},$$

де  $V$  – ступінь насичення ґрунту основами, %;  $S$  – сума обмінних катіонів, мг-екв;  $E$  – ємкість вбирання, мг-екв (у кислих ґрунтів  $E = S + H$ ;  $H$  – гідролітична кислотність, мг-екв.)

Ступінь насичення ґрунту основами характеризує вбирну здатність і кислотність ґрунтів. Чим більше ґрунт насичений основами, тим менше у вбирному комплексі його іонів водню. Так, ступінь насичення основами чорноземів України становить 80-98%, підзолистих – 23-30%) а дерново-підзолистих ґрунтів поліської зони – 60-82%.

**Екологічне значення колоїдів ґрунту та вбирної здатності ґрунту.** Колоїди впливають на всі види вбирної здатності ґрунту, на формування їх структури, а значить і на агрофізичні та фізико-хімічні його властивості. Наприклад: чим більше колоїдів, тим більш важкий гранулометричний склад. Ґрунтові колоїди, володіючи величезною питомою поверхнею і енергією, беруть активну участь у всіх процесах, що протікають в ґрунтах. Різноманітність складу ґрунтових колоїдів, здатність їх пересуватися під дією вологи в ґрунті у формі колоїдних розчинів – золів і закріплюватися у формі гелів призводить до утворення ґрунтових шарів – горизонтів, що відрізняються складом і властивостями колоїдів, проникнення в глиб материнських порід органічних і органо-мінеральних речовин. В залежності від катіонів, що насичують колоїди, і їх клеючих властивостей формуються різні за розмірами і стійкості до води ґрунтові грудочки, що зумовлюють різноманітність водно-фізичних властивостей ґрунтів. Здатність до дисоціації і пов'язана з цим хімічна активність забезпечують участь колоїдів у всіх фізико-хімічних процесах, обумовлюючи присутність у ґрунтових розчинах елементів живлення і одну з найважливіших властивостей ґрунтів – поглинаючу здатність. Вказані вище характеристики фізико-хімічних явищ у ґрунтах знаходять широке практичне застосування в меліорації ґрунтів, при розрахунку доз добрив, є незамінними при науковому обґрунтуванні проведення агрохімічних заходів для підвищення родючості ґрунтів, розробці методів покращення екологічного стану ґрунтів, розробки заходів боротьби з токсикацією ґрунту та його забрудненням важкими металами та радіоактивними елементами.

## 7.2. Ідентифікація реакції ґрунтового розчину

Найважливішим регулятором реакції ґрунту є перебуваючі в ньому солі. Нейтральні, кислі, лужні солі, переходячи з твердої фази в розчин при зволоженні і назад при висушенні, надають відповідний вплив на характер реакції ґрунтового розчину. Впливають на характер реакції середовища:

- атмосферні опади;
- вугільна кислота;
- сульфіді. При окисненні сульфідів може утворитися сірчана кислота, яка викликає сильне підкислення ґрунтів (при осушенні мангрових або маршових ґрунтів їх рН може знизитись з 7-8 до 2-3).
- гумінові і фульвокислоти, ненасичені катіонами (рН може знижуватися до 3-3,5).
- вільні органічні кислоти (оцтова, щавлева, лимонна і ін.)

Для родючості ґрунтів велике значення має оцінка їх **кислотності** або **лужності**. Вона проявляється при взаємодії ґрунту з водою або розчинами солей і визначається співвідношенням вільних іонів  $H^+$  і  $OH^-$  в ґрунтовому розчині (рН). Реакція ґрунтового розчину в різних ґрунтах коливається від рН 3-5 до 8-9 і вище. Найбільш кисла реакція у болотних ґрунтів верхових торфовищ; у підзолистих і дерново-підзолистих ґрунтів – рН 4...6; у чорноземів реакція близька до нейтральної. Найбільш лужна реакція у солончаків, особливо содових (рН 8-9 і вище). Для сільськогосподарських рослин найбільш сприятлива слабокисла або слаболужна реакція; найменш сприятлива – сильнокисла і особливо сильнолужна. У кислому середовищі переважає грибна мікрофлора, в нейтральній і слабколужній – бактеріальна.

Реакція ґрунту (кислотність, лужність) залежить від того, які речовини поглинуті ним. Якщо ГВК насичений воднем або алюмінієм, реакція буде кислою, якщо натрієм – лужною; ґрунт, насичений кальцієм, буде мати нейтральну реакцію. В різних ґрунтах реакція ґрунтового розчину коливається в межах від 3,5 до 9. Так, найбільшою кислотністю характеризуються болотні ґрунти верхових торф'яників. Підзолисті і дерново-підзолисті ґрунти характеризуються кислою реакцією середовища з рН 4-6. Близьку до нейтральної реакцію розчину мають ґрунти чорноземного типу. І найбільш лужна реакція у солончаків, особливо содових – рН 8-9 (рис.). Різко негативною властивістю ґрунту є його кислотність – вона пригнічує розвиток більшості культурних рослин, посилює руйнування мінералів ґрунту, викликаючи опідзолювання останньої. Кислотність ґрунту має складну природу. Її носієм є обмінні катіони  $H^+$  і  $Al^{3+}$  ґрунтових колоїдів. Джерелом обмінного іона  $H^+$  є органічні кислоти, що утворюються при розкладанні і гуміфікації органічних решток, а також вугільна кислота. Джерелом обмінного  $Al^{3+}$  – алюміній кристалічної решітки глинистих мінералів.

Ступінь кислотності ґрунтів оцінюють за **водневим показником (рН)** – величина, що характеризує концентрацію (активність) іонів гідроксонію в ґрунтових розчинах, чисельно дорівнює логарифму молярної концентрації  $H_2O^+$ , взятому з протилежним знаком.

**Водневий показник** – негативний десятковий логарифм числового значення молярної концентрації (активності) іонів гідроксонію (іонів водню), виражений в моль/л:

$$pH = - \lg [H^+] = - \lg [H_3O^+]$$

Величину рН використовують як міру кислотності, нейтральності або основності водних розчинів:

– у кислих розчинах  $[H^+]$  більше  $10^{-7}$  і, таким чином, рН менше 7 (рН < 7);

– в нейтральних розчинах  $[H^+] = 10^{-7}$ , а рН = 7;

– у лужних розчинах  $[H^+]$  менше  $10^{-7}$  і рН більше 7 (рН > 7).

Зміна рН на одиницю означає десятикратну зміну концентрації водневих іонів. Виділяють різні категорії кислотності (рис. 7.21-7.22).



Рис. 7.21. Класифікація кислотності ґрунтів.



Рис. 7.22. Кінетика формування різних типів кислотності.

**Актуальна кислотність ґрунту** – обумовлена наявністю водневих іонів (протонів) в ґрунтовому розчині, активність яких залежить від властивостей (іонної сили) розчину, що впливає на коефіцієнт активності іона. Актуальна кислотність ґрунту вимірюється при взаємодії ґрунту з



дистильованою водою [водний рН, рН<sub>Н<sub>2</sub>О</sub>] при розведенні 1:2,5 або в суспензії. Іноді рН ґрунту вимірюють безпосередньо в ґрунті при природній вологості, але для цього він повинен бути досить зволожений і гомогенним для забезпечення надійного контакту з вимірювальним електродом. Можна актуальну кислотність ґрунту вимірювати і колориметричним методом або шляхом титрування.

**Кислотність ґрунту потенційна** або **пасивна** – кислотність твердої фази ґрунту, зумовлена іонами гидроксонію (іонами водню), що знаходяться в поглинутому стані або з'являються в результаті гідролізу, тому потенційну кислотність розділяють на обмінну та гідролітичну.

**Обмінна кислотність ґрунту** – кислотність ґрунту, обумовлена наявністю іонів Н<sup>+</sup> або АІ<sup>3+</sup> в поглинутому стані. Обмінна кислотність названа так тому, що вона виявляється в результаті обміну поглинених колоїдами іонів Н<sup>+</sup> або АІ<sup>3+</sup> на катіони сольового розчину, яким обробляється ґрунт. Тому, на відміну від актуальної, обмінна кислотність є як би прихованою, або пов'язаною (рис. 7.23).

Іони Н<sup>+</sup> знаходяться в нерухомому і в дифузному шарах ґрунтової колоїдної міцели і міцно пов'язані з колоїдними частинками. Якщо привести ґрунт у взаємодію з розчином нейтральної солі, наприклад з хлоридом калію, то станеться витіснення іонів водню в розчин; при цьому утворюється соляна кислота, а еквівалентну кількість калію поглинається колоїдами:

Обмінна кислотність залежить від: кількості обмінних іонів Н<sup>+</sup> наявності у ГВК обмінних іонів АІ<sup>3+</sup>, які здатні переходити до ґрунтового розчину за схемою:

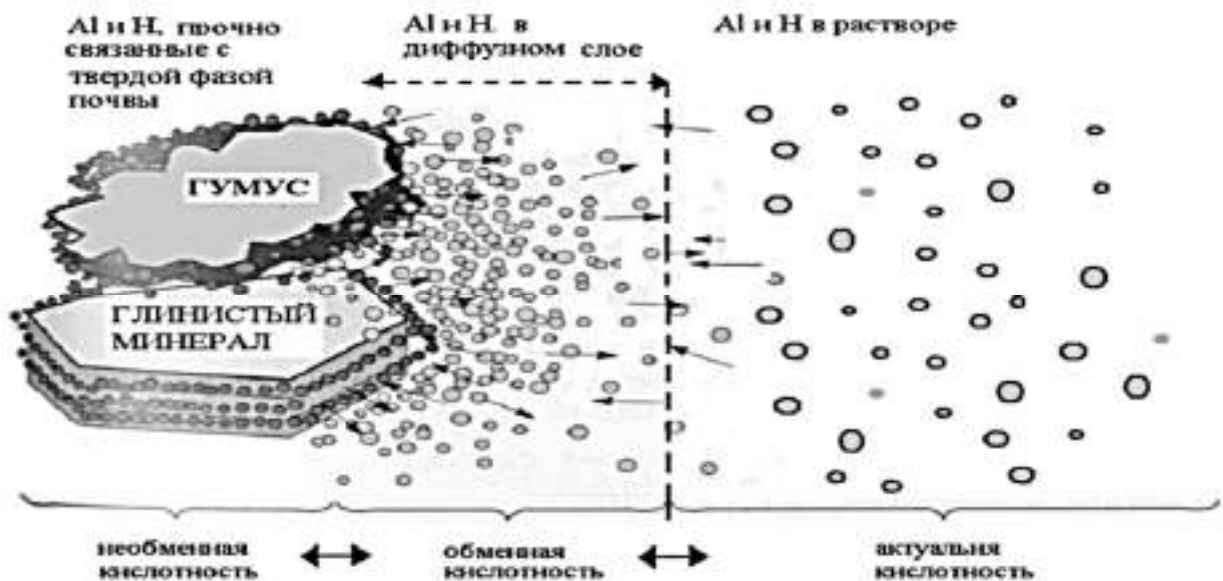
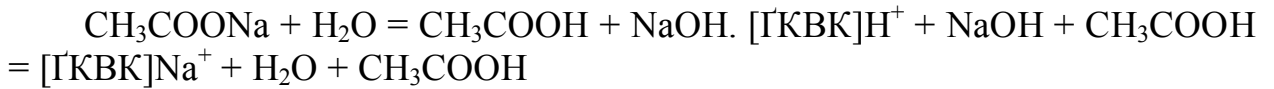


Рис. 7.23. Співвідношення між обмінними і неомінними кислотними компонентами і кислотними компонентами в ґрунтовому розчині (мовою оригіналу).

**Гідролітичною кислотністю** називають ту частину ґрунтової кислотності, яка визначається за допомогою 1,0 нормального розчину  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (ацетат натрію) з рН 8,2 ... 8,4. (рис. 7.24) Цю кислотність називають гідролітичною на тій підставі, що  $\text{CH}_3\text{COONa}$  є гідролітично

лужною сіллю. Лужна реакція розчину цієї солі і є головною причиною більш повного витіснення поглиненого водню з ґрунту. Кількість утвореної оцтової кислоти, яка визначається титруванням, характеризує гідролітичну кислотність.



При визначенні гідролітичної кислотності враховують усі види кислотності: активну (іони водню ґрунтового розчину), обмінну (увібрані водень та алюміній, які обмінюються на катіони нейтральної солі) і гідролітичну.

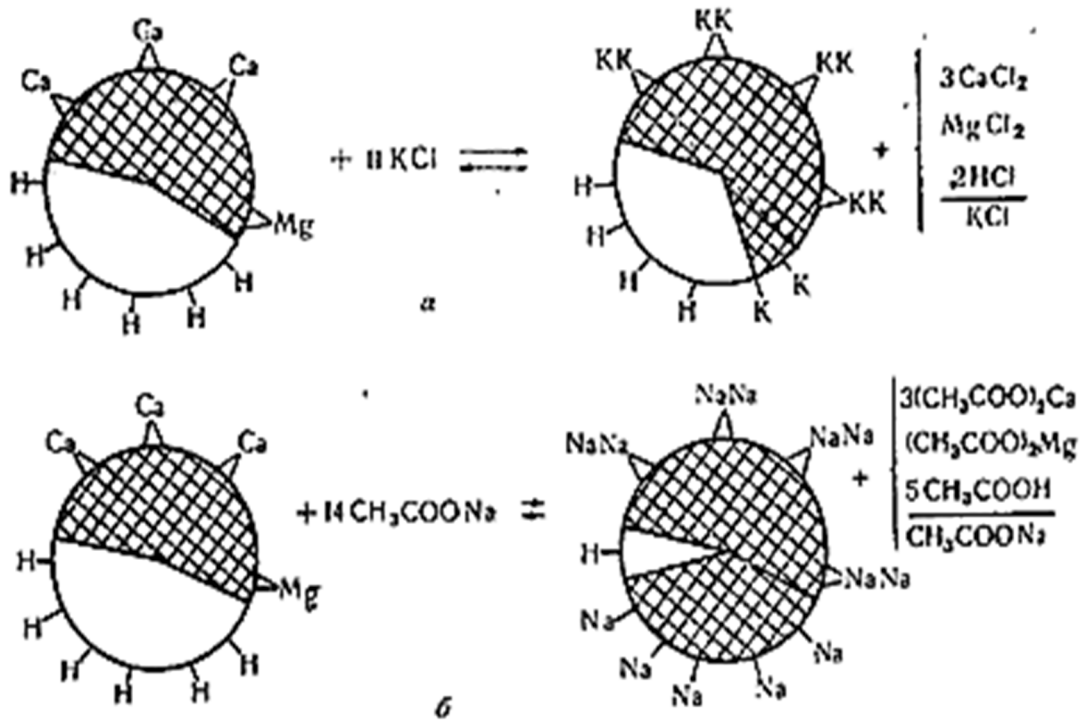


Рис. 7.24. Принципова схема обмінної (а) і гідролітичної (б) кислотності.

При відсутності актуальної та обмінної видів кислотності гідролітична не шкідлива для рослин і мікроорганізмів. Це спостерігається в усіх підтипах чорноземів, крім південних, але її значення в даних випадках необхідне для визначення ступеню насичення ґрунтів основами і для пояснення заміни суперфосфатів фосфоритним борошном. Для кислих ґрунтів (болотні, підзоли, дерново-підзолисті, сірі лісові, червоноземи та жовтоземи) одночасно з визначенням ступеню насичення основами показник гідролітичної кислотності використовують для визначення дози вапна при проведенні вапнування кислих ґрунтів

$$D_{\text{CaCO}_3} = H_2 \times 1.5$$

Значення гідролітичної кислотності в різних ґрунтах змінюється від 0,1 до 10 мг-екв. і більше на 100 грамів ґрунту. У звичайних чорноземах гідролітичної кислотності практично немає, тоді як в опідзолених чорноземах та сірих лісових ґрунтах вона може досягати 3 мг-екв. і більше на 100 г.

грунту. Найвищою є гідролітична кислотність у деяких торфових горизонтах болотних ґрунтів.

Спектр **методів визначення кислотності** дуже широкий: починаючи від просто лакмусового паперу і експрес-тестів, закінчуючи комплексними лабораторними аналізами.

**Потенціометричний метод** – заснований на вимірюванні електрорушуючої сили, яка виникає при занурюванні в розчин індикаторного та допоміжного електродів (рис. 7.25).



Рис. 7.25. Загальний вигляд ряду моделей рН метрів.

**Колориметричний метод** – передбачає застосування суміші індикаторів, які дозволяють визначати даний показник у великому діапазоні концентрацій (1-10; 0-12). Розчинами таких сумішей – універсальних індикаторів зазвичай пропитують стрічки індикаторного паперу, за допомогою якого можна швидко та точно (з точністю до одиниць рН або навіть десятих частин рН) визначити кислотність досліджуваних розчинів (за допомогою порівняння з еталонною кольоровою шкалою) (рис 7.26).



Рис. 7.26. Загальний вигляд індикаторів кислотності розчину.

**Визначення гідролітичної кислотності** – за методом Г. Каппена, що базується на визначенні кількості оцтової кислоти, що утворилась при взаємодії ґрунту з ацетатом натрію (відбувається в декілька стадій), титруванням. Ця кількість і характеризує гідролітичну кислотність (рис. 7.27).

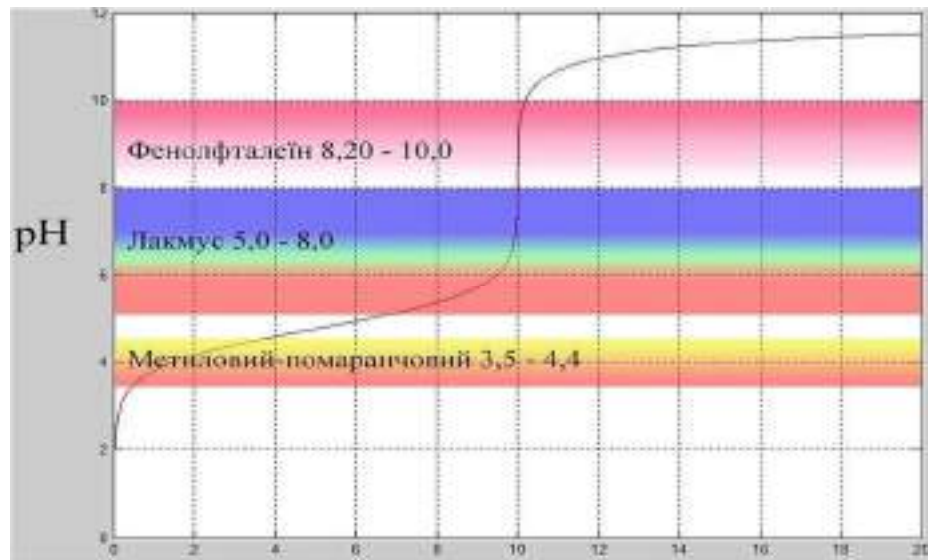


Рис. 7.27. Крива титрування за методом Г. Каппена.

В ґрунтознавстві, в залежності від величини рН, ґрунти поділяються на ряд категорій (табл. 7.7, рис. 7.28).

Таблиця 7.7

Градації кислотності ґрунтів залежно від показника рН

Значення рН	Ступінь кислотності ґрунтів
Нижче 4,5	Сильнокислі
4,5–5,0	Середньокислі
5,1–5,5	Слабокислі
5,5–6,0	Близькі до нейтральних
6,0–7,0	Нейтральні
7,0–8,0	Лужні



Рис. 7.28. Кольорова стандартна шкала рН.

**Агроекологічні особливості ґрунтів, зумовлені реакцією ґрунтового розчину.**

Наведений вище фактичний матеріал вказує на те, що реакція ґрунтового розчину відіграє дуже важливу роль у формуванні складу і властивостей ґрунту, які визначають особливості екологічних функцій цих

ґрунтів і, відповідно, їх агроекологічну характеристику. Вичерпну, на наш погляд, таку характеристику ґрунтів залежно від величини рН дає у своїй монографії В.Ф. Вальнов (1986).

**рН 4,0-5,0. Різкокисла реакція середовища.** Характерна для ґрунтів гумідних територій: сильно-підзолистих і болотних ґрунтів Бореального поясу, жовтоземно- і червоноземно-підзолистих Субтропічного поясу. Ці ґрунти сильно промиті від карбонатів кальцію і магнію, калію, бору, сірки, цинку, кобальту, йоду. Доступність фосфору для живлення рослин понижена.

Залізо (Ферум), алюміній і марганець (Манган) у рухомій формі і для багатьох рослин є токсичними. Діяльність бактерій пригнічена, а діяльність грибів активна. Ці ґрунти потребують суцільного вапнування. Фізичні властивості цих ґрунтів бувають сприятливими: їх колоїди зкоагульовані рухомими  $Al^{3+}$  і  $Fe^{3+}$ . У цих ґрунтів немає періоду весняної стиглості, їх можна обробляти улюбий сезон року. Такі ґрунти доцільно використовувати для вирощування кислотовитривалих культур.

**рН 5,0-6,0. Сильнокисла реакція середовища,** характерна для ґрунтів вологого клімату (підзолисті, дерново-підзолисті, бурі лісові ненасичені, жовтоземи і червоноземи). Стан фосфатів, сполук заліза (Феруму), алюмінію, мангану, кальцію, калію, бору, кобальту, йоду аналогічний різкокислим ґрунтам. Понижена діяльність бактерій, грибів – активізована. Суглинкові і глинисті ґрунти з таким рН мають погані фізичні властивості. Навесні ці ґрунти довго висихають. Сприятливі умови для обробітку бувають лише у вузькому діапазоні вологості: то ґрунт вологий і при оранці дає пласти, які легко зсихаються у глиби, то сухий, і рілля зразу брилиста. У Бореальному і Субтропічному поясах ці ґрунти потребують вапнування. На чайних плантаціях вапнування не проводять, а вносять кислі хелати заліза.

**рН 6,0-6,5. Слабкокисла реакція середовища,** зустрічається у ґрунтах вологого клімату (вилугувані чорноземи, сірі і бурі лісові, насичені жовтоземи і червоноземи). Фосфати перебувають у доступному стані, токсичність алюмінія і марганця понижена або відсутня, дефіцит сірки, кальція, калію, бору, кобальту, йоду не високий. Умови мінерального живлення близькі до оптимальних. Достатньо високі фізичні властивості. Висока активність життєдіяльності бактерій, зокрема нітрифікуючих. У цих ґрунтів чітко виражений період весняної стиглості. Оптимальні строки обробітку ґрунту після досягання досить тривалі.

**рН 7,5-8,5. Слабколужна реакція середовища,** характерна для ґрунтів сухих степів і напівпустель (чорноземи південні, каштанові, бурі напівпустель, коричневі субтропічні та інші). Фосфати, ферум, цинк і манган бувають у дефіциті. При систематичному внесенні фосфору виникає цинкова і мідна недостатність внаслідок антагонізму між цими елементами. Фізичні властивості, особливо на карбонатних породах; у солонцюватих ґрунтів – незадовільні. Мікробіологічна діяльність, нітрифікаційна здатність, умови мінерального живлення задовільні.

**pH 8,5-10. Сильнолужна реакція середовища**, яка характерна для ґрунтоутворюючої породи чорноземів і каштанових ґрунтів.

**pH 10-12. Різколужні ґрунти.** Трапляються в регіонах аридного клімату (солонці, содові солончаки). Мають виражені несприятливі фізичні властивості (безструктурні). Пригнічена діяльність мікроорганізмів. Потребують високих доз гіпсу.

Окрім кислотності для ґрунтів характерна і лужна реакція ґрунтового розчину. Розрізняють **актуальну** і **потенційну лужність** (рис. 7.29).



Рис. 7.29. Класифікуюче групування типів лужності ґрунту.

**Актуальна лужність** визначається вмістом у ґрунтовому розчині або водяній витяжці гідролітичнолужних солей, переважно карбонатів і гідрокарбонатів лужних і лужно-земельних металів ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ). Актуальна лужність може визначатися значенням pH водної витяжки, а також титруванням водної витяжки кислотою й оцінюватися в мг-екв на 100 г ґрунту.

**Потенційна лужність** ґрунтів визначається вмістом обмінного  $\text{Na}^+$ , оскільки натрій може переходити в ґрунтовий розчин, підлужнюючи його. Лужність ґрунтів прийнято оцінювати тільки за значенням актуальної лужності.

З процесами іонного обміну пов'язана така важлива властивість ґрунтів, як **буферність** – здатність ґрунту протистояти зміні реакції ґрунтового розчину у кислий або лужний бік при впливі різних факторів. Зазвичай

розрізняють: кислотно-лужну і окислювально-відновну буферність ґрунту, але можна говорити і про ізотонічну (або осмотичну) (рис. 7.30).

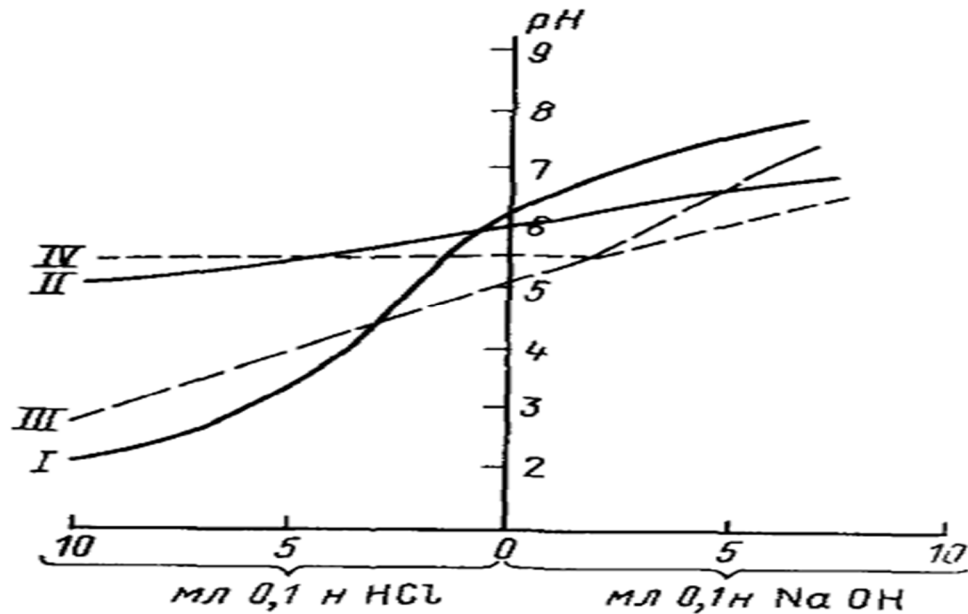


Рис. 7.30. Криві буферності ґрунтів: I – дерново-підзолистий супісчаний; II – опідзолений чорнозем; III – дерново-сильноопідзолений ґрунт; IV – вилугуваний чорнозем.

Буфер (від англ. buffer або buff – пом'якшувати поштовхи) – проміжна ланка, що послаблює зіткнення або конфлікт між двома сторонами.

**Буферність ґрунту кислотно-лужна** – здатність рідкої і твердої фаз ґрунту протистояти зміні реакції середовища (рН) при взаємодії ґрунту з кислотою або лугом, або при розведенні ґрунтової суспензії.

Крива буферності графічно виражає зміну рН ґрунтової суспензії при додаванні до ґрунту кислоти або лугу.

Будується вона в координатах: рН – кількість доданої кислоти (лугу).

Висока буферність проявляється в тих випадках, коли концентрації компонентів буферного розчину значно перевищують введену в розчин кількість сильних кислот або лугів. Крім того, важливо, щоб рН буферного розчину був близький до рК<sub>а</sub>. Іншими словами, згідно з рівнянням Гендерсона – Хассельбаха

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{C_s}{C_a} = \text{pK}_a + \lg 1 = \text{pK}_a$$

де C<sub>а</sub> – концентрація (активність) слабкої кислоти в буферному розчині, К<sub>а</sub> – константа її дисоціації, C<sub>с</sub> – концентрація (активність) солі цієї кислоти у тому ж буферному розчині.

**Буферна ємність** – кількість сильної кислоти (або лугу), яку треба додати до буферної системи, щоб змінити рН на одиницю. Вона визначається зміною рН при додаванні сильних кислот або основ до буферного розчину. Ця ємність зростає із збільшенням концентрації кислотно-лужного буферу (буферної кислотно-лужної системи).

Максимальна буферна ємність досягається при співвідношенні сіль/кислота, рівному 1.

У ґрунтознавстві величину буферної ємності виражають в еквівалентах.

**Буферні кислотно-лужні системи** – системи здатні протистояти зміні рН при підкисленні або підлужуванні. Це розчини суміші слабкої кислоти і її солі, що підтримують постійне значення концентрації  $H^+$  (рН) в розчині.

Властивості буферних кислотно-лужних систем, що містять слабку кислоту (або слабку основу) і її сіль, кількісно можуть бути виражені рівнянням Гендерсона – Хассельбаха:

$$pH = pK_a + \lg \frac{C_s}{C_a}$$

де  $C_a$  – концентрація (активність) слабкої кислоти в буферному розчині,  $K_a$  – константа її дисоціації,  $C_s$  – концентрація (активність) солі цієї кислоти у тому ж буферному розчині. Якщо буферна кислотно-лужна система представлена слабкою основою і її сіллю, то величина  $pOH = -\lg OH^-$  обчислюється за аналогічним рівнянням, але замість  $C_a$  підставляємо  $C_b$  – концентрацію (активність) основи і константу її дисоціації  $K_b$ .

Буферні кислотно-лужні системи, як відомо, мають здатність підтримувати рН на відносно сталому рівні – додавання до них в певних межах кислоти або лугу також мало змінює рН. Це пояснюється тим, що при додаванні сильної кислоти, наприклад, до ацетатної буферної суміші протони зв'язуються в молекулу оцтової кислоти і активність іонів водню змінюється порівняно мало.

**Ізотонічна буферність ґрунтів** – буферність, що дозволяє підтримувати постійний осмотичний тиск в ґрунті, а **ізотонічні розчини** – розчини, які мають однаковий осмотичний тиск (або ж два розчини, розділені напівпроникною мембраною і знаходяться в осмотичній рівновазі без обміну розчинником).

**Окислювально-відновна буферність ґрунтів** – буферність, що дозволяє підтримувати їх окислювально-відновний потенціал. **Окислювально-відновний потенціал** – потенціал, який встановлюється при зануренні інертного електрода (з платини або золота) в розчин, що містить окислювально-відновну пару речовин.

#### **Буферні системи ґрунтового розчину**

Буферні системи рідкої фази ґрунту (ґрунтового розчину) містять слабкі кислоти, луги та їх солі. З них найбільше значення мають карбонатні, фосфатні і білкові системи.

**Карбонатні буферні системи:**



**Фосфатні буферні системи:**

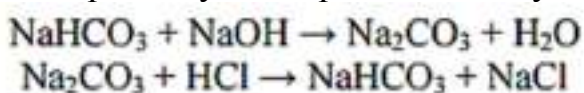




### Буферні системи з органічних кислот:

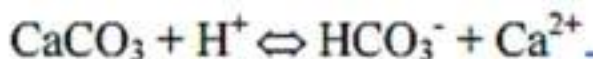


Уявімо механізм буферної дії на прикладі карбонатної буферної системи:  $NaHCO_3$  і  $Na_2CO_3$ . При додаванні до такого розчину кислоти або лугу відбуваються реакції їх нейтралізації з утворенням компонентів буферного розчину і нейтральних сполук:



### Буферні системи твердої фази ґрунту:

На характер ґрунтової буферності великий вплив робить склад поглинених катіонів. Чим більше міститься в ґрунті в поглиненому стані катіонів  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ , тим вища буферна дія таких ґрунтів проти підкислення. Механізм буферної дії зводиться до зв'язування катіонів  $H^+$  за рахунок процесів іонного обміну:



Ґрунтові мінерали – карбонати кальцію, магнію пов'язують іони  $H^+$  з утворенням слабого електроліту:



Буферність відіграє важливу роль у хімічних перетвореннях в ґрунтовому розчині (табл. 7.8).

Якщо в ґрунтовий розчин увести будь-яку сіль (хімічний меліорант, добриво), то завдяки процесам іонного обміну зміна концентрації ґрунтового розчину за іонами, що уведені, не буде відповідати введеній кількості речовини, що уведена. Таким чином, ГВК виконує важливу функцію регулятора концентрації ґрунтового розчину. Здатність ґрунту протистояти зміні концентрації ґрунтового розчину називається буферною здатністю ґрунту. Можна говорити і про більш широке поняття буферності ґрунту як її поліфункціональної властивості стійкості до зміни не тільки концентрації ґрунтового розчину, але і її окисно-відновного стану та ін. Часто під буферністю ґрунту розуміють лише здатність ґрунту протистояти зміні її реакції при впливі лужних і кислих речовин.

У ґрунті є буферні системи, що працюють за різноманітними механізмами, часто без участі твердої фази ґрунту. Наприклад, кислотно-основна буферність ґрунту може в значній мірі визначатися наявністю в ґрунтовому розчині слабких кислот, основ і їхніх солей. Ґрунти як поліфункціональний сорбент із розвитою поверхнею мають здатність поглинати різноманітні речовини з газової фази. Всі ґрунти в певній мірі поглинають пари води. На цьому засноване визначення важливого водно-фізичного показника - максимальної гігроскопічності. Ґрунт здатний поглинати двоокис вуглецю, різноманітні токсичні газы, здатні до

випаровування пестициди, наприклад, гексахлоран, пари ртуті і її сполуки й ін. Ці процеси грають важливу роль у поведінці багатьох токсикантів у ґрунті. Проте явища сорбції ґрунтом із газової фази вивчені в меншому ступені, ніж сорбція з розчинів.

Таблиця 7.8

Механізм кислотно-лужної буферності ґрунтів (по Ульриху)

Буферність	Діапазон рН	Кислотність	Механізм буферності: причина, що зумовлює явище	Швидкість росту утворення, моль Н <sup>+</sup> / (га·год)
<i>Карбонатна</i>	6,2-8,6	Нейтральна і лужна	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$	2000
<i>Силікатна</i>	5,0-6,2	Слабокисла	$\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HSiO}_3^- + \text{H}^+$ Аморфне залізо, ОВП, гумінові речовини	200–2000
<i>Обмінна</i>	4,2-5,3	Помірно кисла	ЕКО + рухомий $\text{Al}^{3+}$ 5 ммоль Н <sup>+</sup> /кг ґрунту при 1 % фізичної глини Вилуговування $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}, \text{Al}^{3+}$	200
<i>Алюмінієва</i>	3,0-4,3	Сильно кисла	$\text{AlOOH} \cdot \text{H}_2\text{O} + 3\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$ 70-100 ммоль Н <sup>+</sup> /кг ґрунту при 1 % фізичної глини Вилуговування $\text{Al}^{3+}$ і $\text{Mn}^{2+}$ , мобілізація сполук важких металів, опідзолення	200
<i>Залізна</i>	< 3,0	Надмірно кисла	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$ Високі концентрації в розчині Н <sup>+</sup> , $\text{Al}^{3+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , рухомі форми органічних сполук торфу	До 2000

Відповідно до вказаних вище процесів у ґрунтового розчині постійно відбуваються окисно-відновні реакції так чи інакше пов'язані зі зміною реакції його середовища.

А. В. Перельман виділяє наступні три ряди ґрунтів за особливостями протікання в них окисно-відновних процесів.

– ґрунти з переважанням окисного середовища. До них автор відносить автоморфні ґрунти (чорноземи, каштанові, червоноземи, буроземи, більшість ґрунтів пустель та ін).

– ґрунти з відновним глеєвим станом – об'єднує заболочені ґрунти з розвитком стійких відновлювальних глейових процесів у постійно перезволожених горизонтах їх профілю.

– ґрунти з відновним сірководневим станом – об'єднує солончаки і солончакові болотні ґрунти степів і пустель, перезволожені сильно мінералізованими сульфатними водами.

В. С. Кауричев і Д. С. Орлов дали згідно з окисно-відновним режимом і його динамікою наступне групування ґрунтів:

1. *Ґрунти з абсолютним пануванням окисних процесів* – автоморфні ґрунти степів, напівпустель і пустель.

2. *Ґрунти з пануванням окисних умов при прояві відновних процесів в окремі вологі роки або сезони* – автоморфні ґрунти тайгово-лісової зони, вологих субтропіків і широколистяних лісів.

3. *Ґрунти з контрастним окислювально-відновним режимом* (напівгідроморфні ґрунти різних зон):

а) з розвитком сезонних відновних процесів у верхніх горизонтах;

б) з розвитком оглеєння в нижніх горизонтах;

в) з контрастною зміною окисного і відновного стану по всьому профілю.

4. *Ґрунти з пануванням відновних умов по всьому профілю:*

а) з пануванням глеєвого процесу;

б) з пануванням сірководневого процесу.

Стан хімічних елементів і сполук у ґрунтах тісно пов'язано з рівнем окислювального потенціалу. Цей зв'язок двосторонній: величина потенціалу впливає на трансформацію компонентів ґрунту, але й хімічний склад ґрунту може сприяти або перешкоджати змінам окисного потенціалу: як у бік його підвищення, так і у бік пониження. У малогумусних ґрунтах величина потенціалу значною мірою обумовлена абіотичними факторами. У багатих гумусом ґрунтах, де умови для життєдіяльності мікрофлори сприятливі, часто спостерігається інтенсивний розвиток глибоких відновних процесів за рахунок життєдіяльності мікроорганізмів. В цьому випадку дуже сильний вплив на рівень окисного потенціалу здійснюють температура і вологість ґрунту.

Таким чином, окисно-відновні процеси, які відбуваються на фоні зміни реакції ґрунтового середовища викликають не тільки зміну сполук, що містять елементи зі змінною валентністю, але надають прямий чи непрямий вплив на трансформацію таких елементів і сполук, як алюміній, фосфати, сполуки азоту і сірки та ін.

Ґрунтуючись на численних експериментальних даних, що показують залежність поширення окремих видів рослин і рослинних асоціацій від рН ґрунту, Ж. Браун-Бланке (Braun-Blanquet, 1951) запропонував розрізняти певні групи рослин (рис. 7.32).

1. Ацидофільні види чи ценози (рН = 3,8-6,7):		
Крайні ацидофіли рН = 3,8-5,0 (грунти дуже кислі)	Помірні ацидофіли рН = 5,0-6,2 (грунти помірно кислі)	Слабкі ацидофіли рН = 6,2-6,7 (грунти слабокислі)
2. Нейтральні види, рН = 6,7-7,0 (грунти нейтральні).		
3. Базифільні види, рН = 7,0-7,5:		
Базифільно-нейтрофільні рН = 6,7-7,5 (грунти від нейтральних до лужних)		Виражені базифіли рН = 7,0-7,5 (грунти лужні)
4. Індефірентні види (зустрічаються в широкому інтервалі рН).		

Рис. 7.32. Класифікуючі групи рослин за чутливістю до реакції ґрунтового середовища.

На підставі своїх спостережень і критичного аналізу літературних джерел М. В. Марков приводить шкалу кислотності ґрунту, яка забезпечує найкращі умови для росту і розвитку найголовніших культурних рослин (табл. 7.9). Так, наприклад, люпин добре зростає на кислому ґрунті з рН 4-5; картопля – при рН 5; овес, льон, жито – при рН 5-6; конюшина, горох, пшениця – при рН 6-7; буряк при рН – близько 7; люцерна – при рН 7-8; бавовник – при рН 7,5-8,5. При кислотності ґрунту < рН 4 розвиток всіх культурних рослин пригнічується високою кислотністю, а > рН 8,5 – рослини пригнічені високою лужністю. Для інших рослин: картопля, солодка картопля, селеріак, цикорій, ендивій, баклажан, цибуля-шалот, шпинатний буряк, шавель, ревіль, дика суниця, полуниця, кавун, люпин, азалії, верес, гортензія, лілія, яблуня, малина, чорниця (яфіни), журавлина, чорниця американська, рододендрон, береза, гінґо дволопатева, дуб, ялина найкраще ростуть у діапазоні рН у 5,0-5,8. Брюссельська капуста, морква, часник, гарбуз, кукурудза, соя, квасоля, квасоля лімська, горох, петрушка, томат, перець, кабачок, диня-пекучка, каллард зелений, редис, турнепс, соняшник, смородина, слива, цитрусові, бегонії, кала, камелія, фуксія, фіалка, клематис добре розвиваються на ділянках із рН 5,5-6,8. Оптимальним діапазоном кислотності для таких рослин, як аспарагус, рис, буряк, китайська капуста «Бок-чой», броколі, кале, кольрабі, салат сійний, гірчиця, диня, овес, капуста, цвітна капуста, селера, шпинат, пекінська капуста, цибуля ріпчаста, арахіс, мангольд, агрус, виноград, персик, груша, абрикос, глід, інжир, фундук, фіалка Вітрокка, бамія, півонія, свидина біла, є 6,0-6,8. А для таких культур, як огірок, тим'ян, акація, тамарикс, фінікові пальми, гранат, оливи, центаурея, гвоздики, барвінок, герань, олеандр – 7,0-8,0.

Оптимальна реакція рН ґрунтового середовища для  
сільськогосподарських культур

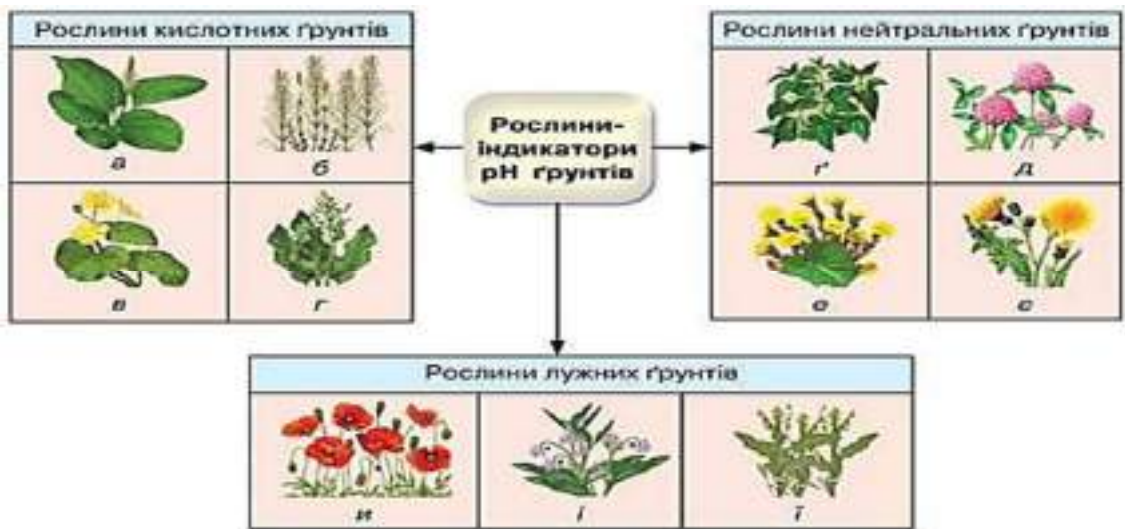
Культура	Оптимальний рівень рН	Допустимі відхилення рН в інтервалі		Стійкість до підкислення ґрунту
		кислотному	лужному	
Рис	4,0-6,0	3,8	6,3	Дуже сильна
Люпин	4,5-6,0	4,2	6,4	Та ж
Бруква	4,8-5,5	4,5	6,2	Та ж
Серадела	4,8-6,0	4,5	6,2	Та ж
Картопля	5,0-6,5	4,8	7,0	Сильна
Тимофіївка	5,0-7,5	4,8	8,0	Та ж
Овес	5,0-6,7	4,6	8,0	Та ж
Льон	5,5-6,5	5,0	6,8	Та ж
Морква	5,5-7,0	5,0	7,5	Та ж
Жито озиме	5,5-7,5	5,0	7,7	Та ж
Просо	5,5-7,5	5,2	8,0	Та ж
Вика	5,7-6,4	5,5	7,0	Та ж
Соняшник	6,0-6,8	5,5	7,3	Середня
Конюшина	6,0-7,0	5,5	7,5	Та ж
Кукурудза	6,0-7,0	5,5	7,5	Та ж
Горох	6,0-7,0	5,8	7,6	Та ж
Пшениця яра	6,0-7,5	5,5	7,8	Та ж
Буряк кормовий	6,2-7,5	5,5	8,0	Та ж
Помідор	6,3-6,7	5,8	7,2	Та ж
Пшениця	6,3-7,5	5,8	7,8	Та ж
Огірок	6,4-7,0	5,6	7,5	Та ж
Цибуля	6,4-7,9	6,0	8,2	Та ж
Соя	6,5-7,1	6,0	7,5	Та ж
Капуста	6,5-7,4	6,0	7,8	Слабка
Мак	6,8-7,2	6,0	7,8	Та ж
Ячмінь	6,8-7,5	6,0	8,0	Та ж
Буряк	7,0-7,5	5,7	8,2	Та ж
Люцерна	7,0-8,0	6,0	8,8	Та ж

Культура	Критичний рівень рН
Люцерна*	6,0
Нут*	Невідомий, орієнтовно на рівні сочевиці
Сочевиця*	5,5
Горох*	5,5
Ячмінь	5,2
Тонконіг лучний	Невідомий
Тимофіївка	5,5
Тритикале	Невідомий
Жито	5,0-5,5
Пшениця	5,2-5,4
Ріпак	5,5
Гречка	5,4
Соя*	6,2-6,5
Соняшник	5,5-5,8

\* По кислих ґрунтах відбувається інгібування розвитку бульбочкових бактерій.

Критичний рівень Рн нижче якого сільськогосподарські культури істотно знижують свою урожайність.

Виділяють також рослини індикатори, які використовують для визначення реакції ґрунтового розчину ((рис 7.33 а і б).



**Рослини-індикатори реакції ґрунту:** а – подорожник; б – хвощ польовий; в – калюжниця; г – щавель кінський; д – конюшина; е – мати-й-мачуха; є – осот польовий; и – мак; і – живокіст; ї – молочай.

Рис. 7.33 а. Рослини-індикатори реакції ґрунтового розчину

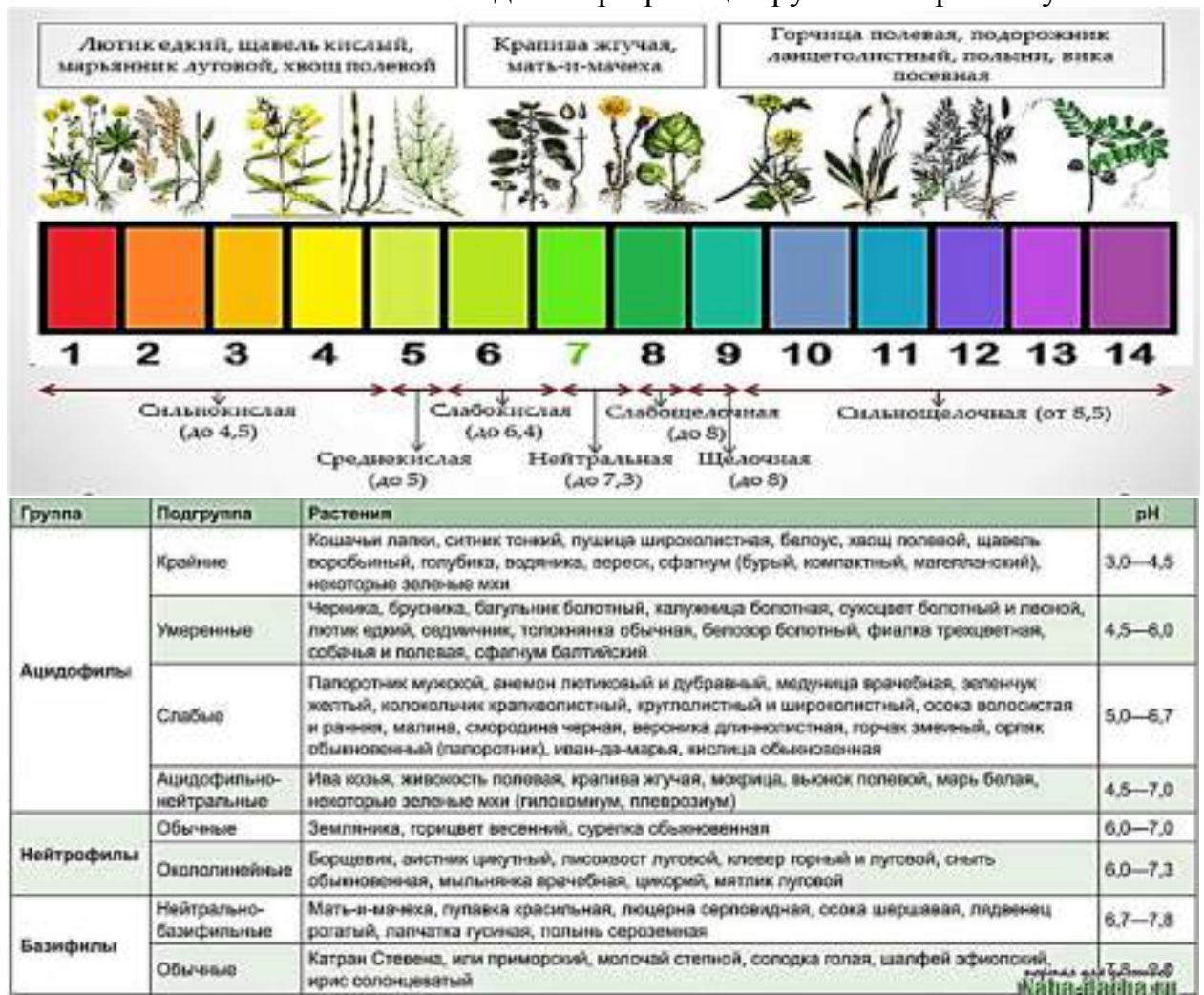


Рис. 7.33 б. Рослини-індикатори реакції ґрунтового розчину (мовою оригіналу).

За відношенням до кислотності ґрунту, а відповідно, і за реакцією на вапнування сільськогосподарські культури умовно поділяють на п'ять груп.

**Перша група культур** - це найчутливіші до кислотності ґрунту рослини, які потребують нейтральної або слаболужної реакції ґрунтового розчину (люцерна, буркун, буряк, часник, капуста білоголова, салат, шпинат, селера, гірчиця, яблуна, вишня, слива, смородина). Вони активно реагують на внесення вапна навіть на слабокислих ґрунтах. Рослини-кальцієфіли (айстра степова, порізняк проміжний, модрина європейська, кунжут, виноград, маслина та ін.) пристосовані до життя на ґрунтах; збагачених кальцієм, а також у місцях виходу вапняків, крейди та інших кальцієвмісних порід.

**Друга група культур** – потребує слабокислої та близької до нейтральної реакції ґрунтового розчину. Вони добре реагують на вапнування не лише сильно- і середньокислих, а й слабокислих ґрунтів (пшениця, кукурудза, ячмінь, соя, горох, соняшник, квасоля, боби кормові, вика, конюшина, огірок, цибуля, капуста цвітна, груша, агрус).

**Третя група культур** – слабкочутливі до підвищеної кислотності ґрунтового розчину (жито, овес, просо, гречка, тимофіївка, редиска, помідор, морква, суниця). Вони задовільно ростуть у досить широкому діапазоні рН ґрунтового розчину – від кислих до слабколужних (рН 4,5-7,5), але найкращі для їх росту ґрунти зі слабокислою і близькою до нейтральної реакцією (рН 5,5-6,0). Ці культури позитивно реагують на вапнування середньокислих ґрунтів, що пояснюється не лише зниженням кислотності, а й ефектом поліпшення мінерального живлення рослин після вапнування.

**Четверта група культур** – потребує вапнування лише середньо- і сильнокислих ґрунтів, але погано переносить у ґрунті надлишок кальцію. Так, картопля не реагує на невелику кислотність, а льон навіть краще росте за слабокислої реакції ґрунтового розчину. На перевапнованих ґрунтах, зокрема за недостатнього внесення мінеральних добрив, насамперед калійних, знижується якість продукції: бульби картоплі дуже пошкоджуються паршею і в них знижується вміст крохмалю, а льон уражується кальцієвим хлорозом, що погіршує якість волокна. Це пов'язано не стільки з нейтралізацією кислотності, стільки зі зменшенням доступності з ґрунту бору, цинку, міді і підвищенням концентрації іонів кальцію в ґрунтовому розчині, що ускладнює надходження в рослини катіонів, наприклад калію і магнію.

**П'ята група культур** – досить стійкі до кислого середовища. Рослини ацидофіти: люпин, серадела, картопля, льон, щавель, рис та інші ростуть на ґрунтах з рН 4,0-6,0, а оптимальним для них є рН 4,5-5,0. Вони погано ростуть на лужних і навіть нейтральних ґрунтах. Для них потреба у вапнуванні виникає лише на дуже сильнокислих ґрунтах. Наявність катіонів кальцію в ґрунтовому розчині знижує схожість насіння цих культур і негативно впливає на їх початковий ріст. Деякі рослини потребують особливо кислих умов для росту (чорниця, рододендрони, каштани). Тому в деяких випадках може з'явитися необхідність у зниженні рН ґрунту. Наприклад, щоб поліпшити ріст чорниці необхідний рН ґрунту 5 і нижче.

Показник рН можна знизити за допомогою елементарної сірки. Загалом більшість вирощуваних сільськогосподарських культур позитивно реагує на ліквідацію надлишкової кислотності ґрунту після вапнування.

Негативна дія кислотності ґрунту на рослини складається з прямої дії підвищеної концентрації іонів водню і багатьох побічних чинників. Прямим її наслідком є погіршення розвитку кореневої системи та її вбирної здатності. Особливо чутливі рослини до підвищеної кислотності ґрунту на початку росту. Погіршується ріст і галуження кореневої системи, фізико-хімічний стан плазми клітин кореня, знижується їх проникність, тому погіршується поглинання рослинами поживних речовин ґрунту і добрив. За високої кислотності розчину іони водню, проникаючи у великій кількості в тканини рослин, підкислюють клітинний сік. Це гальмує біохімічні процеси в рослині. Кисла реакція послаблює синтез білкових речовин, у рослинах зменшується вміст загального азоту, а кількість небілкового азоту збільшується; пригнічується перетворення моноцукрів на складні органічні сполуки. Кисла реакція негативно впливає на закладання генеративних органів.

**За низького рівня рН ґрунту (кислі ґрунти) процеси відбуваються з такими особливостями:**

- сповільнюється розвиток азотфіксуючих бактерій *Rhizobium*, які забезпечують фіксацію атмосферного азоту;
- гербіциди із сімейства імідазолінонів (імі-гербіциди), такі як Євролайтнінг або Фабіан, повільно розкладаються в кислих ґрунтах;
- алюміній, що є у ґрунті, може ставати токсичним для рослин і спричиняти порушення фізіологічних процесів, що протікають у рослинах, і призводити до слабкого розвитку кореневої системи та пошкоджень рослин;
- навіть на високому мінеральному фоні не гарантується отримання врожаю, оскільки багато елементів можуть ставати токсичними й порушується баланс мінеральних елементів у рослинах (рис. 7.34-7.35).



Рис. 7.34. Доступність поживних речовин ґрунту за різного рН.



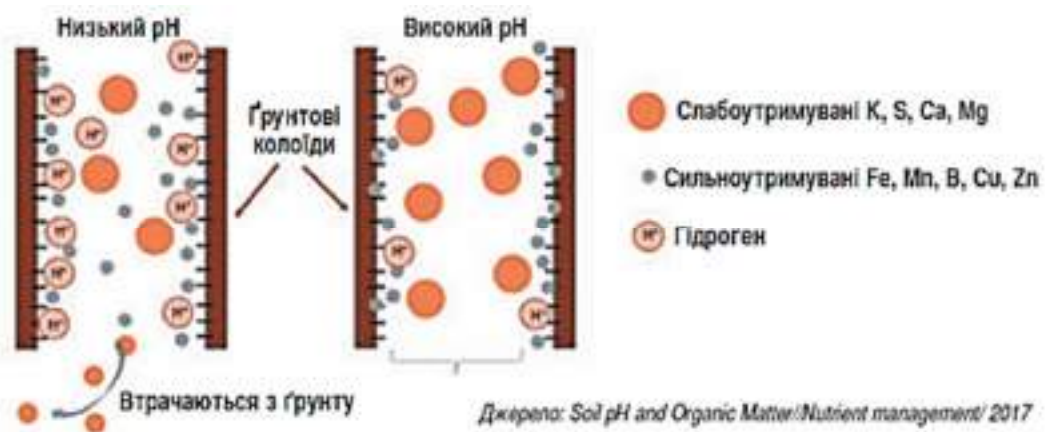


Рис. 7.35. Вплив рН на адсорбцію іонів.

**За високого рівня рН ґрунту (лужні ґрунти) процеси відбуваються з такими особливостями:**

- доступність фосфору та більшості мікроелементів знижується, що робить правильне внесення цих елементів важливішим;
- втрати внесеної сечовини з ґрунтів на випаровування збільшуються;
- збільшуються ризики отримання рослинами опіків від контакту коренів із сечовиною;
- гербіциди сімейства сульфонілсечовин і триазинів (атразин й ін.) й інших гербіцидів повільно розкладаються в таких ґрунтах.

Багатьма із цих проблем на ґрунтах із високим рН можна керувати за допомогою правильних термінів і методів внесення добрив і вапна. На таких ґрунтах не рекомендовано завчасне осіннє внесення мінеральних і органічних добрив. Рекомендується дробне внесення азотних добрив, проведення підживлення по вегетації, використання бобових культур як попередника в сівозміні, позакореневе підживлення хелатними добривами. За високого рівня мінерального підживлення рекомендовано застосування сучасного фунгіцидного захисту, оскільки стрімко розвиваються грибні хвороби.

Підкислення ґрунтів також можна досягти застосуванням азотних і сірчаних добрив. Однак на лужних ґрунтах і чорноземах цей ефект незначний і не має сильного впливу. Спроби підкислення лужних ґрунтів зазвичай не увінчалися успіхом, оскільки високий вміст карбонату кальцію ефективно нейтралізує кислотність від додавання в ґрунт сірки або азотних добрив. Ґрунти з високим рН можуть бути результатом дії ерозії, неправильної іригації й обробітку, вирівнювання або змішування горизонтів ґрунту.

**Найпоширенішими культурами для вирощування на кислих ґрунтах є пшениця, жито, соняшник, нут, сочевиця, за деякими даними – білий люпин і боби.** Також часто вирощують картоплю, льон і в деяких випадках – ріпак, рижій і сою. З кормових трав – люцерну. За проведення вапнування можна вирощувати й кукурудзу. Багато енергетичних культур добре витримують кислі ґрунти (вільха, верба, трави). Також позитивними чинниками на кислих ґрунтах є внесення органічних добрив і використання технологій ноу-тілл та їх різновидів, а також організація дренажу та крапельного зрошення.

У системі контролю рН ґрунту можна використовувати *рослинно-біоіндикатори рН ґрунту*

**Виражені ацидофіли:** сфагнум, зелені мохи – гілокоміум, дікранум, плавун булавовидний, плавун річний, плавун сплюснутий, пухівка піхвова, підбіл багатолістий (андромеда), котяча лапка, касандра, цетрарія, щучка дерниста, хвощ польовий, квас малий – рН 3,0-4,5.

**Помірні ацидофіли:** чорниця, брусниця, багно, калюжниця болотна, сухоцвіт, жовтець отруйний, мучниця, білозір болотний, фіалка собача, сердечник луговий, куничник наземний – рН 4,5-6,0.

**Слабкі ацидофіли:** папороть чоловічий, медунка неясна, зеленчук, дзвіночок кропиволистий, дзвіночок широколистий, бор розлогий, осока волосиста, осока рання, малина, смородина чорна, вероніка довголиста, горець зміїний, орляк, кисличка заяча – рН 5,0-6,7.

**Ацидофільно-нейтральні:** зелені мохи – гілокоміум, плеврозіум, верба козяча – рН 4,5-7,0.

**Нейтрофільні:** яглиця європейська, полуниця зелена, лисохвіст луговий, конюшина гірська, конюшина лучна, мильнянка лікарська, борщівник сибірський, цикорій – рН 6,0-7,3.

**Нейтрально-базифільні:** мати-й-мачуха, люцерна серповидна, келерія, осока волохата, лядвенець рогатий, гусяча лапка – рН 6,7-7,8.

**Базифільні:** бузина сибірська, в'яз шорсткий – рН 7,8-9,0.

### 7.3. Основні заходи регулювання реакції ґрунтового розчину в агрономічній практиці

На даний час агрохімічна служба провела дев'ять турів агрохімічного обстеження ґрунтів. Результати першого туру (1966-1970 рр.), які можна вважати за фонові, показали, що площі з надлишковою кислотністю в Україні були поширені на 4,9 млн га орних земель, серед них було виявлено сильно і середньокислих ґрунтів – 2,7 млн га (рис 7.36-7.37).

Поширення кислих ґрунтів на третині орних земель Полісся і Лісостепу було значною перешкодою для інтенсивної хімізації сільського господарства, розпочатої в середині 60-х років. Різке збільшення обсягів застосування мінеральних добрив могло ще більше ускладнити ситуацію внаслідок подальшого підкислення ґрунтів і зниження в зв'язку з цим ефективності туків. Щоб запобігти цій загрозі, підвищити продуктивність землеробства, в Україні в 1970-1995 рр. щорічно вапнували в середньому 1,2-1,5 млн га.

Завдяки інтенсивному вапнуванню в період посиленої хімізації та його тривалій післядії за даними обстеження 1996-2000 рр. площі сильно і середньокислих ґрунтів вдалося скоротити в 4 рази – з 2,73 до 0,68 млн га. Проте, з другої половини 90-х років обсяги вапнування зменшились в 29 разів і донині істотно не змінились. Це зумовило інтенсивну декальцинацію ґрунтів України, яка викликана, з одного боку, виносом кальцію з урожаєм та інфільтраційними втратами, з другого боку – відсутністю компенсаційного

надходження елемента до ґрунту через припинення вапнування та значне зниження обсягів застосування кальцієвмісних добрив (суперфосфату, фосфоритного борошна, гною та ін.).

За даними центру “Облдержзродючість” середньорічне від’ємне сальдо балансу кальцію за останні 15 років зросло з -76 до -280 кг/га. Вміст цього елемента в ґрунтах знизився в середньому на 20%, з 10,2 до 8,2 мг-екв/100 г ґрунту. Особливо інтенсивно відбувається декальцинація в чорноземах, на яких формуються високі врожаї зі значним виносом кальцію.

Аналіз зміни реакції ґрунтового середовища в чорноземах показав, що підкислення їх відбувалось упродовж всіх 48-ми років спостережень. Результати польових дослідів і розрахунки балансу кальцію показали, що для повної компенсації втрат елемента дози вапнякових матеріалів на чорноземах мали б бути в 2-2,5 разів більші, ніж застосовували в період інтенсивної хімізації (в середньому 2,5 т/га).

Інтенсивна декальцинація ґрунтів в останні 20 років зумовила значне зростання площ кислих ґрунтів в різних ґрунтово кліматичних зонах України.

Найбільша поширеність ґрунтів з надлишковою кислотністю встановлена в зонах Полісся, Лісостепу та буроземно-лісовій області Карпат.

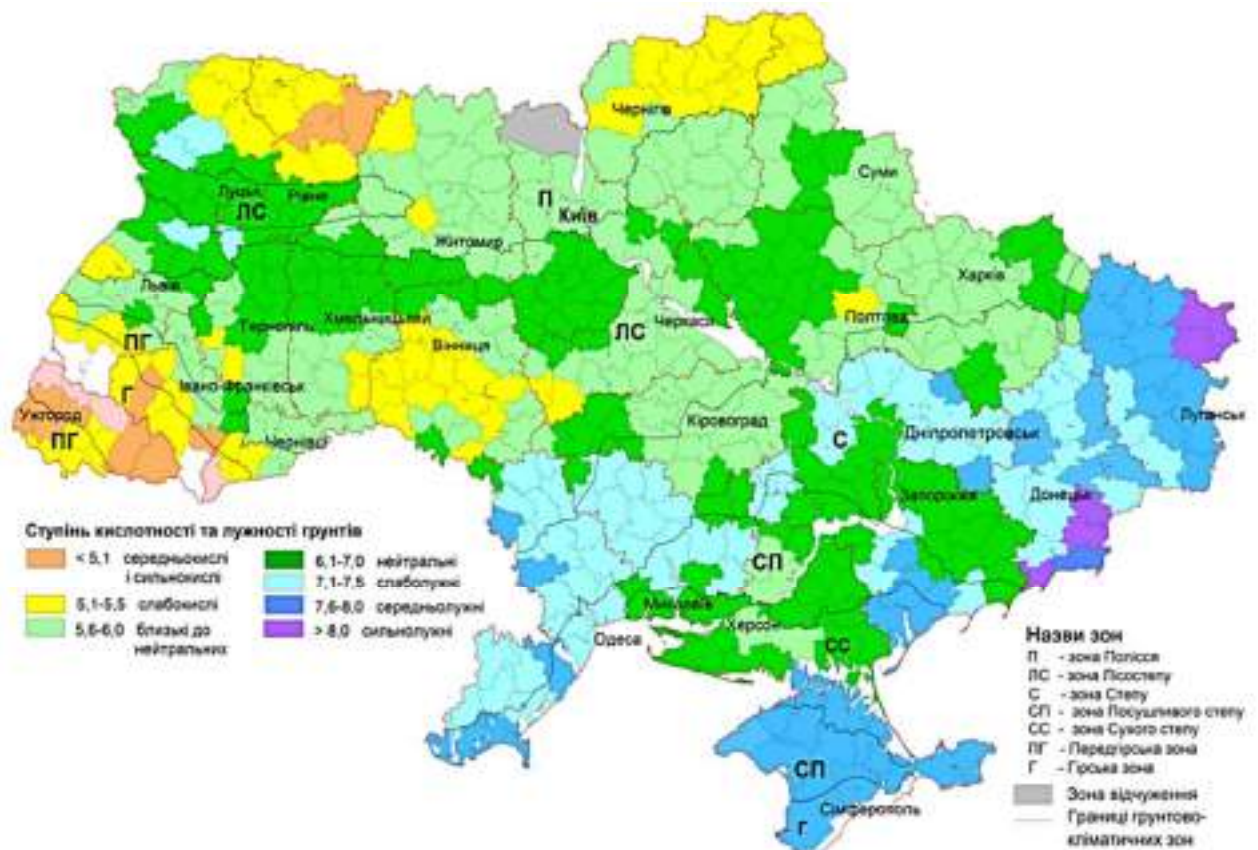


Рис. 7.36. Картограма реакції ґрунтового розчину (рН) сільськогосподарських угідь України (по результатах останнього туру агрохімобстеження) (деталізація в додатку Б).

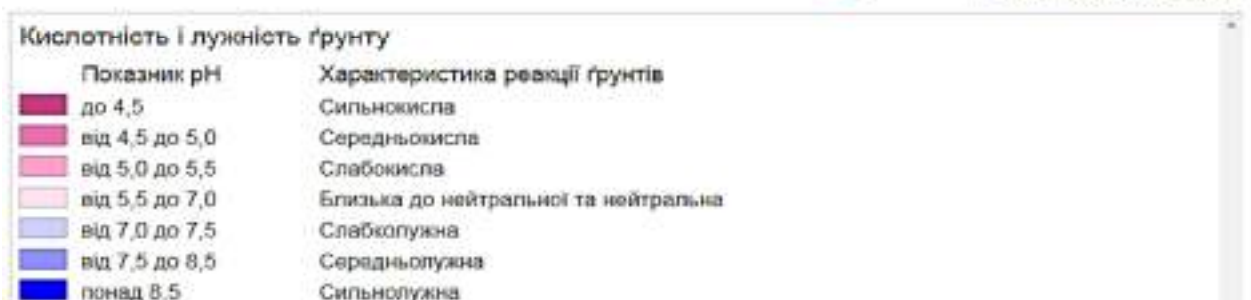
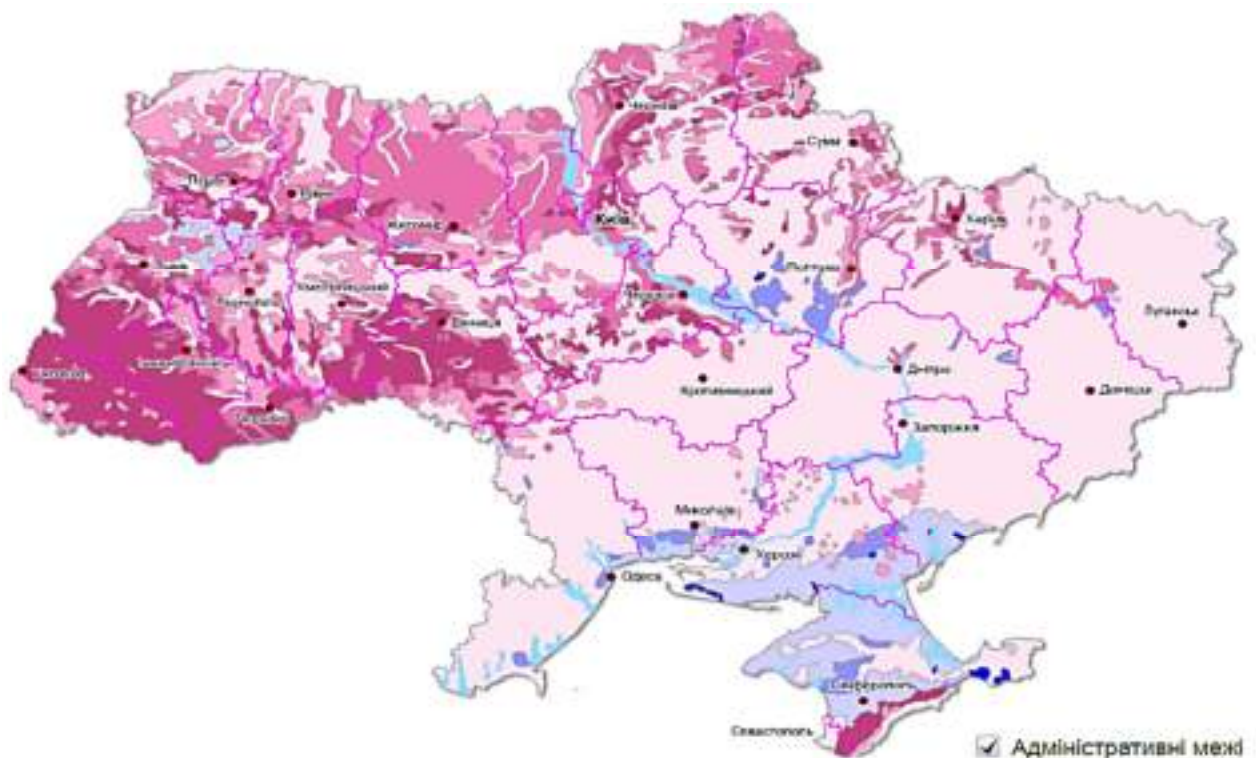


Рис. 7.37. Інтерактивна карта реакції ґрунтового розчину (рН) ґрунтового покриву України.

За даними обстеження 2006-2010 рр. кислі ґрунти в межах орних земель загалом по Україні займають 3960 тис. га, що складає 16%, в Поліссі їх – 1876 тис. га, або 43%; в Лісостепу – 1978 тис. га, або 26%. За 5 років площі кислих ґрунтів зросли в Поліссі – на 6%, в Лісостепу – на 1% (див. табл.1). Крім цих зон, підкислені ґрунти виявлені на 106 тис. га в Кіровоградській області.

У структурі кислих ґрунтів Полісся та Карпатського регіону чільне місце займають Чернігівська область – 27% та Житомирська – 23%, проте і в інших областях є проблеми з закисленими ґрунтами.

Інтенсивна декальцинація, яка проявляється у зниженні вмісту в ґрунтах кальцію та магнію, зменшенні катіонної ємності, зумовлює постійне підкислення чорноземів. Як наслідок цього, в зоні Лісостепу виявлено 1978 тис. га кислих ґрунтів, або 26%. Лідером за їх поширенням в цій зоні є Вінницька область – 32% від загальної площі кислих ґрунтів у Лісостепу. На значних площах виявлені кислі ґрунти в Сумській області – 14%, Хмельницькій та Черкаській – по 12% .

При розгляді проблеми підкислення ґрунтів України особливо непокоять два питання. По-перше, це значне поширення сильно- та середньокислих ґрунтів, які нині займають 1 млн 440 тис. га, або 6% обстеженої ріллі, і їх площа продовжує зростати. Втрати врожаю на цих ґрунтах сягають 20-40%. По-друге, підкислення чорноземів – кращих ґрунтів України. Загалом, в останні 10 років процеси підкислення ґрунтового покриву тривають в 14 областях. Інтенсивність підкислення різна, коливається від 1 до 20% .

З огляду на викладене вище, можна зробити лише один висновок – вирішення проблеми регулювання кислотності ґрунтів є для України і її регіонів надзвичайно актуальним завданням.

Під час сільськогосподарського використання ґрунтів змінюється реакція ґрунтового розчину. Вивезення з поля урожаю веде до збіднення ґрунтів різними елементами живлення, а також і основами. Тривалий обробіток підзолистих ґрунтів збіднює їх на кальцій і магній, застосування фізіологічно-кислих мінеральних добрив також збіднює ґрунт основами, що веде до декальціювання ґрунту, підвищення його кислотності чи навпаки лужності і утворення ґрунтової кірки. Як уже наголошувалось раніше, кисла реакція ґрунтів несприятлива для більшості сільськогосподарських культур та мікроорганізмів. Такі ґрунти мають погані фізичні властивості, через відсутність основ в них не закріплюється гумус, спостерігається зниження засвоєння рослинами азоту, фосфору, кальцію. Ґрунтова кислотність зумовлюється концентрацією іонів водню.

Спочатку кожен тип ґрунту має певний рівень природної кислотності, який залежить від його материнської породи, природної рослинності, рівня опадів. Однак із часом різні фактори призводять до зміни початкового рН ґрунту. Вилуговування та винесення культурами основних катіонів (кальцій  $\text{Ca}^{2+}$ , магній  $\text{Mg}^{2+}$ , калій  $\text{K}^+$ ), розкладання рослинних решток і кореневі виділення деяких рослин призводять до підвищення кислотності ґрунту. Під впливом незбалансованих систем землеробства, техногенних викидів, кислотних дощів відбувається процес вторинного підкислення ґрунтів. Так, застосування високих норм фізіологічно кислих добрив (в основному азотних) поступово призводить до підвищення кислотності ґрунту. Нейтралізувати кислотність можна шляхом внесення у ґрунт вапнякових меліорантів. Нижче наведені приблизні норми карбонату кальцію для нейтралізації кислотності різних добрив:

- аміачна селітра – 0,75 ц  $\text{CaCO}_3$  на 1 ц добрива;
- карбамід – 1,2 ц  $\text{CaCO}_3$  на 1 ц добрива;
- сульфат амонію – 1,25 ц  $\text{CaCO}_3$  на 1 ц добрива;
- аміачна вода – 0,5 ц  $\text{CaCO}_3$  на 1 ц добрива;
- безводний аміак – 2 ц  $\text{CaCO}_3$  на 1 ц добрива;
- КАС-32 – 0,9 ц  $\text{CaCO}_3$  на 1 ц добрива.

У кислому середовищі у 3-8 разів підвищується накопичення в рослинах радіонуклідів і важких металів, затримується перетворення моноцукрів у дисахариди та інші складні сполуки та порушуються процеси

утворення білків, ріст і розгалуження коренів, проникність клітин кореню, що погіршує засвоєння рослинами води і поживних речовин.

На лужних (засолених) ґрунтах ( $\text{pH} > 7,0$ ), навпаки, знижується доступність для рослин заліза, мангану, фосфору, міді, бору та більшості мікроелементів.

Крім того, кисла чи лужна реакція ґрунтового розчину негативно впливає на інші властивості ґрунтів. Наприклад, при високій кислотності ґрунту: погіршується його фільтраційна здатність, капілярність та проникність; пригнічується діяльність корисних мікроорганізмів, що беруть участь у гуміфікації гною, торфу та інших форм органічних решток; погіршується засвоєння бобовими культурами азоту з повітря. Дуже лужні ґрунти відзначаються вкрай несприятливими фізико-хімічними і агрономічними властивостями через запливання, безструктурність, зцементованість.

Вирощування культур на кислих чи лужних ґрунтах відображається в недоборі врожаю. Ефективність мінеральних добрив, на які агроном може покладати велику надію, на кислих чи лужних ґрунтах значно знижується. Адже, щоб необхідні елементи з добрив надійшли до рослини, вони спочатку повинні потрапити до ґрунтового розчину, який маючи несприятливу реакцію буде блокувати їх рух до рослини. Відповідно витрати господарства на мінеральні добрива будуть в значній мірі не виправдані.

Для більшості сільськогосподарських культур сприятливою для їх нормального росту і розвитку є нейтральна ( $\text{pH} = 6,1-7,0$ ) та близька до нейтральної ( $\text{pH} = 5,5-6,0$ ) реакція ґрунтового розчину. При невідповідності  $\text{pH}$  потребам рослин знижуються показники врожайності і страждає якість кінцевої продукції. Дуже чутливими до підвищеної кислотності є пшениця, ячмінь, кукурудза, соняшник, майже всі бобові культури, огірки, цибуля, салат. Вони краще ростуть при  $\text{pH} 6,0-7,0$  і добре реагують на вапнування. Особливо чутливі рослини до підвищеної кислотності ґрунту в перший період росту, відразу після проростання.

В Україні ґрунти із надлишковою кислотністю значно поширені на Поліссі (Житомирська, Чернігівська, Рівненська, Волинська, північ Київської та Сумської обл.), у Прикарпатті (Івано-Франківська, Львівська обл.), гірських Карпатах та на півночі Лісостепу. За даними Державного агентства земельних ресурсів України, кислі ґрунти в нашій країні займають площу близько 9,5 млн га.

У зоні Лісостепу виявлено 1,8 млн га. кислих ґрунтів. Найбільше їх у Вінницькій області – понад 500 тис. га. На значних площах кислі ґрунти зафіксували в Черкаській та Сумській областях. Останніми роками процеси підкислення ґрунтів проявляються навіть в агроландшафтах Степу. Інтенсивність збільшення площ кислих ґрунтів коливається від 1 до 14% щорічно.

Таблиця 7.10

Вплив реакції ґрунтового розчину на зниження рівня врожайності основних сільськогосподарських культур

Культури	Можливе зниження рівня врожайності, %			
	<i>pH ґрунту</i>			
	4,5 і нижче	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0
Конюшина	39	33	17	10
Буряки:	38	28	16	9
– цукрові	35	25	13	7
– кормові				
Ріпак	29	18	11	3
Озима пшениця	30	19	13	4
Ячмінь	39	24	14	8
Горох	40	21	8	6
Кукурудза	25	16	9	–
Овес	19	13	6	–
Озиме жито	24	23	9	–
Гречка	12	8	–	–
Картопля	20	6	2	–
Льон	32	–	–	–

Таким чином, реакція розчину ґрунтів є важливим показником під час оцінки генетичної і виробничої якості ґрунту. Аріон О.В., Купач Т.Г., Дем'яненко С.О. пропонують за величиною рН поділяти ґрунти на сім агропромислових груп (табл. 7.11).

Таблиця 7.11

Агровиробничі групи ґрунтів за величиною рН

Показник <рН	Група ґрунтів	Типи ґрунтів
4,5	Сильнокислі	Болотні, болотно-підзолисті, підзолисті, червоноземи, тропічні
4,5-5,5	Кислі	Підзолисті, дерново-підзолисті, червоноземи, тропічні
5,5-6,5	Слабкокислі	Підзолисті, дерново-підзолисті, сірі лісові, червоноземи, тропічні
6,5-7,0	Нейтральні	Сірі лісові, чорноземи
7,0-7,5	Слабколужні	Чорноземи південні, каштанові
7,5-8,5	Лужні	Солонці, солончаки
>8,5	Сильнолужні	Содові солонці, солончаки

Кожна з вказаних агровиробничих груп потребує *хімічної меліорації* – вапнування або гіпсування (табл. 7.12). Для нейтралізації надлишкової кислотності проводять вапнування ґрунтів. При внесенні вапна  $\text{CaCO}_3$ , реагуючи з вуглекислотою ґрунту, переходить у розчинну сполуку

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , яка взаємодіє з ГВК. Дозу вапна розраховують за показником гідролітичної кислотності орного горизонту. Розрахована доза вапна повинна повністю нейтралізувати увібрані  $\text{H}^+$  і  $\text{Al}^{3+}$ . Встановлено, що для нейтралізації 1 мг-екв. гідролітичної кислотності на 100 грамів ґрунту на 1 га слід вносити 1,5 т  $\text{CaCO}_3$ .

**Позитивна дія вапна** полягає у:

- нейтралізації ґрунтової кислотності й заміщенні поглинених іонів водню іонами кальцію і магнію меліоранту;
- створенні оптимальних фізичних, водно-фізичних та інших умов життя культурних рослин;
- поліпшенні азотного режиму ґрунту внаслідок активізації діяльності корисних мікроорганізмів, особливо азотфіксуючих і нітрифікуючих бактерій;

Таблиця 7.12

Потреба у вапнуванні ґрунтів залежно від рівня гідролітичної кислотності

Гідролітична кислотність, мг-екв на 100 г ґрунту	Поширення ґрунтів	Потреба у вапнуванні
> 4,0	Усі зони	Першочергова
4,0-3,0	Зони Полісся та Лісостепу	Першочергова
	Передкарпаття та Західний Лісостеп	Середня
	Гірські райони Карпат	Слабка
3,0-2,0	Зони Полісся та Лісостепу	Середня
	Передкарпаття	Слабка
	Гірські райони Карпат	Відсутня
2,0-1,8	Зона Лісостепу	Середня
	Зона Полісся	Середня
1,8-1,5	Зона Полісся	Слабка

- забезпеченні живлення рослин кальцієм і магнієм;
- запобіганні виникненню мікробного токсикозу при застосуванні мінеральних добрив;
- поліпшенні умов життєдіяльності дощових черв'яків, які сприяють аерації, фільтрації й утворенню водостійких агрегатів;
- перешкоджанні надходженню в рослини важких металів і радіонуклідів;
- стимуляції розвитку корисних мікроорганізмів, які мають важливе агрономічне значення;
- сприянні процесам знешкодження решток біоцидів (пестицидів, гербіцидів, фунгіцидів тощо);
- підвищенні ефективності внесення добрив та якості отримуваної продукції.



**Вапнякові матеріали взаємодіють з ґрунтом за двома механізмами:**

1. поступовий перехід основ у ґрунтовий розчин із наступною реакцією з ГВК;

2. контактний обмін поверхневих часточок вапна і ґрунту, при цьому не зачіпаються внутрішні шари гранул; значення цього процесу несуттєве.

Усі форми вапнякових матеріалів за розчинністю можна розмістити в такий спадаючий ряд: оксиди > карбонати > силікати кальцію.

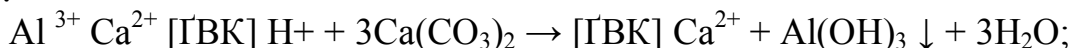
Внесене у ґрунт вапно взаємодіє з вугільною кислотою ґрунтового розчину і нейтралізує її. При цьому нерозчинний у воді карбонат кальцію поступово перетворюється на гідрокарбонат кальцію (або магнію), який набагато краще розчиняється у воді та сприяє надходженню іонів кальцію у ґрунтовий розчин:



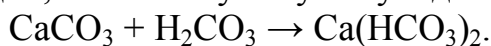
Гідрокарбонат кальцію дисоціює на іони  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{HCO}_3^-$  та частково зазнає гідролізу:



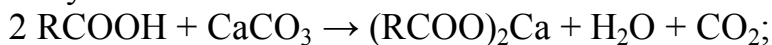
Кожна часточка вапна діє на ґрунт у межах 2 мм. При цьому у ґрунтовому розчині підвищується концентрація катіонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , які витісняють з ГВК катіони водню, алюмінію, заліза, мангану і нейтралізують ґрунт:



Вугільна кислота, що утворюється в процесі обміну іонів водню ГВК на іони кальцію, нейтралізується вапном з утворенням гідрокарбонату кальцію, який знову вступає у відповідні реакції:



Внаслідок цих реакцій у ґрунтовому розчині збільшується концентрація іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{OH}^-$  причому іони  $\text{Ca}^{2+}$  витісняють іони  $\text{H}^+$  з ГВК та нейтралізують кислотність ґрунту. Карбонати кальцію і магнію також безпосередньо взаємодіють з органічними та мінеральними кислотами і нейтралізують їх:



Отже, після внесення у кислий ґрунт повної норми вапна усувається активна й обмінна кислотність, значно знижується гідролітична кислотність. Вважають, що найсприятливіші умови для росту і розвитку більшості культурних рослин і засвоєння ними елементів живлення складаються за рН ґрунтового середовища близького до нейтрального і нейтрального, тобто від 5,5 до 7,0. Максимальна дія вапна на змінення показника рН ґрунту досягається у перші роки. Впродовж наступних 5 років знову відбувається поступове підкислення ґрунту і втрачається до 30 %

досягнутого рівня нейтралізації. Через 7-8 років втрати досягають 50 % отриманого в перші 2 роки рівня рН. У зв'язку з цим перспективним є створення вапнувальних матеріалів пролонгованої дії, що пов'язано з вмістом широкого спектра часточок різного діаметра. Сировиною можуть бути, наприклад, відходи щебеневого виробництва. Застосування таких матеріалів дасть змогу підтримувати постійний рівень реакції ґрунтового середовища впродовж тривалого часу. Перехід кальцію і магнію в ГВК триває більш як 3 роки і залежить від кількості опадів, хімічного складу меліорантів, дози їх внесення, щільності складення, рівномірності розподілу в ґрунті, застосовуваних добрив, мікробіологічної активності ґрунтів і т. д.

**Екологічно небезпечними наслідками перевапнування кислих ґрунтів є:**

- о посилення процесів мінералізації органічних речовин;
- о інтенсифікація процесів вимивання нітратів, кальцію і водорозчинних органічних речовин у підґрунтові води, емісія газоподібних сполук вуглецю й азоту в атмосферу;
- о різке зміщення кислотно-основної рівноваги малобуферних ґрунтів несприятливе для вирощування традиційних для зони культур (люпину, жита, льону, картоплі тощо);
- о знижується стійкість цих культур до хвороб;
- о перевапнування нерідко є причиною виникнення дефіциту для рослин низки мікроелементів (міді, цинку, кобальту та ін.) через їх трансформацію в малодоступні для рослин форми та антагоністичний взаємовплив.

**Післядія явища перевапнування** кислих ґрунтів може тривати 2-3 і більше років.

Таким чином, **хімічна меліорація** – потужний захід прискореного окультурювання малопродуктивних ґрунтів, охорони ґрунтового покриву від деградації та поліпшення агроекологічного стану. Поліпшення агрономічних корисних якостей і, відповідно, підвищення родючості кислих ґрунтів прямо пропорційно залежить від проведення хімічної меліорації, зокрема, вапнування, яке набуває особливої ефективності в поєднанні з внесенням органічних і мінеральних добрив. Вапнування позитивно діє на фізико-хімічні, хімічні, фізичні, буферні та біологічні властивості ґрунту, сприяє накопиченню гумусу та підвищує ефективність застосування добрив. Внесене в кислий ґрунт вапно знешкоджує (нейтралізує) ґрунтову кислотність, підвищує насиченість основами, поповнює запаси кальцію в колоїдному комплексі, поліпшує водний і повітряний режими, підвищує вміст гумусу, поліпшує буферну здатність ґрунтів, особливо антикислотну, на 20-40 % підвищує ефективність мінеральних добрив. Вапно активізує діяльність корисної мікрофлори, збільшуючи в складі ґрунтової біоти частку бактерій і зменшуючи частку грибів, що сприяє зниженню захворюваності рослин, посиленню

азотофіксації ґрунтів, як бульбочковими бактеріями, так і асоціативними та вільно існуючими азотобактерами.

Цілком зрозуміло, що ефективність меліорації, багато в чому залежить від точно проведеної діагностики агроекологічного стану кислих ґрунтів і виявлення рівня кислотноосновної рівноваги, з метою розробки управлінських заходів щодо її стабілізації для вирощування конкретної групи сільськогосподарських культур. Враховуючи той факт, що традиційне вапнування є досить витратним заходом, в сучасних умовах, одним із ефективних шляхів є використання, як меліорантів, місцевих сировинних ресурсів та кальцієвмісних відходів виробництва, що значно зменшує витрати на їх транспортування і закупівлю та, водночас, вирішує проблему утилізації відходів. Так в Україні добре розвинуто цементне виробництво, відходом якого є пил з електрофільтрів, який містить значну кількість кальцію, має лужну реакцію та високу нейтралізуючу здатність і тому є привабливою інноваційною альтернативою традиційним вапняним меліорантам, перш за все, на територіях, розташованих недалеко від цементних заводів. Встановлено диференційовану дію вапняних меліорантів природного та промислового походження на продуктивну функцію залежно від ґрунту, на якому вони застосовуються. Доломіт, цементний пил та вапняк флюсовий (відхід виробництва скла) відзначаються високою ефективністю на всіх ґрунтах, що досліджувалися.

Ще одним перспективним заходом у напрямі збереження і відтворення родючості кислих ґрунтів та поліпшення їх агроекологічного стану є біологічні методи меліорації, серед яких, окреме помітне місце належить **фітомеліорації**, біомеліоративний вплив якої, через використання фітопотенціалу грамотно підібраних сільськогосподарських культур, є доволі м'яким та екологічно безпечним, порівняно з хімічною меліорацією. На практиці фітомеліорація найбільш ефективна на слабокислих опідзолених ґрунтах, коли цей захід здійснюють шляхом підбору і розташування в сівозміні культур, стійких до підвищеної концентрації іонів водню. Встановлено, що ефективними культурами-фітомеліорантами щодо поліпшення фізико-хімічних властивостей опідзолених ґрунтів є люцерна та еспарцет; агрофізичних – люцерна, еспарцет і гірчиця, а агрохімічних – люцерна, еспарцет, люпин і соя.

Залежно від біологічних особливостей сільськогосподарських рослин дозу вапна вносять в різних пропорціях. Проводити вапнування потрібно восени.

Поліпшення властивостей ґрунтів і зниження ґрунтової кислотності досягаються внесенням в ґрунт іона  $\text{Ca}^{2+}$  у формі вапна, меленого вапняку, крейди та інших добрив, тобто так званім вапнуванням ґрунту. Якщо в кислий ґрунт вносять вапно, протікає реакція обміну. В результаті вапнування в ґрунті не утворюється сполук, шкідливих для рослин. У першу чергу вапно вносять у ґрунти, які мають рН до 3,5, потім - від 3,5 до

4,5 і, нарешті, від 4,5 до 5,5. Вище  $pH = 5,5$  вапнування не проводиться. Дозу вапна визначають за  $pH$ . При внесенні вапна за  $pH$  нейтралізується обмінна кислотність ґрунту. Для вапнування кислих ґрунтів лісових розсадників рекомендується вносити  $2/3$  дози, встановленої за  $pH$ , або половину дози, обчисленої за гідролітичною кислотністю ґрунту. Відразу після внесення вапна в лісових розсадниках не слід висівати насіння хвойних порід, так як вапно створює лужну реакцію середовища. У перші роки спостерігається деяке зниження приросту через лужну реакції ґрунтів, спричинену добривом. Вапнування роблять раз на 3-5 років.

Для вапнування ґрунтів *використовують такі вапнякові матеріали*: карбонат кальцію у вигляді вапнякового борошна та в гранульованій формі; суміш карбонатів кальцію та магнію у вигляді доломітового борошна та в гранульованій формі; фосфоритне борошно із високим вмістом карбонату кальцію; дефекат; карбонат кальцію у рідкій формі; негашене та гашене вапно (рис. 7.38).



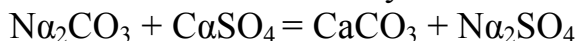
Рис. 7.38. Внесення вапна розкидним способом.

Негашене та гашене вапно за внесення в кислі ґрунти швидко нейтралізує їхню кислотність, але ці продукти діють жорстко і з ними слід бути вкрай обережними: ці речовини призводять до опіків шкіри за контакту з ними. Також вони викликають опіки рослин, тому вносити їх потрібно як мінімум за декілька тижнів до сівби. Негативна дія на ґрунт проявляється у спалюванні органічної речовини за внесення негашеного та гашеного вапна. Застосування цих продуктів на легких ґрунтах може призвести до перевапнування, що матиме не менш негативні наслідки, ніж підвищена кислотність.

Основними продуктами для вапнування ґрунтів є карбонатні матеріали. Але не всі ці продукти є однаково ефективні. Якість окремих може суттєво різнитися, що, своєю чергою, впливатиме на ефективність вапнування. Під час підбирання карбонатного вапнякового меліоранту варто оцінювати такі

показники якості, як чистота (вміст  $\text{CaCO}_3$  та  $\text{MgCO}_3$ ), тони́на(тонкість) помелу та вологість продукту.

**Меліорація лу́жних ґрунтів** – це гіпсування або внесення кальцієвої селітри, сульфату заліза чи піритних недогарків. Відбувається заміщення обмінного натрію на кальцій або підкислення ґрунтового розчину. Сульфат натрію, який при цьому утворюється, потрібно вимити прісною водою в нижні горизонти (рис. 7.39). При внесенні гіпсу також відбувається нейтралізація соди, яка є найшкідливішою сполукою в засолених ґрунтах:



Також содові солончаки можна нейтралізувати сірчаною кислотою, проводити кислування:



Залежно від генезису і властивостей різних видів солонцевих ґрунтів здійснюють диференційований комплекс заходів з підвищення їх родючості. Доцільність меліорації, її вид, технологія визначаються агрокліматичними ресурсами, еколого-меліоративним станом ґрунтів, потребами й ресурсозабезпеченням аграрного виробництва.



Рис. 7.39. Загальний вигляд лу́жних ґрунтів.

З урахуванням цього **виділяють п'ять меліоративно-технологічних груп солонцевих ґрунтів.**

**I група** – солонцеві ґрунти, які на даний момент, за умов дефіциту ресурсозабезпечення не потребують докорінної меліорації. Їх родючість підвищують внесенням підвищених норм органічних і мінеральних добрив, запровадженням травосіяння та солестійких культур. До цієї групи належать чорноземи і темно-каштанові слабосолонцюваті ґрунти з плямами солонців до 10%, а також раніше плантажовані солонцеві ґрунти.

**II група** – солонцеві ґрунти, що потребують хімічної меліорації. Це чорноземи і каштанові солонцюваті ґрунти з питомою часткою солонців відповідно 10-30 і 30-50 %, зрошувані обмежено придатними водами повторно осолонцювані ґрунти.

**III група** – солонцеві ґрунти, придатні для меліоративної плантажної оранки. До цієї групи належать темнокаштанові і каштанові солонцюваті ґрунти, з неглибоким (до 40-50 см) заляганням карбонатів і (або) гіпсу.

**IV група** – солонцеві ґрунти. Обмежено придатні для сільськогосподарського використання. Вони потребують поліпшення безвідвальним обробітком, хімічною та фітомеліорацією. До них належать лучно-чорноземні й лучно-каштанові солонцюваті ґрунти та їх комплекси із солонцями (25-50 %).

**V група** – солонцеві ґрунти, непридатні для меліорації й обробітку. До цієї групи входять лучно-чорноземні й лучно-каштанові солонцюваті ґрунти, та їх комплекси з лучними солонцями (понад 50 %). Якщо вони були розорані, їх необхідно вивести з обробітку, для створення культурних сіножатей і пасовищ.

Сільськогосподарські культури неоднаково переносять засолення та солонцюватість ґрунтів. Так, люцерна, просо, капуста, цукрові буряки, переносять концентрацію солей в ґрунті до 0,6%, озима пшениця, кукурудза, ячмінь, яблуня – 0,3-0,4, конюшина червона, соняшник, льон – 0,2-0,3%. Для зменшення токсичності солей і солонцюватості ґрунтів вносять гіпс під час їх обробітку.

За пристосуванням до надлишкового вмісту солей рослини поділяють на:

- **еугалофіти**, або **власно галофіти**, які накопичують солі у великих кількостях в тканинах рослини і мають соковиті і м'ясисті стебла;

- **кріногалофіти** – рослини які здатні виділяти надлишок солей у вигляді краплин розсолу крізь особливі залози (їх іноді називають фільтруючими галофітами) і мають характерний сольовий наліт;

- **глікогалофіти** – рослини, що мають кореневий бар'єр, тобто систему анатомічних і фізіологічних пристосувань, які захищають рослину від зайвого надходження солей до тканин рослини (рис. 7.40).

Метод хімічної меліорації, передбачає внесення у солонцеві ґрунти кальцієвмісних речовин (гіпс, фосфогіпс, крейда, вапно, хлорид кальцію), кислот чи кислих форм меліорантів (сульфати заліза й алюмінію, пірит). Серед прийомів хімічної меліорації найпоширенішим є гіпсування.

**Гіпсування** – внесення гіпсу з метою хімічної меліорації солонцюватих і солончакуватих ґрунтів, які мають велику частку натрію в ГВК і лужну реакцію, що й зумовлює несприятливі фізичні, хімічні, фізикохімічні та біологічні, властивості й низьку родючість ґрунту. Теоретичною основою гіпсування є концепція К. К. Гедройца про провідну роль обмінного натрію в солонцевому процесі ґрунтоутворення. **Дія гіпсу виявляється в тому**, що внесений кальцій витісняє обмінний натрій з ГВК, створюючи переважання іонів кальцію в ґрунтовому розчині, внаслідок чого зменшується рухливість ґрунтових колоїдів (гумусу, глини та ін.), нейтралізується лужність і створюються умови для окультурення ґрунту. Гіпс ефективно діє лише в

тому разі, коли підґрунтові води лежать глибше за 1,2-1,5 м, інакше продукти обмінних реакцій (зокрема сульфат натрію) не виносяться вниз по ґрунтовому профілю й розсолювання не відбувається. **Лужна реакція ґрунту несприятлива** для вирощування більшості сільськогосподарських культур, знижує доступність для рослин фосфору, заліза, мангану й бору.



Рис. 7.40. Солінакопичуючі галофіти (евгалофіти).

**Норми гіпсу визначають** (табл. 7.13) за еквівалентною кількістю натрію в ГВК, який має бути замінений на кальцій. Різниця між загальною кількістю обмінного натрію і безпечною його кількістю в ґрунті (зазвичай 5-10 % ємності катіонного обміну) становить кількість натрію, яку потрібно замінити на кальцій.

Для заміщення 1 г натрію за еквівалентною масою потрібно 0,086 г  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Виходячи з цього, норму гіпсу  $H$  (т/га) розраховують за такою формулою:

$$H = 0,086(Na - KT) hd,$$

де 0,086 – 1 смоль  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , г;  $Na$  – вміст натрію у ґрунті, смоль/кг;  $K$  – частка допустимого вмісту натрію в ємності катіонного обміну ґрунту (0,05-0,10), за якої гіпсування не проводять;  $T$  – ємність катіонного обміну, смоль/кг ґрунту;  $h$  – товщина меліорованого шару ґрунту, см;  $d$  – об'ємна маса меліорованого шару ґрунту, г/см<sup>3</sup>.

Орієнтовні норми внесення гіпсу залежно від типу ґрунтів, т/га

Природно-кліматичні зони	Ґрунти	Норми гіпсу, т/га	Способи і строки внесення гіпсу
Полісся	Чорноземно-лучні глеюваті, содово-солончакуваті	1,5-2,0	Восени під оранку
Лісостеп	Чорноземно-лучні содово- солонцюваті	2,5-5,0	Так само
	Чорноземно-лучні содово- солончакуваті	2,5-3,0	Так само
	Кіркові солонці	5,0-7,0	1/2 під оранку, 1/2 під культивуацію
Степ	Каштанові солонцюваті	1,5-3,0	Восени під оранку
	Кіркові солонцюваті	4,0-6,0	Так само
	Середньо і глибоко-стовпчасті солонці	7,0-8,0	1/2 під оранку і 1/2 під культивуацію навесні
	Глибокі солонці на засолених глинах	3,0-3,5	Восени під оранку

Гіпс, потрапивши в ґрунт, знешкоджує в ґрунтовому розчині соду, шкідливу для розвитку рослин:

$\text{CaSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ , а кальцій поступово витісняє натрій із ГВК:  $\text{Na}^+ [\text{ГВК}] + \text{CaSO}_4 \rightarrow [\text{ГВК}] \text{Ca}^{2+} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ .  $\text{Na}^+$  Сульфат натрію, що утворюється, є нейтральною сіллю. У невеликих кількостях він нешкідливий для рослин, але при гіпсуванні солонців, де вміст натрію в ГВК понад 20 %, його потрібно видаляти вимиванням із кореневмісного шару ґрунту. Взаємодіючи з ґрунтом, гіпс одночасно діє на рослини, оскільки є додатковим джерелом кальцію та сірки і може бути ефективним добривом на будь-яких (а не лише на лужних) ґрунтах. Для гіпсування ґрунтів використовують гіпс та інші відходи хімічної промисловості (фосфогіпс, глиногіпс та ін.). Основною причиною загибелі рослин на засолених ґрунтах є високий осмотичний тиск ґрунтового розчину, який перевищує тиск їх клітинного соку, внаслідок чого зменшується надходження води в окремі тканини, збільшується транспірація, погіршуються асиміляція, дихання та утворення цукрів, що призводить до висихання й загибелі рослин. Потреба у хімічній меліорації солончакуватих ґрунтів зростає (від слабкої до середньої і сильної) зі збільшенням частки натрію в ГВК з 5 до 20 %. Тому гіпсування більше потребують солончакуваті ґрунти (містять 10-20 % іонів  $\text{Na}^+$ ) і солонці (містять більш як 20 % іонів у ГВК).

Таким чином, хімічну меліорацію доцільно розглядати як невід'ємну частину єдиної системи управління родючістю кислих та лужних ґрунтів,



обов'язкову складову комплексу агротехнологічних заходів, таких як система сівозмін, обробіток ґрунту, внесення добрив, захист рослин, водні меліорації. Перспективність її відродження і розвитку буде залежати від дотримання агрохімічних законів, розроблення та впровадження в практику сучасного керованого землеробства новітніх ресурсозберезувальних та екологічно безпечних технологій. Традиційну хімічну меліорацію потрібно удосконалювати запровадженням підтримувальної та локальної меліорації і поєднувати з альтернативними заходами, такими як фітобіологічна меліорація, адаптоване землеробство тощо.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Назвіть види вбирної здатності ґрунту
2. Чим відрізняється від інших обмінна вбирна здатність ґрунту?
3. Що таке ємність катіонного обміну?
4. Яка будова ґрунтових колоїдів?
5. Що таке ґрунтовий вбирний комплекс?
6. Які іони входять в суму обмінних основ?
7. В якій фазі ґрунту знаходяться обмінні основи?
8. Де в міцелі колоїда знаходяться обмінні основи?
9. Якими символами позначають ємність вбирання та суму обмінних основ?
10. Якими одиницями вимірюють суму обмінних основ?
11. Які ґрунти називають насиченими?
12. Які ґрунти називають ненасиченими?
13. В яких ґрунтах сума обмінних основ може дорівнювати сумі обмінних кальцію та магнію?
14. На які властивості ґрунту впливає якісний склад обмінних основ?
15. Для проведення яких міроприємств необхідне знання суми обмінних основ?
16. Які мінеральні кислоти найбільше поширені в ґрунті?
17. Яка концентрація іонів водню і гідрокиду в дисцильованій воді?
18. Якою може бути реакція ґрунту?
19. Що таке кислотність ґрунту?
20. Які є види кислотності ґрунту?
21. Дайте визначення актуальної кислотності.
22. Чим обумовлюється актуальна кислотність?
23. Якими показниками визначають актуальну, обмінну і гідролітичну кислотності?
24. Які є форми потенціальної кислотності?
25. Чим обумовлюється обмінна кислотність?
26. Чим обумовлюється гідролітична кислотність?
27. Дайте визначення буферності ґрунту.
28. Напишіть формулу розрахунку величини ступеню насичення основами ґрунту.
29. Чим обумовлюється актуальна лужність ґрунту?
30. Чим обумовлюється потенціальна лужність ґрунту?

# РОЗДІЛ 8. ФІЗИЧНІ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

## 8.1. Фізичні властивості ґрунту

Вивченням фізичних властивостей ґрунтів займалися П.А. Костичев, І.А. Антипова-Каратаєва, А.А. Роде, Н.А. Качинський, І.В. Тюрін та ін.

Фізичні властивості ґрунту залежать від його механічного і мінералогічного складу, вмісту в ньому органічної речовини, складу увібраних катіонів і агрегатного складу ґрунту.

Фізичні властивості ґрунту поділяються на основні та фізико-механічні.

До *основних фізичних властивостей* відносяться питома вага, об'ємна вага (щільність), і пористість або шпаруватість.

До *фізико-механічних властивостей ґрунту* належать пластичність, липкість, набухання, осідання, зв'язність, твердість і опір при обробітку.

Щільністю твердої фази ґрунту (*питома вага, щільність зложення*) називають відношення ваги її твердої фази до маси води в тому ж об'ємі при 4<sup>0</sup>С. Ґрунти різних типів і навіть окремі ґрунтові горизонти мають неоднакову питому вагу. Інтервал показників питомої ваги мінеральних ґрунтів лежить в межах від 2,4-2,8. Величина питомої ваги залежить від мінералогічного складу ґрунту і вмісту органічних компонентів. Бідні органічною речовиною дерново-підзолисті ґрунти, що сформувалися на алюмосилікатних породах мають питому вагу 2,65-2,7. Малогумусовані горизонти субтропічних ґрунтів характеризуються більш високими показниками питомої ваги (2,7-2,8). Багаті органічними компонентами мають питому вагу 1,4-1,8.

Величина щільності твердої фази ґрунту залежить від щільності включених до них частинок мінералів і їх співвідношення, а також від кількості органічної речовини. Зазвичай щільність мінеральних горизонтів ґрунтів коливається в межах 2,4-2,8, а органогенних від 1,4 до 1,8 (торф). Щільність верхніх гумусових горизонтів в середньому дорівнює 2,5-2,6, нижніх – 2,6-2,7.

Даний показник відносять до однієї з найважливіших властивостей, яка визначає здатність ґрунту пропускати і утримувати вологу, повітря, чинити опір знаряддям обробітку ґрунту і т. д. Густина залежить від типу рослинності, механічного та мінералогічного складу ґрунту (дисперсності), складення, оструктуренності і ступеня обробітку ґрунту.

*Об'ємною вагою* називається маса одиниці об'єму абсолютно сухого ґрунту, взятого в природному складенні (непорушеної будови). Виражається в грамах на кубічний сантиметр. На відміну від питомої ваги при визначенні

об'ємної ваги визначають вагу ґрунту в одиниці об'єму з усіма порами, тому показники об'ємної ваги будуть завжди менше показників питомої ваги одного і того ж ґрунту (рис. 8.1):

$$\rho = \frac{M}{V}, \text{ г/см}^3.$$

Величина об'ємної ваги ґрунту змінюється в широких межах: у мінеральних ґрунтів – від 0,9 до 1,8, а у торфо-болотних – від 0,15 до 0,4 г/см<sup>3</sup>. На величину об'ємної ваги впливають мінералогічний і механічний склад ґрунтів, вміст органічної речовини, структурність, а також включення, тобто взаємне розташування частинок твердої фази.

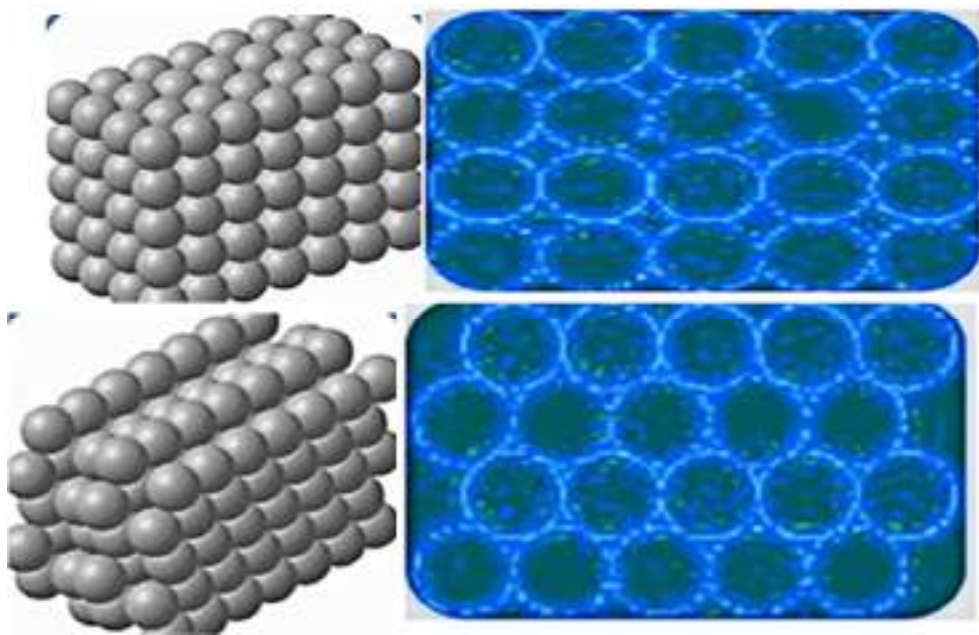


Рис. 8.1. Пухке (верхня позиція) та щільне складення ґрунту.

**Величина об'ємної маси (щільність ґрунту, об'ємна маса,  $d_v$ ) (ОВ)** істотно впливає на водний, повітряний і тепловий режими ґрунту, а отже, на розвиток рослин. Для більшості сільськогосподарських культур оптимальною об'ємною вагою на суглинних і глинистих ґрунтах є 1,00-1,25 г/см<sup>3</sup>. Збільшення цього показника викликає зниження врожайності сільськогосподарських культур. Найменша об'ємна щільність зазвичай спостерігається у верхніх горизонтах ґрунтів, найбільша - в іллювіальних та глейових горизонтах. У добре оструктурених, пухких дерново-підзолистих ґрунтах найменша об'ємна щільність спостерігається в лісових підстилках - 0,15-0,40 г/см<sup>3</sup>, в гумусових горизонтах вона підвищується до 0,8-1,0, в підзолистих – до 1,4-1,45, іллювіальних – до 1,5-1,6 і в материнській породі - до 1,4-1,6 г/см<sup>3</sup>. Величина об'ємної щільності ґрунтів залежить від типу рослинності. Так, в гумусових горизонтах під зімкнутими ялиниками вона дорівнює 0,9-1,1, під березняками – 1,0-1,3, під злаками – 1,2-1,4 г/см<sup>3</sup> (рис. 8.2).

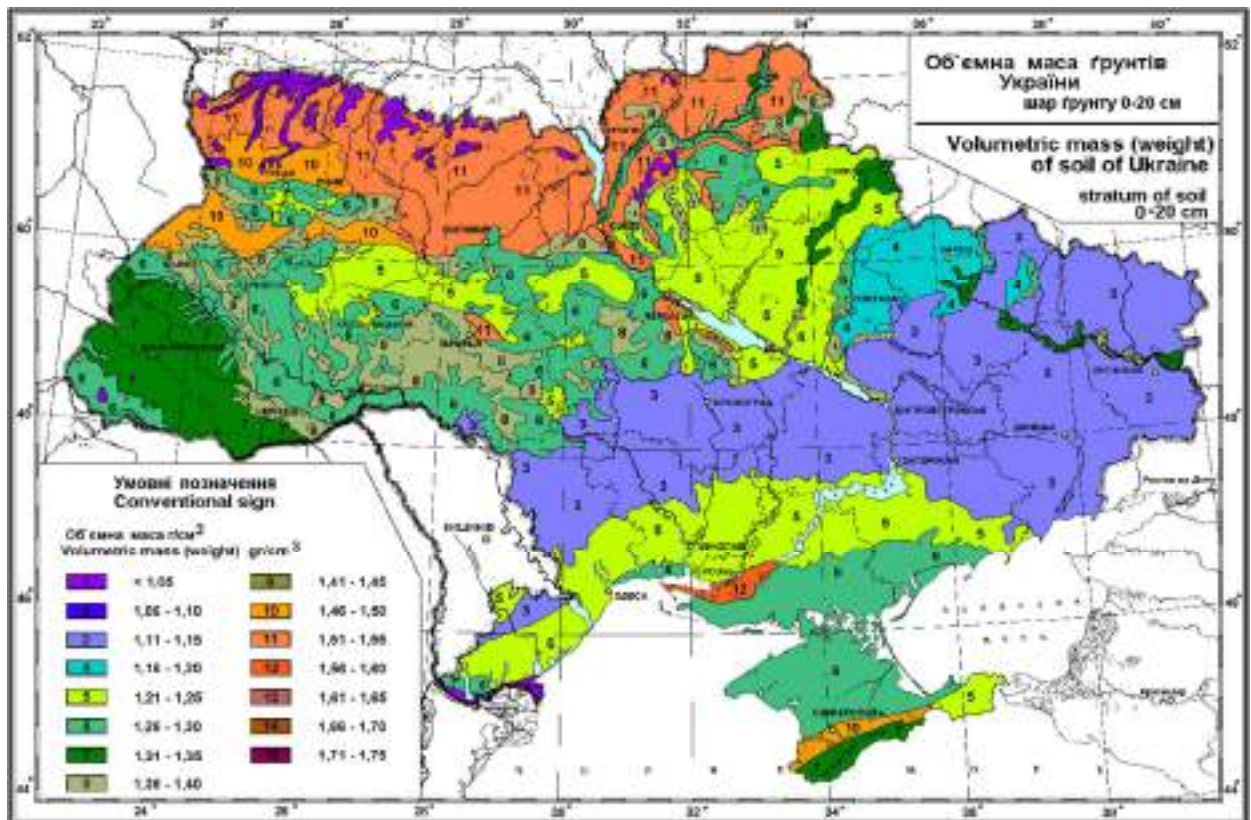


Рис. 8.2. Карта об'ємної ваги ґрунтів України в шарі 0-20 см.

Різні види рослин здатні підтримувати об'ємну щільність ґрунтів на тому чи іншому рівні, тобто в певному інтервалі величин. Найбільш сприятлива для рослинності величина об'ємної щільності верхніх горизонтів ґрунтів коливається в межах  $0,95-1,15 \text{ г/см}^3$ . Граничною величиною характеризуються глейові горизонти ґрунтів з максимальною об'ємною щільністю до  $2,0 \text{ г/см}^3$ . Якщо об'ємна щільність ґрунтів дорівнює  $1,6-1,7 \text{ г/см}^3$ , корені деревних порід практично в ґрунт не проникають (при щільності ґрунту  $2,66-2,70 \text{ г/см}^3$ ), а сільськогосподарські культури знижують урожай в 3-4 рази. Ґрунт вважають пухким, якщо об'ємна щільність гумусових горизонтів дорівнює  $0,9-0,95$ , нормальним – при  $0,95-1,15$ , ущільненим – при  $1,15-1,25$ , та сильноущільненим – за величин понад  $1,25 \text{ г/см}^3$ . Знаючи величину об'ємної щільності горизонтів ґрунту, можна підрахувати запас будь-якої сполуки в ґрунті (табл. 8.1).

Оптимальною вважається така щільність, при якій за інших рівних умов отримують найбільші врожаї сільськогосподарських культур. Численними дослідженнями у ґрунтово-кліматичних зонах України було встановлено оптимальні параметри агрофізичних властивостей ґрунтів за вирощування сільськогосподарських культур (рис. 8.3, табл. 8.2).

У лісостеповій зоні на сірих опідзолених ґрунтах, чорноземах опідзолених і типових, залежно від гранулометричного складу, оптимальна щільність становить  $1,0-1,4 \text{ г/см}^3$ ; у степовій зоні на чорноземах звичайних і

південних, темно-каштанових ґрунтах – 1,1-1,3 г/см<sup>3</sup>. Наведені інтервали щільності не є константами. Вони змінюються у часі і, насамперед, залежно від вологості ґрунту. За підвищеної вологості оптимум змінюється до нижчих значень, за умов недостатнього зволоження – до вищих.

Таблиця 8.1

Оцінка щільності орного горизонту суглинкових і глинистих ґрунтів  
(за Н.А. Качинським)

Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>	Оцінка ґрунту
< 1.0	Ґрунт пухкий і багатий органічною речовиною
1.0 – 1.1	Типові показники для окультурених ґрунтів та свіже зораних
1.2	Оранка ущільнена
1.3 – 1.4	Оранка сильно ущільнена
1.4 – 1.6	Типові величини для підорних горизонтів різних ґрунтів (крім чорноземів)
1.6 – 1.8	Сильно ущільнені ілювіальні горизонти ґрунтів.

Таблиця 8.1 а

Оптимальна щільність ґрунту (за А.М. Малієнко, 1989), г/см<sup>3</sup>.

Кліматичні зони	Ґрунти	Польові культури	Межа щільності ґрунту, г/см <sup>3</sup>
Полісся	дерново-підзолистий середньосуглинковий	зернові колосові	1,2-1,4
		кукурудза	1,1-1,2
	дерново-підзолистий легкосуглинковий та супіщаний	зернові колосові	1,25-1,35
		кукурудза	1,2-1,3
Лісостеп	сірий опідзолений важко- і середньосуглинковий	зернові колосові	1,1-1,3
		кукурудза	1,0-1,3
	чорнозем типовий і опідзолений легкосуглинковий	зернові колосові	1,1-1,3
		кукурудза	1,0-1,25
		гречка	1,1-1,3
		просо	1,2-1,4
		горох	1,12-1,35
		зернові колосові	1,0-1,3
Степ і Сухий Степ	чорнозем звичайний і південний, темно-каштановий ґрунт	зернові колосові	1,0-1,3
		кукурудза	1,1-1,3

Для пшениці озимої оптимальний діапазон щільності становить 1,00-1,30 г/см<sup>3</sup>. За всіх варіантів технологій вона знаходилась у цих межах. Для кукурудзи вищенаведені показники для чорнозему звичайного становлять 1,10-1,25 г/см<sup>3</sup>. За оранки ґрунт був надмірно пухким як на початку вегетації (1,08 г/см<sup>3</sup>), так і в період молочно-воскової стиглості (1,09 г/см<sup>3</sup>). Найвимогливіші до щільності ґрунту культури – у період проростання і сходів. Для ярих зернових культур оптимальні параметри щільності – 1,16-1,20 г/см<sup>3</sup>. Такі значення були на всіх варіантах обробітку й становили 1,16 г/см<sup>3</sup> на оранці, 1,17 – на мінімальному і 1,20 г/см<sup>3</sup> на нульовому обробітку у шарі ґрунту 0-30 см. Щільніший ґрунт у нульовому варіанті обробітку містив до висіву ярих більше продуктивної вологи, що створило умови для кращого перебігу біологічних процесів, росту та розвитку рослин.

Таблиця 8.2

Значення оптимальної щільності ґрунту для сільськогосподарських культур (за О.Г. Бондаревим, В.В. Медведєвим)

Культура	Інтервал щільності, г/см <sup>3</sup>
Полісся. Дерново-підзолисті супіщані та легкосуглинкові	
Зернові колосові	1,25-1,35
Кукурудза	1,10-1,30
Картопля	1,15-1,25
Дерново-підзолисті середньо- і важкосуглинкові	
Зернові колосові	1,10-1,40
Кукурудза	1,10-1,20
Картопля	1,10-1,20
Кормові боби	1,10-1,30
Лісостеп. Сірі лісові легкосуглинкові	
Зернові колосові	1,10-1,40
Сірі лісові середньо- і важкосуглинкові	
Зернові колосові	1,05-1,30
Кукурудза	1,00-1,25
Чорноземи типові та опідзолені легкосуглинкові	
Зернові колосові	1,10-1,40
Чорноземи типові та опідзолені середньо- і важкосуглинкові	
Зернові колосові	1,10-1,30
Кукурудза	1,00-1,25
Г речка	1,20-1,30
Просо	1,20-1,40
Горох	1,10-1,35
Цукровий буряк	1,00-1,25
Степ. Чорноземи звичайні та південні, каштанові середньо- і важкосуглинкові	
Зернові колосові	1,05-1,30
Кукурудза	1,05-1,30

Існує поняття *рівноважної щільності*. Такої щільності набуває ґрунт після обробітку на третю добу і вона є характерною для даного ґрунту (рис. 8.4-8.5).

Дерново-підзолистий: піщаний	1,50-1,65	Темно-сірий лісовий середньосуглинковий	1,20-1,30
глинисто-піщаний	1,35-1,45		
супіщаний	1,45-1,60		
Дерново-карбонатний: супіщаний	1,20-1,40	Чорнозем опідзолений середньосуглинковий	1,20-1,35
легкосуглинковий	1,15-1,35		
Дерново-глеєвий важкосуглинковий	1,40-1,55	Чорнозем типовий середньосуглинковий	1,10-1,30
Лучний середньосуглинковий	1,15-1,30	Чорнозем звичайний важкосуглинковий	1,10-1,25
Торфовище низинне, ступінь розкладання торфу 35-40%	0,12-0,18	Чорнозем південний: важкосуглинковий	1,20-1,30
		легкоглинистий	1,25-1,40
Ясно-сірий лісовий середньосуглинковий	1,03-1,40	Темно-каштановий важкосуглинковий	1,25-1,35
Сірий лісовий середньосуглинковий	1,25-1,35	Каштановий легкоглинистий	1,30-1,40

Рис. 8.4. Значення рівноважної щільності для різних типів ґрунтів.

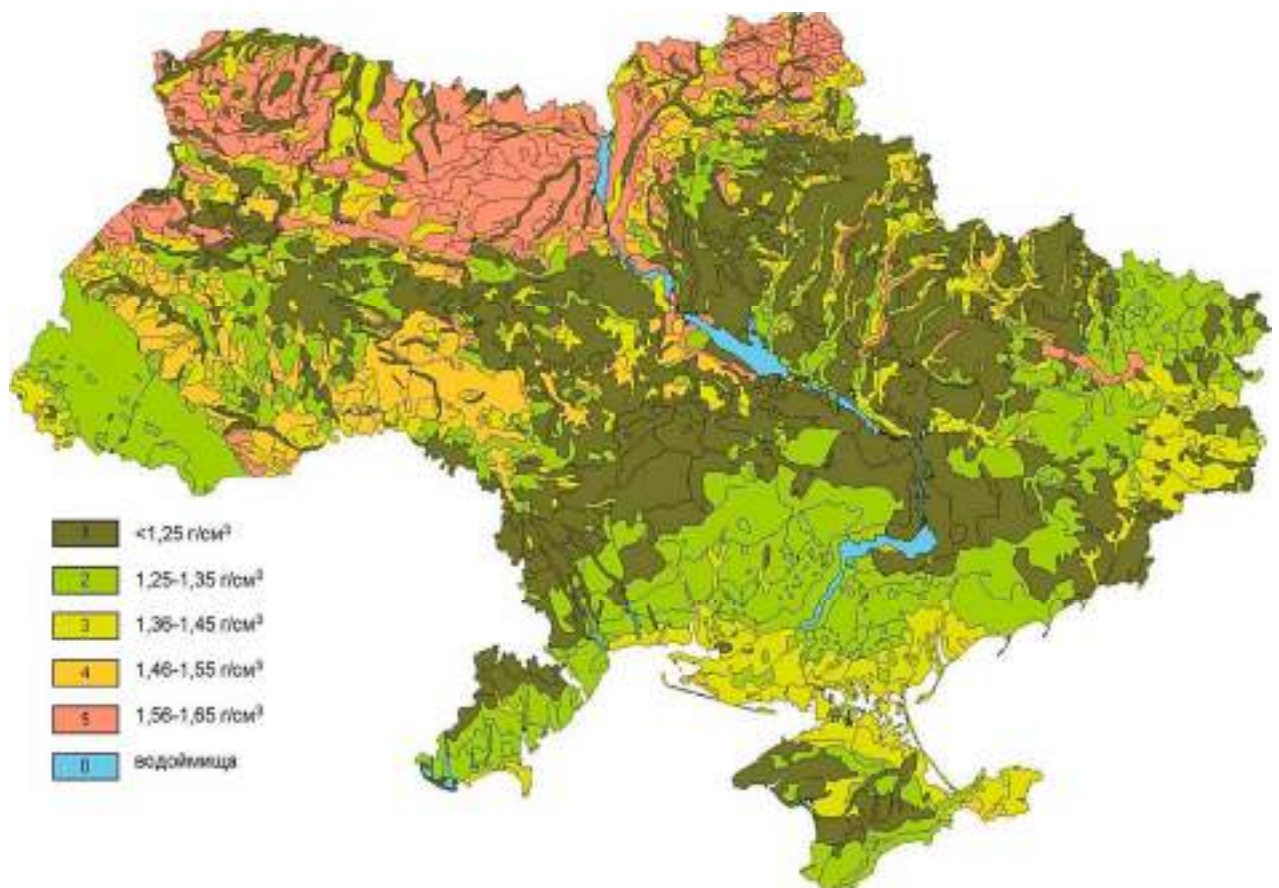


Рис. 8.5. Картохема рівноважної щільності будови ґрунтів України (за В.В. Медведєвим).

Для плодових культур показники щільності ґрунту оцінюють за шкалою, наведеною в табл. 8.3.

Таблиця 8.3

Нормальні та допустимі значення щільності для росту коренів  
плодових культур на легких ґрунтах (за В.В. Медведєвим)

Генетичні горизонти	Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>			
	оптимальна	допустима	критична	корені не ростуть
Н-НР	1,40	1,40-1,60	1,60-1,75	>1,60
РН-Рк	1,60	1,60-1,75	1,80	>1,80
Рк	1,60	1,60-1,75	1,75-1,80	>1,80

Щільність ґрунту також є важливим чинником при виборі місця під  
плодові насадження (табл 8.4).

Таблиця 8.4

Реакція плодових культур на ступінь ущільнення суглинкових і  
глинистих ґрунтів (за В.Ф. Вальковим)

Стан плодових культур	Глибина шару, см	Черешня, абрикос	Яблуна, груша, айва, персик	Слива, вишня
Дерева довговічні, дають рясні плоди	20-80	1,45	1,50	1,50
	80-150	1,45	1,50	1,55
	150-300	1,50	1,50	1,50
Дерева ростуть і плодоносять задовільно	20-80	1,45	1,50	1,55
	80-150	1,48	1,55	1,60-1,70
	150-300	1,50	1,55-1,75	1,65-1,75
Дерева дуже пригнічені і не плодоносять	20-80	1,50	1,60	1,70
	80-150	1,55	1,65	1,70
	150-300	1,60	1,70	-

С.І. Долгов із співробітниками (1970) запропонували формулу для  
розрахунку **критичного рівня щільності ґрунту** (верхньої межі критичного  
ущільнення). Її можна використати і для розрахунку нижньої межі  
оптимальної щільності. Розрахунки ведуть за формулою

$$d_r = \frac{(100 - A) \cdot d_{тф}}{100 + HB \cdot d_{тф}}$$

де  $d_r$  – гранична щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup>;  $d_{тф}$  – щільність твердої фази  
ґрунту, г/см<sup>3</sup>; HB – найменша вологоємність ґрунту, %; A – вміст повітря, %.

При A = 15 % отримуємо верхню межу, а при A = 20% – нижню межу  
оптимальної щільності ґрунту. Верхня межа характеризує щільність, вище



якої у ґрунті при вологості, що відповідає НВ, виявляється нестача кисню, а нижня межа характеризує надмірне розпушення орного шару, яке призводить до втрат вологи на фізичне випаровування.

Таким чином, щільність – одна з важливих властивостей, що визначає здатність ґрунту пропускати і утримувати вологу, повітря, чинити опір знаряддям обробітку ґрунту тощо.

**Пористість (шпаруватість)** – це сумарний об'єм усіх пор між частинками твердої фази ґрунту. Пористість виражається у відсотках від загального об'єму ґрунту. Для мінеральних ґрунтів інтервал показників пористості становить 25-80%, для торф'яних горизонтів понад 80-90%. Пори в ґрунтових горизонтах можуть бути різної форми і діаметру. В залежності від величини пор розрізняють капілярну і некапілярну пористість.

Величина пористості залежить від структурності, щільності, механічного та мінералогічного складу ґрунту (рис. 8.6).

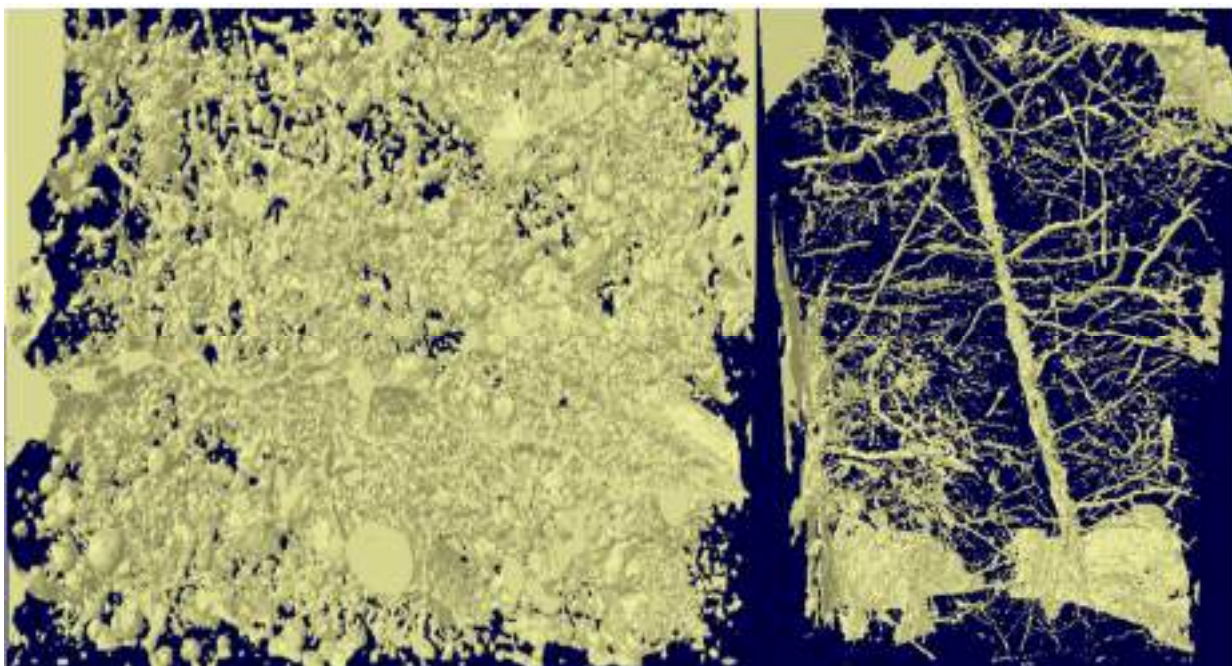


Рис. 8.6 а. Загальна томографія простору пор ґрунту.

Між щільністю і пористістю є зворотна залежність: чим щільніше ґрунт, тим менша його пористість. З загальною пористістю пов'язані такі найважливіші властивості ґрунту, як водопроникність і повітропроникність, вологоємність і повітроємність, газообмін між ґрунтом і атмосферою.

Пористість ґрунту прийнято диференціювати. По Качинському, **пористість підрозділяється на** загальну; пористість агрегатів; пористість міжагрегатну; пористість капілярну; пори, заповнені міцно зв'язаною водою; пори, заповнені рихлозв'язаною водою; пори, зайняті повітрям (пористість аерації).

Агрегатний і міжагрегатний поровий простір – дві основні складові порового простору ґрунту. **Основна функція агрегатного порового простору:**

– збереження і регламентування відтоку води, поживних речовин, функціонування ґрунтової біоти;

– межагрегатна – транспорт речовин в ґрунті.

Виділяють різні типи ґрунтів та ґрунтових горизонтів за їх пористістю (рис. 8.6 б).

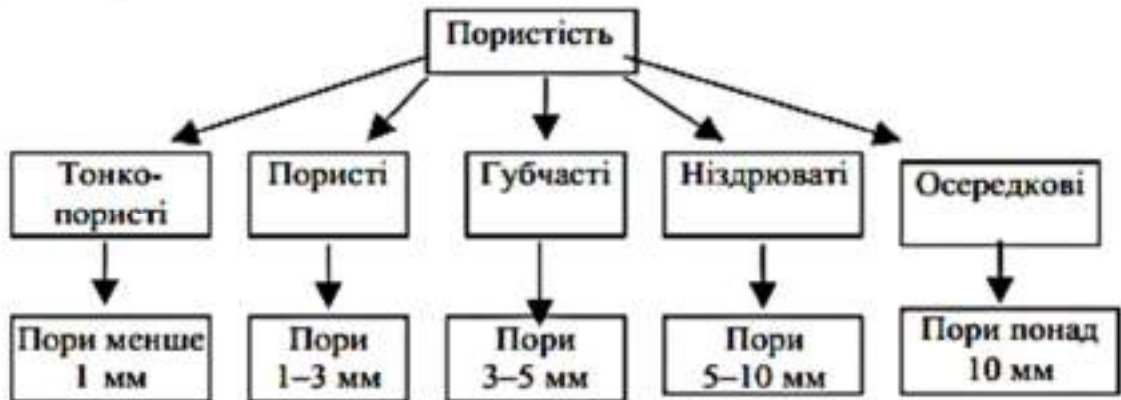


Рис. 8.6 б. Характеристика ґрунтів за пористістю.

Для характеристики порового простору важливі не тільки величини обсягу порового простору, але і діаметри переважаючих пор. Пори з відповідними діаметрами несуть певні функції: *макропори* – перенесення води і речовин; *мезопори* – збереження вологи, *мікропори* – запас недоступної вологи для рослин (рис. 8.7).

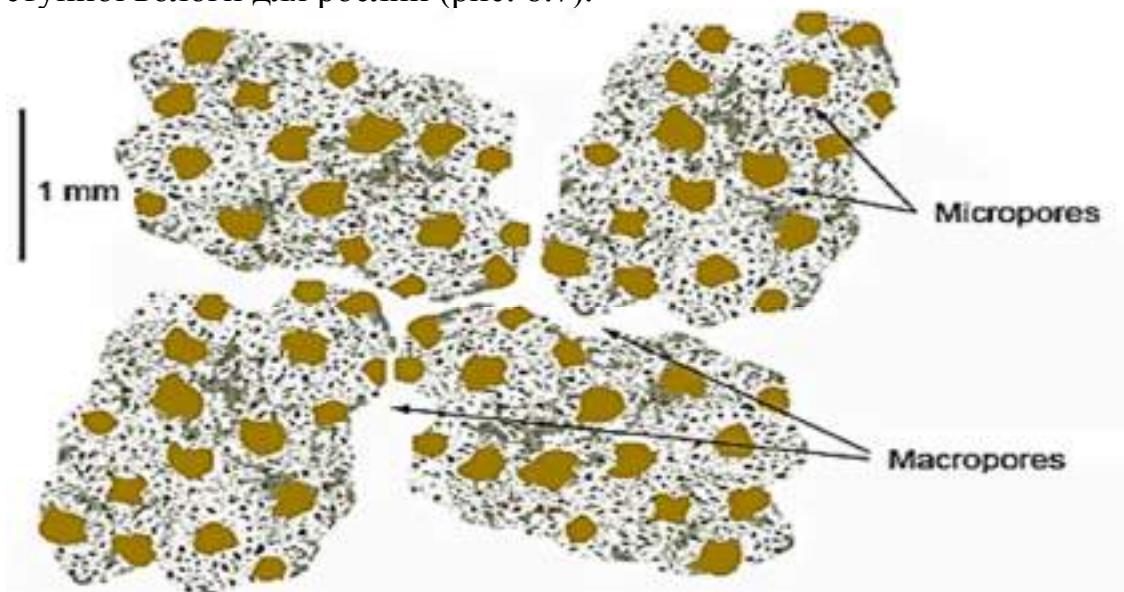


Рис. 8.7. Схема формування мікро- і макропор у агрегатному складі ґрунту (мовою оригіналу).

В агрономічному відношенні важливо, щоб ґрунти мали найбільшу пористість капілярів, заповнену водою і одночасно пористість аерації не менше 20% загального обсягу ґрунту.

*Капілярна пористість* дорівнює об'єму капілярних проміжків ґрунту; *некапілярна* – обсягом великих пор (рис. 8.8).

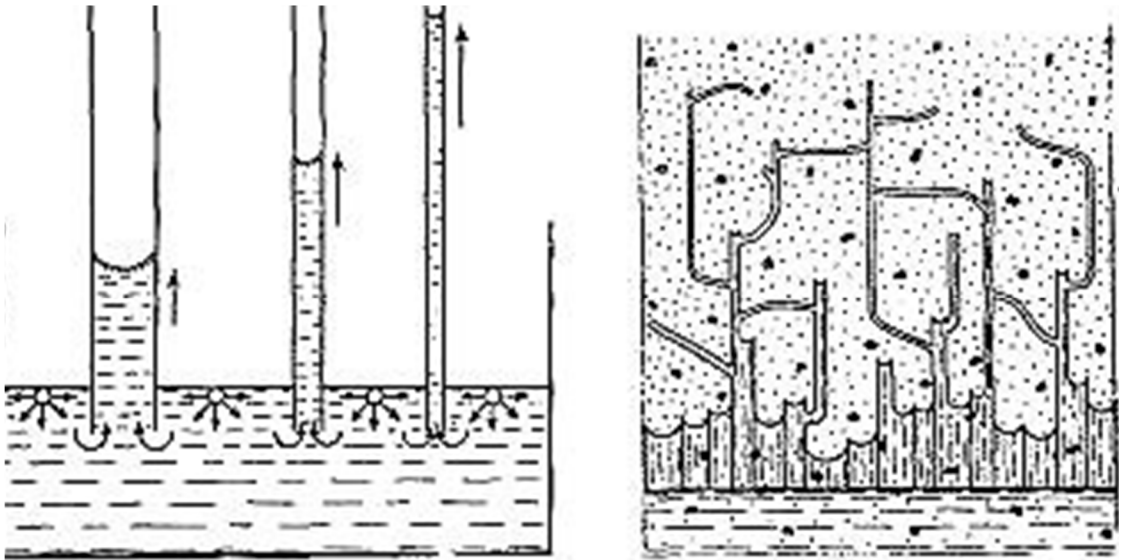


Рис. 8.8. Схема формування капілярної пористості у ґрунтовому профілі. Сума обох видів пористості становить **загальну пористість ґрунту (Pr)**. Загальна пористість ґрунту зазвичай обчислюється за показниками об'ємної і питомої ваги:

$$Pr = (1 - \frac{OB}{ПВ}) \times 100,$$

де відношення об'ємної ваги (OB) до питомої ваги (ПВ) становить обсяг твердої фази ґрунту, а за одиницю приймається загальний обсяг ґрунту з усіма його порами. Експериментально загальна пористість визначається шляхом заповнення всіх пор рідиною, обсяг якої вимірюється (рис. 8.9).

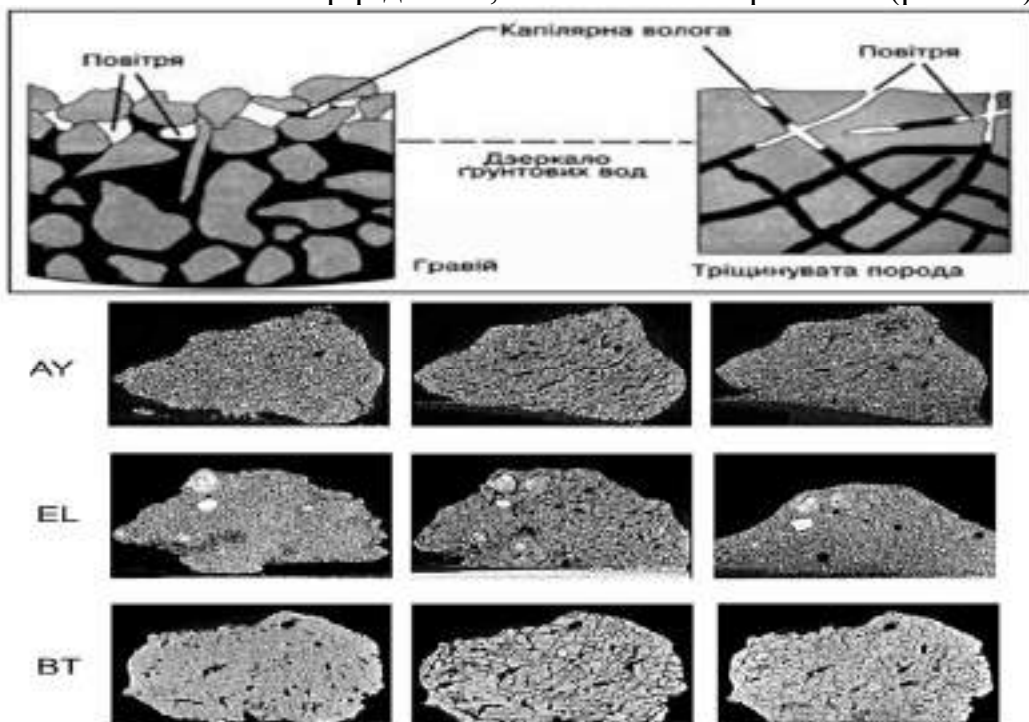


Рис. 8.9. Типи пористості ґрунту (верхня позиція). Нижня позиція внутрішні пори ґрунтових агрегатів з різних ґрунтових горизонтів (індекси AY, EL, BT (d=3 мм)) зліва направо – повітряно-сухий, капілярно-зволожений, після 5 циклів заморожування і розморожування (пори – чорні).

Експериментально КП визначають виходячи з капілярної вологості (КВ) ґрунту, яку, в свою чергу, визначають методом капілярного насичення ґрунту:

$$\text{КП} = \text{КВ} \times \text{ЩГ},$$

де КП – капілярна пористість, % від об'єму ґрунту; КВ – капілярна вологості, % від маси сухого ґрунту; ЩГ – щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup>.

Віднявши КП від загальної пористості (ЗП), одержимо величину некапілярної пористості ґрунту, або (що те ж саме) пористості його аерації при капілярному насиченні (Паер. кв):

$$\text{Паер.кв} = \text{ЗП} - \text{КП}$$

В агрономічному відношенні важливо, щоб ґрунти мали найбільшу пористість капілярів, заповнених водою і, одночасно, пористість аерації була не меншою за 15% від об'єму в мінеральних, та 30-40% в торфових ґрунтах. На це повинні бути спрямовані і всі заходи по покращенню загальних фізичних властивостей ґрунту.

У середньому пористість у мінеральних ґрунтах коливається в межах 30-60%, а у торфовищах 80-85% (табл. 8.5).

Таблиця 8.5

Межі коливань різних видів пористості в ґрунтах і ґрунтотвірних породах (за В.А. Ковдою)

Ґрунти, ґрунтотвірні породи	Пористість		
	загальна, %	капілярна	некапілярна
		% від загальної	
Піски	30-35	25-35	65-75
Супіски	35-45	45-55	45-55
Суглинки	40-47	65-85	15-35
Леси та лесовидні суглинки	40-55	60-65	35-50
Глини	45-55	90-97	3-10
Орний шар чорнозему	55-60	40-45	55-60
Поверхневий горизонт торфовища	80-85	95-98	2-5

Пористість має велике агрономічне значення. Від загальної кількості пор та їх розміру залежить співвідношення між газовою і рідкою фазами ґрунту, умови руху ґрунтових розчинів, повітря, тепла і розвиток живих організмів. Вологості, водотривкість, водопіднімальна здатність, аерація та інші властивості ґрунту тісно пов'язані з пористістю. Особливо важливе значення вона має у зрошуваних ґрунтах, обумовлюючи глибину просочування води, капілярне підняття підґрунтових вод та інтенсивність процесів випаровування.

Величина пористості та будова пор змінюються за профілем ґрунту. В гумусних горизонтах чорноземів пористість максимальна (50-60%), а в більш глибоких безгумусних – близько 40%.

Таким чином, **пористість** – сумарний обсяг усіх пор і проміжків між частинками твердої фази ґрунту (рис. 8.10-8.11). Її обчислюють за щільністю та об'ємною щільністю ґрунту і виражають у % об'єму ґрунту. Залежно від розмірів розрізняють різні форми пористості, а саме – капілярна і некапілярна. Капілярна пористість зазвичай вимірюється в лабораторних умовах і дорівнює кількості води, яка утримується у тонких капілярних проміжках між частинками твердої фази ґрунту. Звичайно чим більше глинистих часток, тим більша капілярна пористість. В оструктурених ґрунтах вода між грудочками стікає через великий розмір пор, а в самих грудочках утримується в капілярах. Різниця між загальною і капілярною пористістю становить некапілярна пористість.

Пори, що заповнені водою, повітрям і мікроорганізмами – **активні пори**. Найбільша пористість (80-90%) спостерігається в лісових підстилках, трав'яній повсті, торфі, тобто органогенних горизонтах. У мінеральних гумусованих горизонтах вона дорівнює 55-65%, у верхніх без гумусних 45-55%, в нижніх горизонтах ґрунту може бути нижче 45%. Мінімальна пористість спостерігається в глейових горизонтах ґрунтів і дорівнює близько 30% (табл. 8.6).

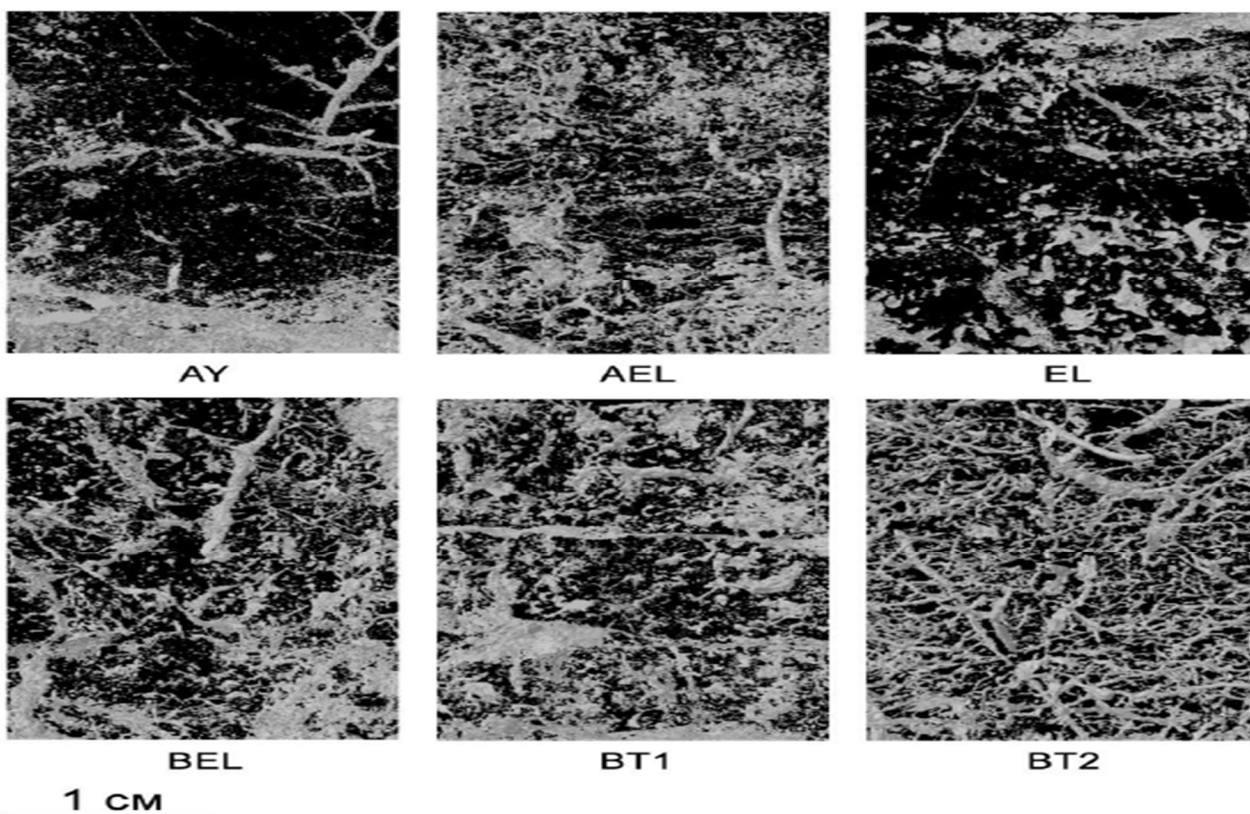


Рис. 8.10. Зображення тривимірних моделей порового простору в мікромоналітах генетичних горизонтів дерново-підзолистого ґрунту. Пори світлі.

Для розвитку корневих систем деревних рослин найкращі умови створюються при пористості ґрунтів к 55-65%; при пористості 35-40%

коріння важко проникають у ґрунт, а при пористості глейових горизонтів ґрунт практично стає корененепроникним. Велике значення має некапілярна пористість. Для найбільш освоєних корінням горизонтів вона, як правило, становить більше 10%; при зниженні її до 3% нижні горизонти ґрунтів стають малодоступними для коренів. Некапілярна пористість забезпечує проникнення повітря в ґрунт – аерацію. Для нормального розвитку рослин важливо, щоб ґрунти мали високу капілярну пористість і пористість аерації не менше 20% об'єму ґрунту.

Таблиця 8.6

Агрономічна оцінка загальної пористості (за Н.А. Качинським)

Загальна пористість у вегетаційний період для суглинкових і глинистих ґрунтів, %	Якісна оцінка пористості
>70	Ґрунт пухкий – занадто пористий
65-55	Окультурений орний шар – відмінна
55-50	Задовільна для орного шару
Менше 50	Незадовільна для орного шару
40-25	Характерна для ущільнених ілювіальних горизонтів – занадто низька

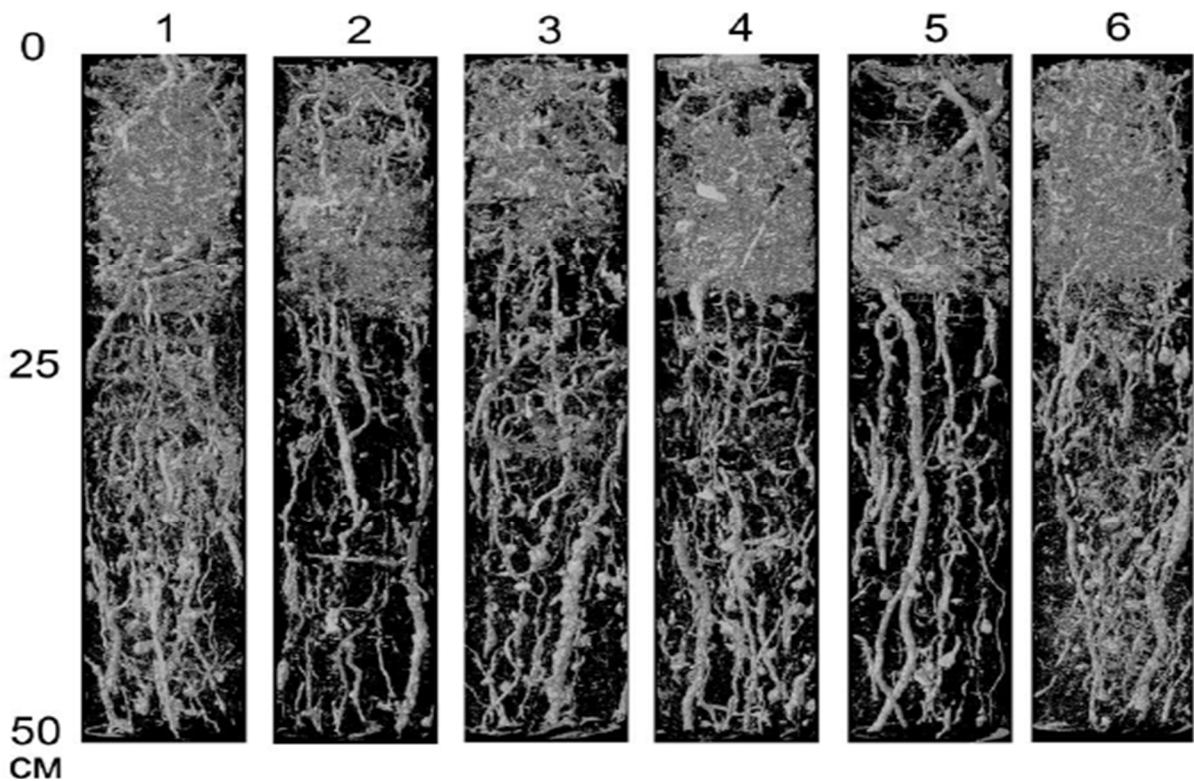


Рис. 8.11. Просторова мінливість макропорового простору в опідзолених сірих лісових ґрунтах. 3D моделі порового простору. Роздільна здатність сканування 100 мкм. Пори світлі.

**Пористість ґрунту визначається** його структурністю, щільністю, механічним та мінералогічним складом. Від загальної пористості ґрунту

залежать водопроникність, повітропроникність та повітроємність, газообмін між ґрунтом і атмосферою.

В агрономічному відношенні важливо, щоб ґрунти мали найбільшу пористість капілярів, заповнену водою, і одночасно пористість аерації не менше 15% об'єму у мінеральних ґрунтах та 30-40 % у торфових.

За величиною загальної пористості оцінюють ступінь ущільнення ґрунту (тал. 8.7).

Таблиця 8.7

Ступінь ущільнення ґрунту залежно від загальної пористості,  
% від об'єму (за В.В. Медведєвим)

Глибина шару, см	Ступінь ущільнення					ЩТФ, г/см <sup>3</sup>
	дуже пухкий	пухкий	середньо пухкий	щільний	дуже щільний	
Для ґрунтів з вмістом гумусу до 4%						
0-20	>60	60-53	53-47	47-42	<42	2,60
20-50	>55	55-50	50-45	45-40	<40	2,65
50-100	>50	50-45	45-41	41-38	<38	2,70
Для ґрунтів з вмістом гумусу понад 4%						
0-20	>62	62-56	56-52	52-48	<48	2,50
20-50	>58	58-54	54-50	50-46	<46	2,60
50-100	>54	54-51	51-48	48-44	<44	2,70

## 8.2. Фізико-механічні властивості ґрунту

До *фізико-механічних властивостей ґрунту відносяться* липкість, пластичність, набрякання, просідання, зв'язність, твердість та опір при проведенні обробітку.

*Липкість* – здатність ґрунту прилипати до різних поверхонь (рис. 8.12 ). В результаті прилипання ґрунту до робочих частин машин і знарядь збільшується тяговий опір і погіршується якість обробітку ґрунту. Величина липкості визначається силою, необхідною для того, щоб відірвати ґрунт від поверхні прилипання. Проявляється при зволоженні ґрунту, що наближається до верхньої межі пластичності. Збільшується при зволоженні ґрунту до 80%, а потім починає зменшуватись. Липкість виражається у грамах на квадратний сантиметр. Високогумусовані ґрунти навіть при високому зволоженні не мають липкості. Крім вологості і гумусованості, на прилипання істотно

впливає механічний склад ґрунту. У глинистих ґрунтів липкість найбільш значна, у пісчаних вона найменша. Н.А. Качинський (1934) ділить ґрунти за липкості на гранично в'язкі (більше 15 г/см<sup>2</sup>), сильно в'язкі (5-15 г/см<sup>2</sup>), середньо в'язкі (2-5 г/см<sup>2</sup>), слабо в'язкі (менше 2 г/см<sup>2</sup>), розсипчасті 0,5-1,0 г/см<sup>2</sup>.



Рис. 8.12. Наліпання ґрунту на робочі органи ґрунтообробної техніки

Склад поглинених основ ґрунту в значній мірі визначає його липкість. Збільшення ступеня насиченості ґрунту кальцієм сприяє зниженню величини прилипання, тоді як із зростанням насиченості натрієм – різко збільшується липкість.

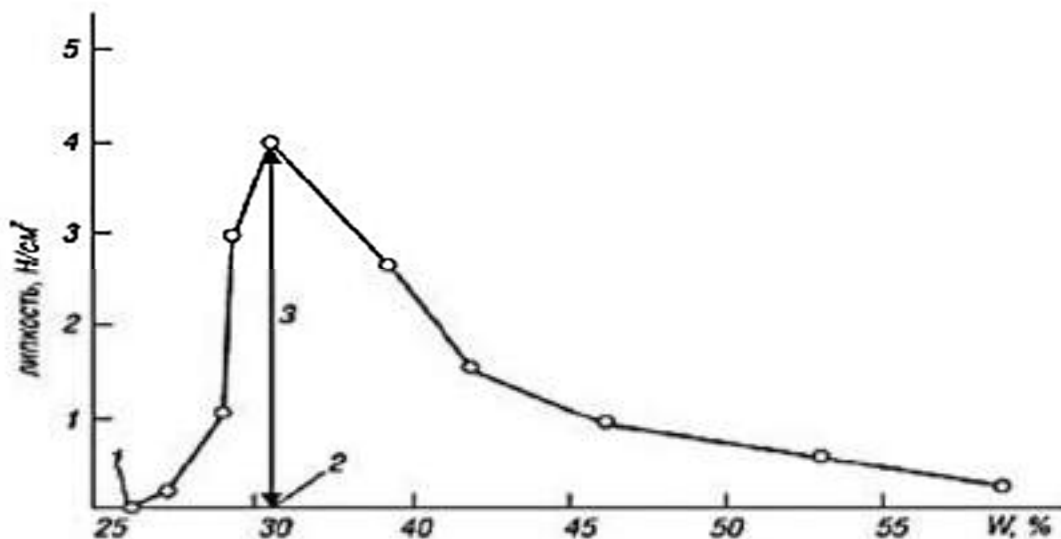


Рис. 8.13. Залежність липкості ґрунту від його вологості: 1 – вологість початкового прилипання, 2 – вологість максимального прилипання; 3 – максимальна липкість.

Максимального значення липкість досягає тоді, коли між ґрунтом і знаряддям утворюється тонкий капіляр, заповнений водою з сильно увігнутими менісками. При цьому капілярний натяг досягає максимуму, а



вологість відповідає величині максимальної липкості, або максимального прилипання. При подальшому збільшенні вологості увігнутість меніску зменшується, капілярні сили тяжіння між ґрунтом і знаряддям слабшають, зменшується і липкість (рис. 8.13).

Підвищує липкість значний вміст увібраних катіонів  $\text{Na}^+$ , як це видно з табл. 8.8.

Таблиця 8.8

Здатність до прилипання деяких ґрунтів та категорії липкості ґрунтів  
(за Н.А.Качинським)

Ґрунт, угіддя, горизонт	Вологість, % від маси сухого ґрунту	Липкість, г/см <sup>2</sup>
Дерново-середньо підзолистий	20,7	0
суглинковий	27,2	0,96
стерня жита	31,4	2,50
HE 0-14	36,2	2,63
Чорнозем слабосолонцюватий легко суглинковий	41,3	0,13
Яра пшениця після конюшини	49,4	0,61
H 0-24	67,8	1,47
Солонець горіхувато-брилистий легкосуглинковий	30,7	0,26
Цілина	40,8	4,20
Eh 0-8	53,0	4,80
Категорія	Липкість, г/см <sup>2</sup>	
Гранична за липкістю	> 15	
Сильнов'язка	5-15	
Середньов'язка	2-5	
Слабов'язка	0,5- 2	
Розсипчаста	0,1-0,5	

Липкість збільшує зусилля на обробіток ґрунту, що зумовлює збільшення витрат робочого часу, палива, посилює зношування техніки, тобто цей показник є не тільки фізичним, а ще й економічним.

При величині липкості понад 5 г/см<sup>2</sup> відбувається пластична деформація ґрунту внаслідок чого зменшується пористість ґрунту, утворюється кірка, формується брилиста структура і орна підошва.

З липкістю пов'язана така важлива агрономічна властивість ґрунту, як **фізична стиглість**. Коли ґрунт при обробітку втрачає властивість прилипати до машин і з'являється здатність кришитися на агрегати, такий стан вологості відповідає фізичній стиглості. Більш гумусовані ґрунти стають придатними для обробітку навесні раніше, ніж їх малогумусні аналоги. Нижня межа вологості, при якій ґрунт знаходиться у стані стиглості, різна і залежить від гранулометричного складу, поглинутих основ та гумусного стану. Встановлено, що нижня межа вологості, при якій можливий обробіток, відповідає максимальній гігроскопічності ґрунту, а верхня межа становить 60-70% від повної вологості ґрунту.

Вологість при якій припиняється прилипання ґрунту, відома під назвою межі липкості. Від липкості значно залежить настання фізичної стиглості ґрунту – стану ґрунту, коли він легко обробляється при найменшій затраті тягової сили. Навесні раніше інших дозрівають для обробітку піщані та супіщані ґрунти, а також добре гумусовані. Найбільш пластичні глинисті (особливо солонцюваті їх відміни) піддаються обробітку при меншому зволоженні.

Таким чином, **стиглість ґрунту** – це такий стан ґрунту, при якому він має високу мікробіологічну активність і найкраще піддається обробітку при найменшому тяговому зусиллі. Є важливою технологічною властивістю ґрунту. Розрізняють **фізичну** і **біологічну стиглість**.

Під **фізичною стиглістю ґрунту** розуміють його готовність до обробітку. Вона відповідає вологості, при якій ґрунт не прилипає до ґрунтообробних знарядь і кришиться на грудки з утворенням міцних агрегатів (ця вологість досягається при вмісті води від 60-90% його польової вологості). Вологість, при якій ґрунт знаходиться в стані стиглості, залежить від гранулометричного складу, поглинених основ і гумусованості ґрунтів. Легкі піщані і супіщані та більш гумусовані ґрунти раніше за інші готові для обробітку навесні.

Стиглість ґрунту потрібно вміти визначати (рис. 8.14). З глибини близько 10 см беремо неповну жменю ґрунту, яку потрібно буде обробляти і злегка стискаємо в кулаці. Якщо з неї виступають крапельки води і грудка, яку ви кидаєте з висоти грудей, не розпадається, а сплющується, – почекайте: ґрунт перезволожений.

Втім, це ознака стиглості супіщаного і суглинистого ґрунту, глинистий ґрунт при падінні з розціпленої руки вже не сплющується, але і не розпадається на грудочки – при падінні грудка не змінює своєї форми. Стиглий ґрунт під час обробітку не бруднить руки, не розпадається на брили і не розсипається, а добре кришиться на дрібні грудочки.

Піщані і супіщані ґрунти досягають на кілька днів раніше, ніж глинисті і суглинисті, а дрібногрудчуваті, структурні – раніше безструктурних і схильних до запливання.

Через певний час той самий ґрунт при стисканні в руці вже не виділяє воду і, падаючи з тієї ж висоти, розпадається на дрібні грудочки – ґрунт досягнув стану фізичної стиглості і придатний до механізованого обробітку.



Рис. 8.14. Послідовність станів ґрунту: верхня позиція зліва – ґрунт перезволожений не спілий, справа – ґрунт на межі фізичної стиглості. Нижня позиція – ґрунт досягнув стану фізичної стиглості.

**Біологічна стиглість** – стан ґрунту, що показує його готовність до посіву, характеризується оптимальним прогріванням і станом мікробіологічної активності. Найкращим станом стиглості вважається така, коли фізична і біологічна стиглість співпадають по часу.

**Пластичність** – це здатність ґрунту змінювати свою форму під впливом якої-небудь зовнішньої сили без порушення суцільності і

збереження наданої форми після усунення цієї сили (рис. 8.15). Проявляється тільки у вологому стані. Залежно від ступеню зволоження характер пластичності змінюється.



Рис. 8.15. Ознака пластичності ґрунту.

Запропоновано розрізняти наступні константи пластичності ґрунту:

- **верхня межа пластичності**, або межа текучості – це вологість ґрунту, при якій стандартний конус під дією власної маси (76 г) занурюється у ґрунтовий зразок на глибину 10 см;
- **нижня межа пластичності**, або межа скочування – це вологість при якій зразок ґрунту можна розкочувати у шнур діаметром 3 мм без утворення в ньому розривів;
- **число пластичності** – це числове вираження різниці між верхньою і нижньою межами пластичності.

В залежності від величини числа пластичності ґрунти за Аттенбергом поділяють на чотири категорії (табл. 8.9).

Таблиця 8.9

Категорії пластичності ґрутів

Категорія	Число пластичності
Високопластичні	$> 17$
Пластичні	17-7
Слабопластичні	$< 7$
Непластичні	0

Глинисті ґрунти мають число пластичності понад 17; суглинки – від 17 до 7, супіски – менше 7, а піски вважаються непластичними (число пластичності – 0).

Із поняттям пластичність пов'язаний термін **деформація ґрунтів**, коли зміщуються окремі точки ґрунтової маси, але цілісність ґрунту не порушується. Розрізняють два види деформації:

- **пружна**, характеризується тим, що після зняття навантаження деформація зникає;

- **залишкова**, яка зберігається після зняття навантаження.

Ні сухий, ні надмірно вологий ґрунт пластичністю не характеризуються. Лише в певному інтервалі вологості, який тим ширший, чим важчий механічний склад ґрунту, здатна проявлятися пластичність. Межами цього інтервалу вологості є верхній та нижній рубезі пластичності, а абсолютну величину цього інтервалу у відсотках від маси сухого ґрунту називають **числом пластичності**.

Верхній рубіж пластичності є **нижньою межею текучості** – це така вологість ґрунту, при якій стандартний конус під дією власної маси (76 г) заглиблюється в зразок ґрунту на глибину 10 см.

За числом пластичності розрізняють залежно від гранулометричного складу наступні групи: високо пластичними будуть глинисті ґрунти з числом пластичності  $> 17$ ; пластичними вважають суглинкові ґрунти з числом пластичності від 17 до 7; супіски слабо пластичні  $< 7$  і піски будуть непластичними, їх число пластичності наближається до 0.

Склад колоїдної фракції ґрунту (відношення  $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3$ ), характер увібраних катіонів, вміст гумусу – все це відчутно впливає на пластичність. Звуження відношення  $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3$  підвищує пластичність. Зростання частки ввібраного  $\text{Na}^+$  в ГВК теж підвищує її, а збільшення вмісту гумусу – навпаки, знижує.

**Межа текучості** – стан зволоження ґрунту за якого він розтікається.

Пластичність ґрунту залежить від складу та співвідношення поглинутих катіонів, колоїдної фракції та від вмісту гумусу. Найвища пластичність характерна солонцевим глинистим ґрунтам, з вмістом 25-30% і більше обмінного натрію від ємності вбирання. Найменша – добре гумусовані насичені кальцієм ґрунти.

**Набрякання** (набухання) – збільшення об'єму ґрунту при зволоженні. Явище набухання притаманне дрібнозернистим ґрунтам, що вміщують велику кількість колоїдів, і пояснюється зв'язуванням тонкими частинками ґрунту молекул води (збільшенням гідратних оболонок) (рис. 8.16-8.17).

Набрякання обумовлено капілярними, осмотичними і адсорбційними процесами поглинання вологи ґрунтом. При гідратації поступово збільшується вологість ґрунту, зростає товщина водних плівок навколо частинок і одночасно зростає товщина подвійного електричного шару, що призводить до прояву сил роз'єднуючого тиску між частинками, що викликають руйнування структурних зв'язків між ними і збільшення об'єму системи в цілому.

Розрізняють два типи набухання ґрунту:

- **внутрікристалічне**, коли вода проникає у міжпакетний простір мінералів;

• **міжкристалічне**, коли дисперсні частки поглинають катіони силами електростатичного поля та силами натягу (адсорбція).

Внутрішкриссталічне набухання відбувається всередині порового простору і не викликає помітної зміни об'єму ґрунту. Міжкристалічне набухання викликає помітні зміни об'єму ґрунту, навіть до руйнування ґрунтового агрегату. Наприклад, глинисті ґрунти, насичені натрієм, здатні збільшуватись у об'ємі в 1,5 раза.



Рис. 8.16. Ознаки набухання ґрунту.

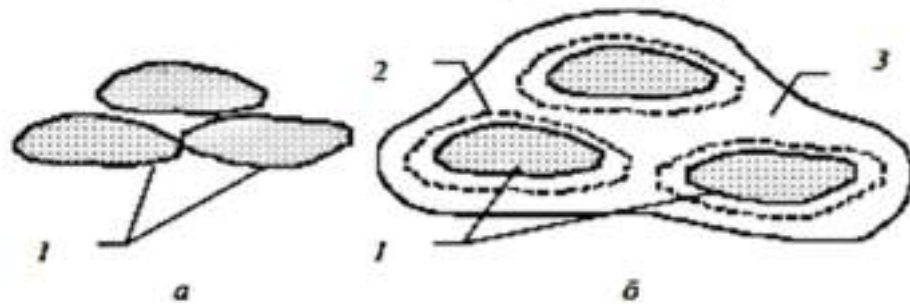


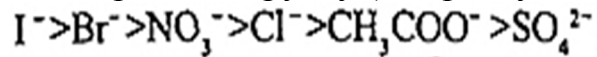
Рис. 8.17. Схема набрякання ґрунту при замочуванні (а – сухий ґрунт, б – ґрунт після замочування, 1 – тверді мінеральні частинки, 2 – міцнозв'язна вода, 3 – рихлозв'язна вода).

Процес набрякання носить осмотичний характер. Причиною, що викликає його, є різниця в концентрації солей у поровому розчині і у воді, навколишньої породи. Якщо концентрація зовнішнього розчину менше концентрації розчину, що знаходиться в порах породи, відбувається набрякання породи (воно тим більше, чим більша різниця концентрації цих розчинів). Якщо ж концентрація зовнішнього розчину більше концентрації порового розчину, то набрякання може не відбуватися; у цьому випадку може спостерігатися стиснення породи, подібне тому, яке спостерігається при її висиханні.

Чим нижче валентність катіона і менше його радіус при одній і тій же валентності, тим вищий прояв осмотичних сил. Катіони, що посилюють набрякання ґрунту (в порядку зменшення впливу):



Аніони, підсилюють набрякання ґрунту (в порядку зменшення впливу):



Мінерали з рухомою кристалічною решіткою набрякають більше (монтморилонітова група), з менш рухомою – набрякають менше (каолінітова група).

Найбільшим набряканням характеризуються ґрунти з неміцно кристалічними зв'язками (мінерали монтморилонітової групи).

Набрякання вимірюється в об'ємних відсотках за формулою:

$$V_{\text{наб}} = ((V_1 - V_2)/V_2) \times 100,$$

де  $V_{\text{наб}}$  – відсоток набрякання;  $V_1$  – об'єм вологого ґрунту;  $V_2$  – об'єм сухого ґрунту.

Величина набрякання залежить від кількості і якості колоїдів. Найбільш сприятливі до набрякання глинисті ґрунти, що містять поглинений натрій, а також монтморилонітова група. Порооди каолінітової групи мають погану здатність до набрякання. Впливає на процеси набрякання склад обмінних катіонів. Якщо ґрунт насичений одновалентними основами (особливо натрієм) набрякання досягає 120 – 150%, при насиченні двохвалентними катіонами значного збільшення в об'ємі не спостерігається. Наслідками набрякання є руйнування ґрунтових агрегатів та створення негативних умов в поверхневих горизонтах. Органічні колоїди при зволоженні також сильно збільшуються в об'ємі.

**Просідання** – зменшення об'єму ґрунту при висиханні. Величина показника залежить від тих же факторів, що і набрякання. Вона змінюється в прямій залежності від нього. Чим більше набрякання, тим сильніше виражене просідання ґрунту. Просідання ґрунту можна розрахувати в об'ємних відсотках до початкового об'єму:

$$V_{\text{пр}} = ((V_1 - V_2)/V_2) \times 100,$$

де  $V_{\text{пр}}$  – відсоток просідання ґрунту від початкового об'єму;  $V_1$  – об'єм вологого ґрунту;  $V_2$  – об'єм сухого ґрунту.

Розрізняють чотири типи просідання ґрунту, які відповідають певній кількості води, яку втрачає ґрунт:

- структурне просідання – спостерігається у випадках коли кількість втраченої води така, при якій зменшення об'єму ґрунту ще не відбувається;
- нормальне просідання – коли кількість втраченої води така, при якій починається зменшення об'єму ґрунту
- залишкове просідання – коли кількість втраченої води така, при якій агрегати ґрунту зменшились в об'ємі до такого стану, що перестали торкатись один до одного і не розділені водою;
- граничне просідання настає тоді, коли вода видаляється не тільки із міжагрегатного простору, але і з міжпакетного простору мінералів.

Величина набрякання та здатність ґрунту до просідання залежить від механічного та мінералогічного складу, якості колоїдів, складу ввібраних катіонів. Сильно набрякають ґрунти важкого механічного складу, багаті на гідрофільні колоїди, при наявності в них монтморилоніту. Увібраний  $Na^+$  підвищує набрякання, а заміна його на  $Ca^{2+}$  - зменшує.

Структурний ґрунт набрякає менше порівняно з безструктурним ґрунтом такого ж механічного складу. При поперемінному набряканні й висиханні ґрунтів у них утворюються тріщини, що розривають корені і пошкоджують посіви. Ґрунти легкого механічного складу, а також ґрунти, багаті на гідрофобні колоїди та мінерали групи каолінітів набрякають погано.

В процесі просідання в ґрунті виникають різні напруги. Внаслідок нерівномірності їх дії утворюються тріщини (рис. 8.18). Нерівномірні напруги виникають там, де проявляється найбільша швидкість випаровування вологи, тобто поблизу вільної поверхні ґрунту. Тому тріщини просідання формуються в основному на поверхні, а потім просуваються вглиб ґрунту. У процесі ґрунтоутворення дуже важливі цикли набрякання та просідання, пов'язані з циклами зволоження-висушування. Однак у залежності від амплітуди процесу вони грають подвійну роль. При малих амплітудах зволоження вони сприяють формуванню дрібногрудчоватої структури, викликаючи розтріскування ґрунтів у міру їх висушення, сприяють самомульчуванню поверхні ґрунтів, руйнують ґрунтову кірку, сприяючи поліпшенню водно-повітряних властивостей ґрунтів.



Рис. 8.18. Тріщини ґрунтового просідання.

При великих амплітудах зволоження цикли набрякання та просідання, багаторазово повторювані в природних умовах та при зрошенні, сприяють руйнуванню структури ґрунтів.

**Зв'язність ґрунту** – здатність чинити опір зовнішньому зусиллю, що прагне роз'єднати частинки ґрунту. Викликається зв'язаність силами зчеплення між частинками ґрунту. Ступінь зчеплення обумовлена механічним і мінералогічним складом, структурним станом, вологістю. Зв'язаність значною мірою визначається твердістю ґрунту. Мінімальну зв'язність мають піщані ґрунти, максимальну – глинисті.

Структурний ґрунт має меншу зв'язність, ніж безструктурний. Максимальна зв'язність властива ґрунту в абсолютно сухому стані, по мірі зволоження до фізичної стиглості зв'язність зменшується і досягає мінімуму.

**Твердістю** називається опір, який чинить ґрунт проникненню в нього під тиском будь-якого тіла (кулі, конуса, циліндра). Твердість визначається твердомірами (рис. 8.19). Величина твердості виражається в кілограмах на



квадратний сантиметр. Висока твердість є ознакою поганих фізико-хімічних і агрофізичних властивостей ґрунтів (табл 8.10). Твердість ґрунту залежить від його зволоження. У міру зменшення вологості твердість різко зростає. Розпорошений ґрунт при висиханні робить значно більший механічний опір, ніж грудучковато-зернистий. Твердість, як і інші фізико-механічні властивості, безпосередньо залежить від складу обмінних основ. У чорноземів, насичених кальцієм, вона в 10-15 раз менше, ніж у солонців. Добре гумусовані ґрунти, насичені двовалентними катіонами, мають меншу твердість, ніж малогумусовані. У глинистих ґрунтів твердість завжди більша ніж у ґрунтів легкого гранулометричного складу. У прямій залежності від твердості ґрунту залежить його опір при обробітку.

Твердість ґрунту змінюється від 5 до 60 кг/см<sup>2</sup>. Вона залежить від гранулометричного і мінералогічного складу ґрунту, вмісту гумусу, вологості. Найбільшою твердістю характеризуються солонці в сухому стані. Твердість ґрунту визначає тягове зусилля ґрунтообробних знарядь. Тягове зусилля знаряддя (плуга, наприклад), віднесене до одиниці площі цього знаряддя, називається *питомим опором ґрунту*. Він змінюється від 0,2 до 1,2 кг/см<sup>2</sup> і в значній мірі залежить від вологості ґрунту. У діапазоні 30-70% загальної вологості ґрунту питомий опір знаходиться в прямій залежності від твердості ґрунту.

Висока твердість – ознака поганих фізико-хімічних і агрофізичних властивостей ґрунтів. При високій твердості знижується проростання насіння, не можуть проникати корені у ґрунт і затримується розвиток рослин внаслідок несприятливого водного, повітряного і теплового режимів. Твердість – важлива технологічна характеристика ґрунту.

Оцінку твердості ґрунту проводять за шкалою Н.А. Качинського (табл. 8.11).

Таблиця 8.10

Вплив твердості ґрунту на розвиток коренів рослин

Показник твердоміра, кг/см <sup>2</sup>	Стан ґрунту	Поведінка коренів плодкових та ягідних рослин
0-10	Пухкий	Корені без перешкод ростуть в усіх напрямках
10-20	Пухкуватий	Корені слабо розвиваються в усіх напрямках
20-30	Ущільнений	Корені слабо проникають в усіх напрямках
30-60	Щільний	Корені зустрічають опір при проникненні в ґрунт
60-100	Дуже щільний	Корені проникають у ґрунт лише по тріщинах

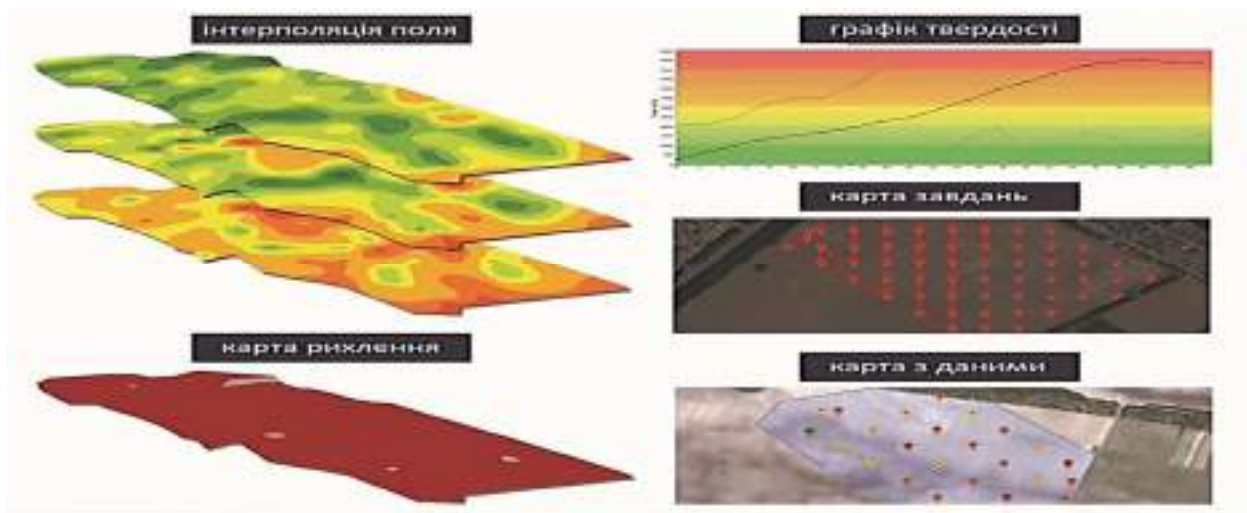


Рис. 8.19. Прилади для визначення твердості ґрунту (твердоміри різних моделей – верхня позиція, та графіки твердості поля у системі сучасного точного землеробства.

Таблиця 8.11

Шкала твердості ґрунту за Н.А. Качинським

Твердість ґрунту		Стан ґрунту
кг/см <sup>2</sup>	кПа	
<10	<1,0	Пухкий
10-20	1,0-2,0	Середньопухкий (пухкуватий)
20-30	2,0-3,0	Ущільнений
30-50	3,0-5,0	Щільний
50-100	5,0-10,0	Дуже щільний
>100	>10,0	Злитий

**Питомий опір** – зусилля, що витрачається на підрізання пласта, його обертання і тертя об робочу поверхню. Виражається питомий опір в кілограмах на квадратний сантиметр. Залежно від механічного складу, фізико-хімічних властивостей, вологості і господарського стану питомий опір ґрунту змінюється в межах від 0,2 до 1,2 кг/см<sup>2</sup>.

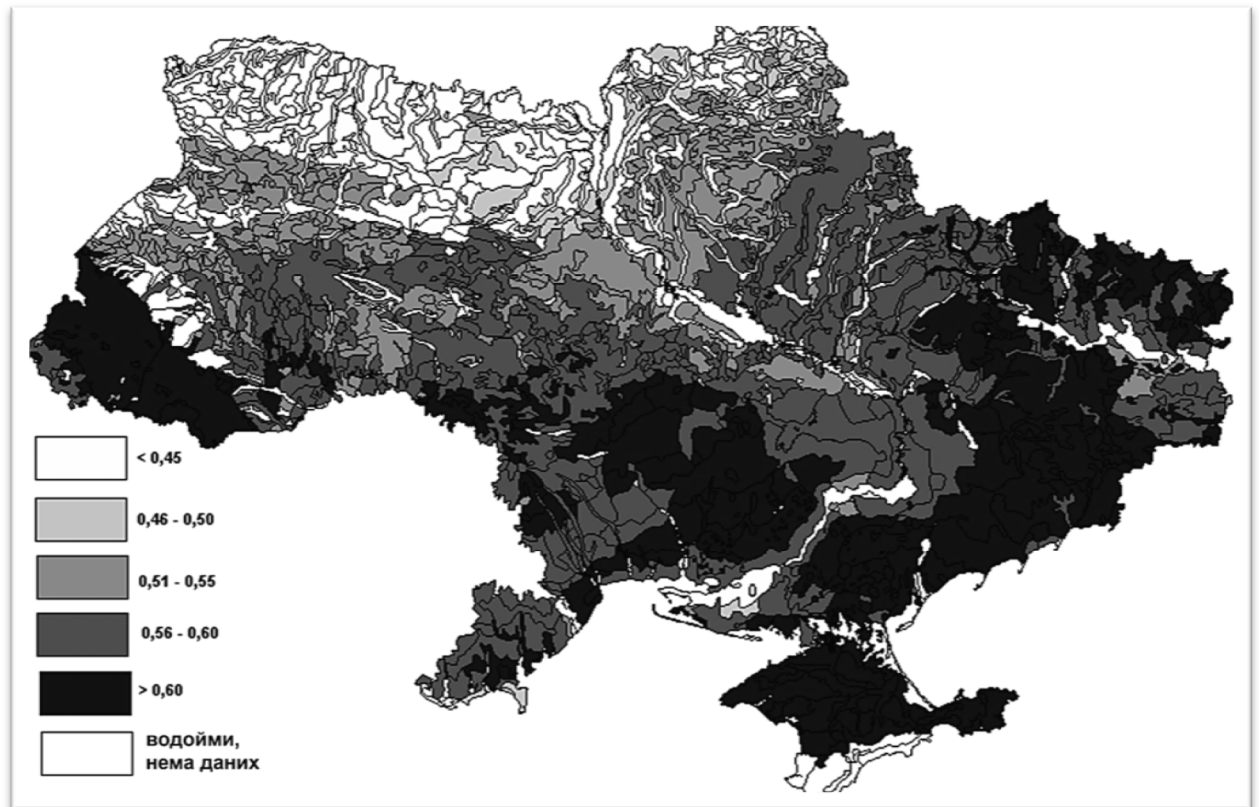


Рис. 8.21. Питомий опір оброблюваного шару ґрунтів України при оранці, кг/см<sup>2</sup> (за В.В. Медведєвим).

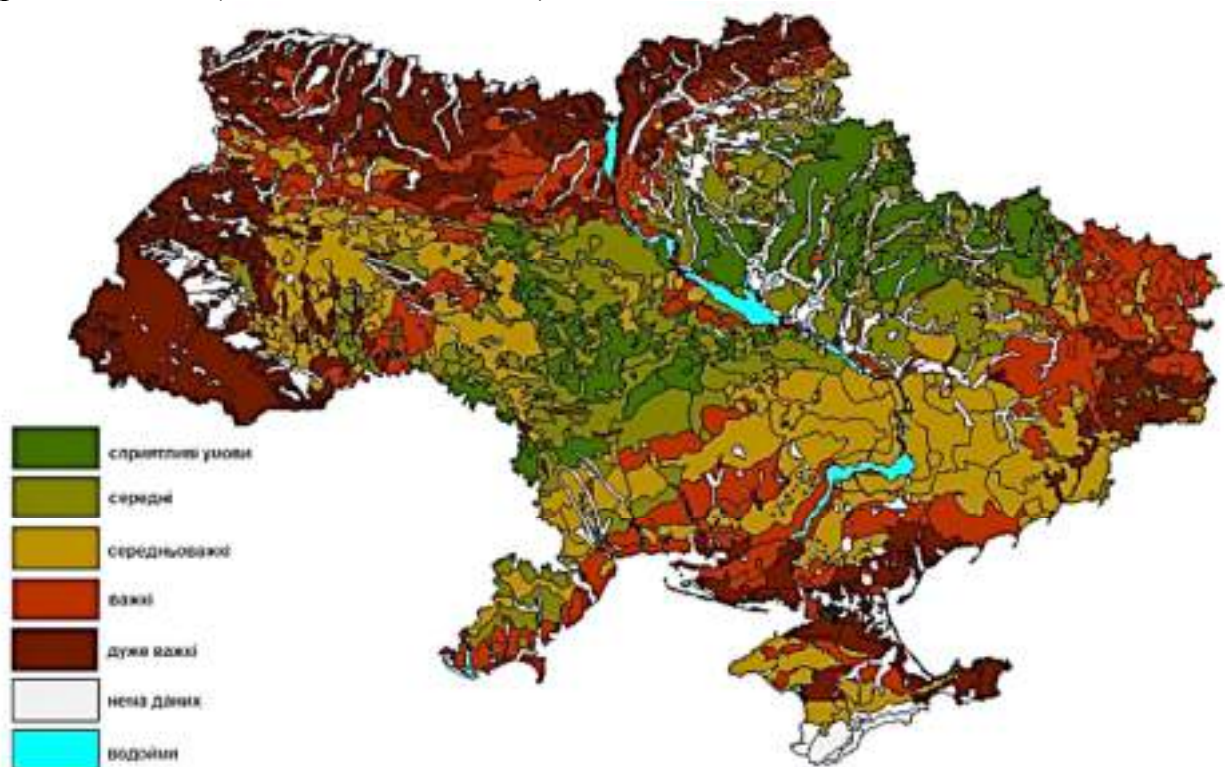


Рис. 8.22. Площі класів ґрунтів на зведеній карті ґрунтово-технологічного районування за сприятливістю до механізованого обробітку за питомим опором (за В.В. Медведєвим).

Величина питомого опору ґрунту залежить від гранулометричного складу, вмісту гумусу, структурності, складу обмінних катіонів, вологості і стану агрофону.

За величиною питомого опору розраховують сумарне тягове зусилля при обробітку. При цьому користуються формулою:

$$P = K \times a \times v,$$

де  $K$  – питомий опір ґрунту,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;  $a$  – глибина оранки,  $\text{см}$ ;  $v$  – ширина захвату,  $\text{см}$ .

Звичайно питомий опір ґрунту при обробітку визначають динамометрично. Він коливається в межах від 0,2-0,3 (на легких) до 0,9  $\text{кг}/\text{см}^2$  (на важких глинистих ґрунтах). Кожний конкретний ґрунт має мінімальний для себе питомий опір при фізичній стиглості (рис. 8.20-8.22).

Піщані, супіщані (переважно заплавні ґрунти)	0,20—0,30
Сірі опідзолені ґрунти	0,30—0,40
Глибокі і звичайні окультурені середньогумусні чорноземи	0,40—0,50
Чорноземи солонцюваті	0,50—0,90
Солончі неокультурені	0,70—0,90

Рис. 8.20. Питомий опір окремих типів ґрунтів України (за Д.І. Сараною),  $\text{кг}/\text{см}^2$ .

На ґрунтах під просапними культурами питомий опір значно нижче, ніж під зерновими культурами і багаторічними травами. Крім того, він залежить від засміченості ґрунтів (особливо кореневищними бур'янами). Ґрунти з гарною структурою чинять менший опір при обробітку, ніж безструктурні.

Серед явищ, пов'язаних з фізичними властивостями ґрунтів слід назвати утворення орної підшви та кірки. Орна підшва виникає на ґрунтах при їх тривалій оранці на одну і ту саму глибину. Особливо помітно це проявляється при недостатній насиченості їх кальцієм, як неодноразово вказував академік О.Н.Соколовський.

Внаслідок промивання орного шару дощовими і сніговими водами, посиленої мінералізації гумусу і органічних решток в орному горизонті, внесення в нього мінеральних добрив та з інших причин відбувається пептизація колоїдів, вимивання колоїдних часток до верхньої межі неораного шару, який, крім того, ще й ущільнюється, «замазується» п'ятою плуга. Утворюється щось на зразок мікроілювіального горизонту. Одним із перших засобів боротьби з утворенням підшви є насичення ґрунту кальцієм через вапнування, застосування безполицевого і, особливо, мінімального обробітку ґрунту.

При догляді за посівами і на парах доводиться мати справу з «кіркою»; яка утворюється на поверхні ріллі внаслідок замулювання, запливання поверхні під впливом води і наступного висихання. Агрономічна цінність і, особливо, водотривкість структури ґрунту є основною передумовою, щоб не утворювалася кірка. Товста (до 3-5  $\text{см}$ ) і міцна кірка, висихаючи і тріскаючись, сприяє швидкій втраті води, щільна кірка не дає змоги проникати в ґрунт повітрю, воді атмосферних опадів, утворюватися росі в

грунті. Для молодих сходів кірка іноді буває непереборною перешкодою (рис. 8.23).



Рис. 8.23. Сформована типова ґрунтова кірка.

Ґрунти чи породи, які при намочуванні під дією зовнішнього навантаження чи власної ваги дають додаткове зсідання називаються просідальними. До просідальних належать ґрунти, що утворилися на лесах, а також самі породи – леси та лесовидні суглинки. Серед властивостей лесів, що обумовлюють їх здатність до просідання слід назвати такі: 1) високий вміст пилюватих фракцій; 2) легке розмочування у воді; 3) висока пористість; 4) високий вміст легко- та середньо розчинних солей.

Специфічним і новітнім показником в оцінці фізичних та фізико-хімічних властивостей ґрунтів є його електропровідність та магнетизм.

**Електропровідність ґрунту** – це здатність складових часток ґрунту проводити електричний струм обернено до питомого електричного опору, і виражається в одиницях мілісіменс на метр (мСм/м) (рис. 8.24).

Електропровідність також є важливим показником у дослідженнях екологічних функцій ґрунту і входить до мінімального набору даних (МНД), які рекомендовані Інститутом якості ґрунтів (США) для оцінки натуральної і набутої якостей ґрунту.

Електропровідність об'єднує багато властивостей ґрунту, що впливають на врожайності сільськогосподарських культур. До них відносяться вміст ґрунтової вологи, гранулометричний склад ґрунту, ЄКО, засоленість, вміст обмінних катіонів кальцію (Ca) і магнію (Mg) та ін. Ґрунти в основному володіють іонною провідністю; електрична провідність з'являється лише при потраплянні в них води завдяки розчиненню і дисоціації присутніх в ґрунті електролітів. Таким чином, змінна питомої провідності у ґрунтовому профілі пов'язана з генетичними особливостями ґрунту і є інформативним фізичним параметром (рис. 8.25).

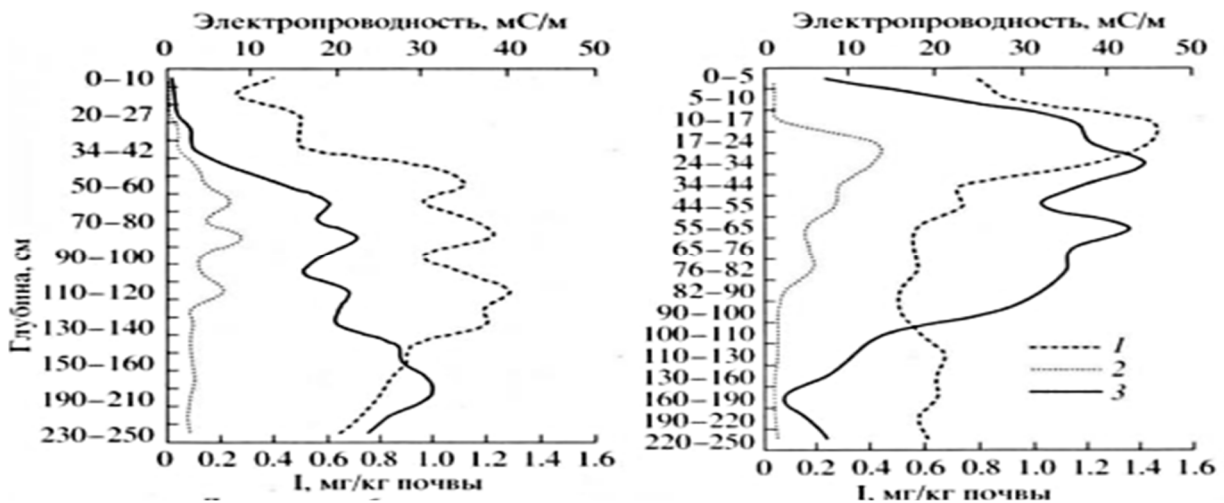


Рис. 8.24. Електропровідність різних типів ґрунтів (зліва лучні карбонатні ґрунти, справа – солонець), мС/м.

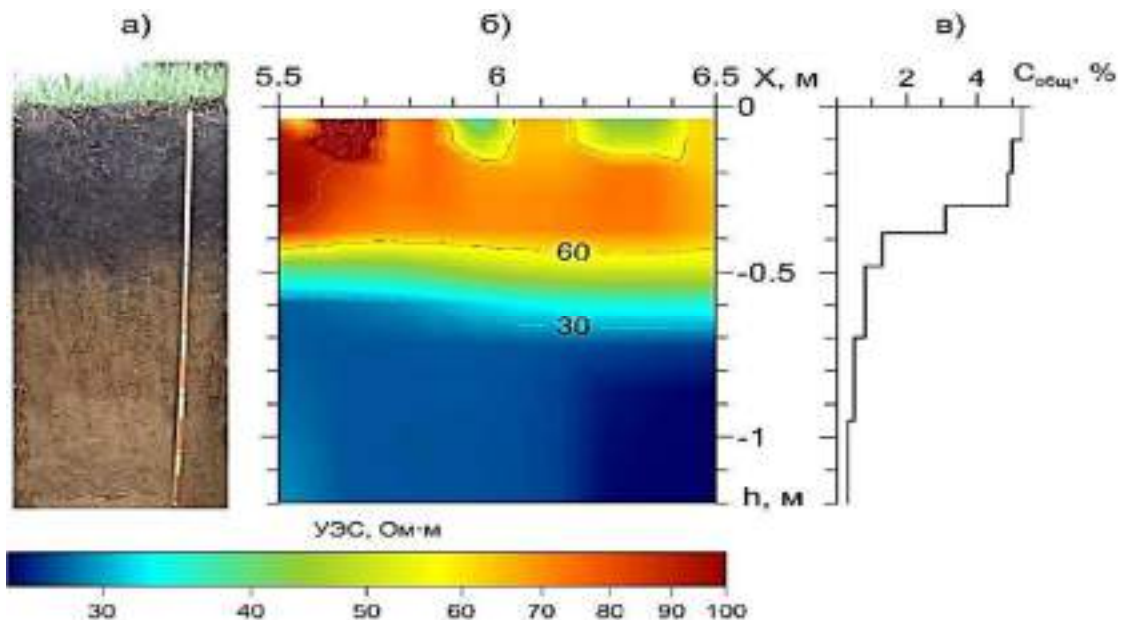


Рис. 8.25. Фотографія ґрунтового профілю (а), геоелектричний його розріз (б) та вміст загального вуглецю в ґрунті (в).

Важливою умовою електропровідності є наявність в середовищі вільних електронів та іонів. Оскільки, електронна провідність порід і мінералів, які входять до складу ґрунту невелика –  $10^{-7}-10^{-5}$  См $\cdot$ м $^{-1}$ , їх можна віднести до діелектриків, і тому ґрунт характеризується іонною провідністю.

Проте, специфіка взаємодії вологи із твердою фазою, яка виражається у наявності зв'язків різної фізико-хімічної природи, а також суттєва неоднорідність структури природних утворень органічного походження у ґрунті зумовлює його іонно-катафоричний характер провідності, причому катафорична складова провідності забезпечується за рахунок колоїдних фракцій органічних і органо-мінеральних комплексів.

Електрична провідність ґрунту залежить від кількох важливих факторів, серед яких потрібно відмітити: мінералогічний і гранулометричний склад,

вологість, концентрацію солей у ґрунтовому розчині, форму і розмір частинок ґрунту і їх структуру. Наведемо декілька простих прикладів: концентрація солей у ґрунтовому розчині, рівень засоленості – так як ґрунт представляє собою дисперсне середовище з великою кількістю пор і капілярів, заповнених розчинами електролітів, то він володіє в основному іонною провідністю. Таким чином, від концентрації і рухомості іонів у ґрунті у великій мірі залежить електропровідність. Підвищена концентрація електролітів (солей) у ґрунтовому розчині буде підвищувати значення ЕС. Слід відмітити, що електропровідність виміряна мобільним устаткуванням принципово відрізняється від лабораторного тесту на засоленість і тому в багатьох випадках називається апарентною ЕС (ЕСа). Ємність вбирання – ґрунти з високим вмістом органічної речовини або вмістом глинистих шаруватих мінералів, таких як монтморилоніт, вермикуліт мають набагато вищу здатність утримувати позитивно заряджені іони (Ca, Mg, K, Na) ніж ґрунти без цих складових. Відповідно значення ЕС будуть також підвищуватися.

Структура ґрунту і вміст води – ґрунти з заповненими вологою просторами пор, мають кращу електропровідність. Отже, ґрунти з найбільшою загальною пористістю (наприклад, структурні чорноземи), будуть мати більшу електропровідність ніж опідзолені ґрунти. Електропровідність в сухих ґрунтах значно нижче, ніж у вологих ґрунтах. Вимірювання ЕС ґрунту дозволяє визначати зміну продуктивної води по полю. Реакцію електропровідності на присутність глини (рис. 8.26) використовують для точного визначення глибини орного шару, що лежить над глиняним шаром або кам'янистою породою. Чим вища загальна пористість ґрунту, тим краще вона проводить електрику. За однакових значень інших параметрів ґрунт із високим вмістом глини більш пористий, ніж піщаний.

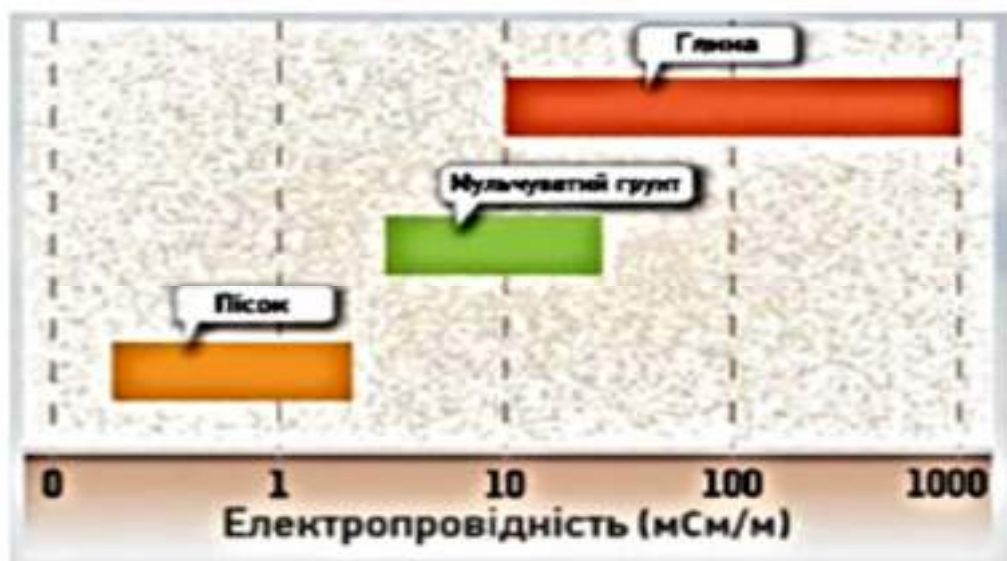


Рис. 8.26. Електропровідність ґрунтів різного механічного складу.

Електропровідність ґрунту змінюється залежно від кількості вологи у його частинках. Електропровідність піщаних ґрунтів низька, мулисті ґрунти характеризуються середніми її значеннями, а глинисті ґрунти — найкращі провідники. Отже, електропровідність стійко корелює з розмірами і структурою складових ґрунту.

Значення електропровідності не лише свідчать про відмінності у структурі ґрунту, а й тісно пов'язані з іншими його властивостями, тож за ними можна визначати і родючість ґрунту. Це стосується в тому числі його здатності утримувати вологу, оскільки, посушливі ділянки ґрунту зазвичай мають помітні відмінності у структурі порівняно з ділянками, повністю забезпеченими водою.

Цей показник також можна визначити за допомогою характеристик електропровідності ділянок. Ґрунти з середнім рівнем електропровідності, що мають середню структуру і середню водоутримувальну здатність, найчастіше є найбільш родючими. Водоутримуюча здатність сама по собі справляє надзвичайно сильний вплив на урожай зернових, тому це найцінніша інформація, яку дають показники електропровідності.

Отримавши точні дані електропровідності, можна визначати інші особливості тієї чи іншої ділянки на полі. Наприклад, надлишок розчинених солей у ґрунті, його елементарно визначають через показник електропровідності.

Слід зауважати на низку моментів, що можуть впливати на точність вимірювання електропровідності ґрунту або зумовлювати тимчасові відхилення від базових показників. Зокрема, йдеться про зниження температури ґрунту до точки замерзання води, що призводить до певного зниження показника електропровідності. Коли температура опускається нижче точки замерзання, загальна електропровідність ґрунту різко знижується.

В 1990 р. було встановлено, що градууювальні параметри приладу ВПГ-1 (рис. 8.27) дуже тісно пов'язані з об'ємною масою (щільністю) ґрунтів і можуть служити електропровідним еталоном того чи іншого ґрунту. В приладі ВПГ-1 використано принцип вимірювання комплексної електропровідності в змінному струмі низької частоти (до 10 кГц).

Для вимірювання електропровідності у польових умовах найчастіше застосовують спеціальні кондуктометри, оснащені одним із двох типів сенсорів – контактним і безконтактним. Використання обох типів сенсорів дає порівняно точні результати.

У сенсорах контактного типу використовують спеціальні контактні щупи. На панелі приладу встановлюють кілька пар таких щупів. На одну пару щупів подають напругу, інші використовують для вимірювання зниження напруги між ними.



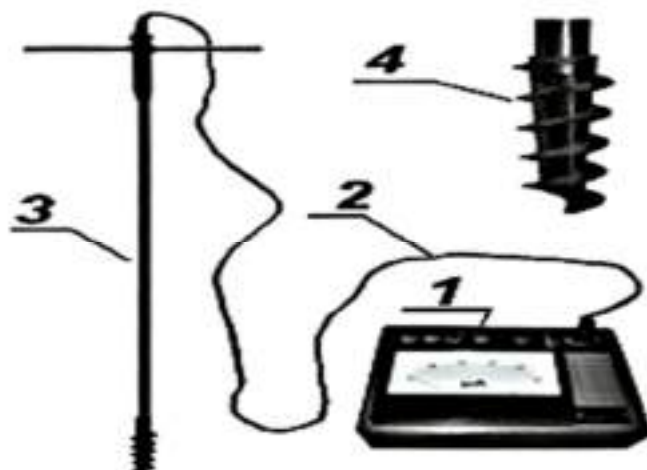


Рис. 8.27. Вимірювач параметрів ґрунтів ВПП-1: 1 – вимірювальний блок вологості і температури; 2 – з’єднувальний шнур; 3 – датчик-свердло; 4 – чутливі до вологості і температури елементи датчика у збільшеному вигляді.

Для вимірювання електропровідних властивостей ґрунту, як правило, використовують метод 4-х симетрично розташованих контактів (рис. 8.28).

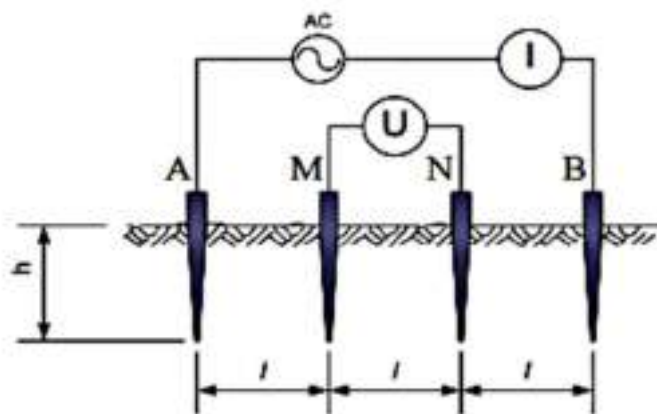


Рис. 8.28. Схема розташування контактів для вимірювання електропровідності ґрунту.

Безконтактні сенсори електропровідності функціонують за принципом електромагнітної індукції. При цьому не потрібен безпосередній контакт із ґрунтом. Інструмент складається з передавача і приймальної катушки, яку встановлюють на протилежних кінцях приладу.

Мобільні прилади для картографування електропровідності використовують гальванічно-контактний, електромагнітно-індуктивний, або ємкісно-парний метод. Кожен метод має свої переваги і недоліки.

При використанні гальванічно-контактного методу, електроди представляють собою ізольовані диски, що входять в постійний контакт з ґрунтом дотримуючись чітко встановленого взаємного геометричного розташування.

В країнах з розвинутим аграрним виробництвом за проведення ґрунтових обстежень та моніторингів у сучасному рослинництві електрофізичні методи дослідження ґрунту набули широкого використання. В Північній Америці і Європі є ряд компаній-виробників відповідного обладнання. Використання карт електропровідності ґрунту скорочує затрати на обстеження, і дає більш об'єктивну і репрезентативну інформацію про зміну ґрунтових властивостей у просторі, в порівнянні з обстеженнями, використаними лише на основі класичних методів.

Компанія Veris (США) розробляє електронну систему моніторингу властивостей ґрунту. На сьогодні технологія і обладнання Veris є найбільш прогресивними при запровадженні технологій точного землеробства в порівнянні з будь-якими іншими технологіями картографування ґрунтів.

Сутність функціонування даної системи базується на принципах реєстрації електропровідних властивостей ґрунту залежно від його змін по площі поля. Цей спосіб ефективний при відображенні структури ґрунту, тому що більш дрібні частки ґрунту, такі як глина проводять більше струму, причому, чим більше мулу і піску тим менша електропровідність.

При виконанні вимірювань, установка Veris пересувається по поверхні поля як одновісний причіп (рис. 8.29). Одна пара електродів подає напругу відомої величини в ґрунт, в той час як інші електроди міряють падіння напруги.

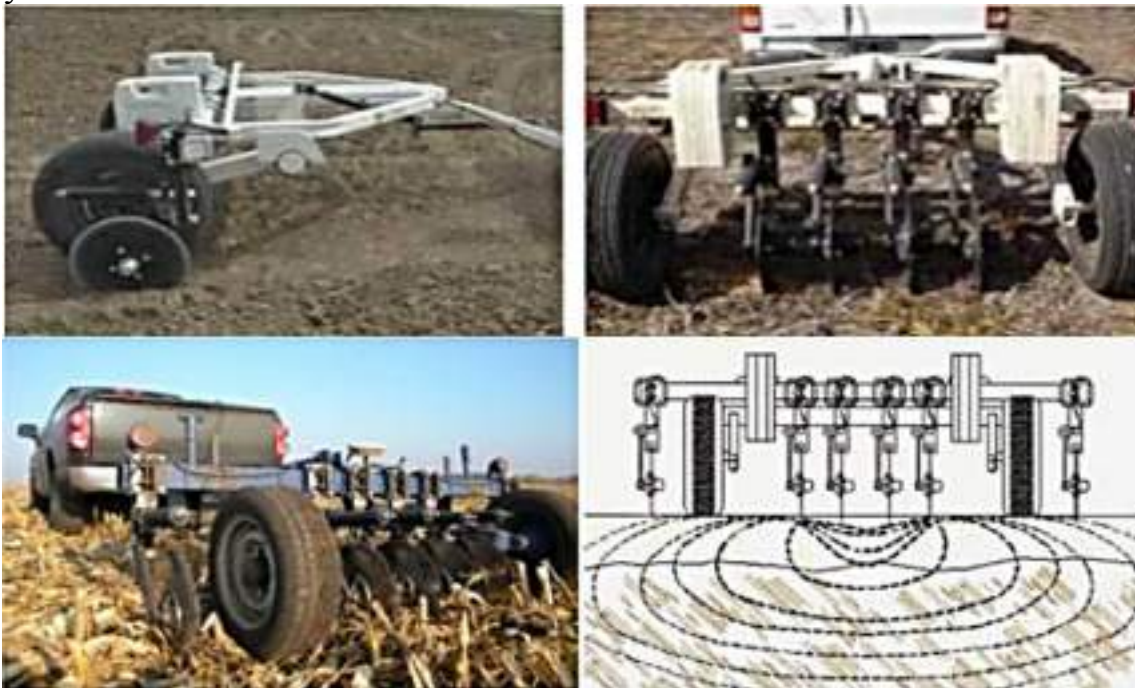


Рис. 8.29. Система реєстрації електропровідних властивостей ґрунту Veris.

Вимірювання провідності відбувається з інтервалом в 1 секунду з прив'язкою до світових координат. На одному гектарі установка виконує близько 60 проходів зі швидкістю до 15 км/год. Конструкція моделі Veris 3100 дозволяє одночасно зчитувати провідність з різних горизонтів (до 30 см)

і в результаті отримувати докладну карту мінливості структури ґрунту в кореневій зоні рослин.

При використанні даних машин отримується інформація для побудови карт, аналіз яких показує на значну схожість між картами побудованими за технологіями Veris, та картами, побудованими за даними агрохімічної лабораторії з прив'язкою до світових координат.

Завдяки тому, що система Veris фіксує набагато більшу кількість точок реєстрації, на картограмах, що побудовані за електропровідністю більш чітко видно границі переходів між окремими рівнями значень параметру.

Soil Doctor (США) це ще одна комерційна система для реєстрації електропровідних властивостей ґрунту, що працює на тому ж принципі, що і Veris. Представники цієї компанії вперше запровадили технологією реєстрації місцевизначених параметрів ґрунту в реальному часі (On-The-Go). Обладнання дозволяє проводити дистанційне зондування ґрунту на ходу з визначенням органічної речовини, ємності катіонного обміну, вологості ґрунту і кількості нітратного азоту.

Агроконсалтингові фірми багатьох країн використовують картограми електропровідності ґрунту як один з елементів при вивченні параметрів неоднорідності ґрунту. Карти електропровідності ґрунту приносять користь коли вони використані для вивчення, пояснення і врахування змін ґрунтових властивостей в межах одного поля через оптимізацію виробничого процесу в рослинництві.

Карта електропровідності ґрунту (рис. 8.30) висвітлює контрастні зони за структурою ґрунту. Загальні значення електропровідності можуть збільшуватися з підвищенням вологості ґрунту, але відносні значення залишаються послідовними і через певний проміжок часу. Сигнал електропровідності інтерпретується по всьому профілю ґрунту до 90 см і тому в малій мірі залежить від тимчасових подій, таких як нерівномірне випадання дощових опадів перед вимірюванням.

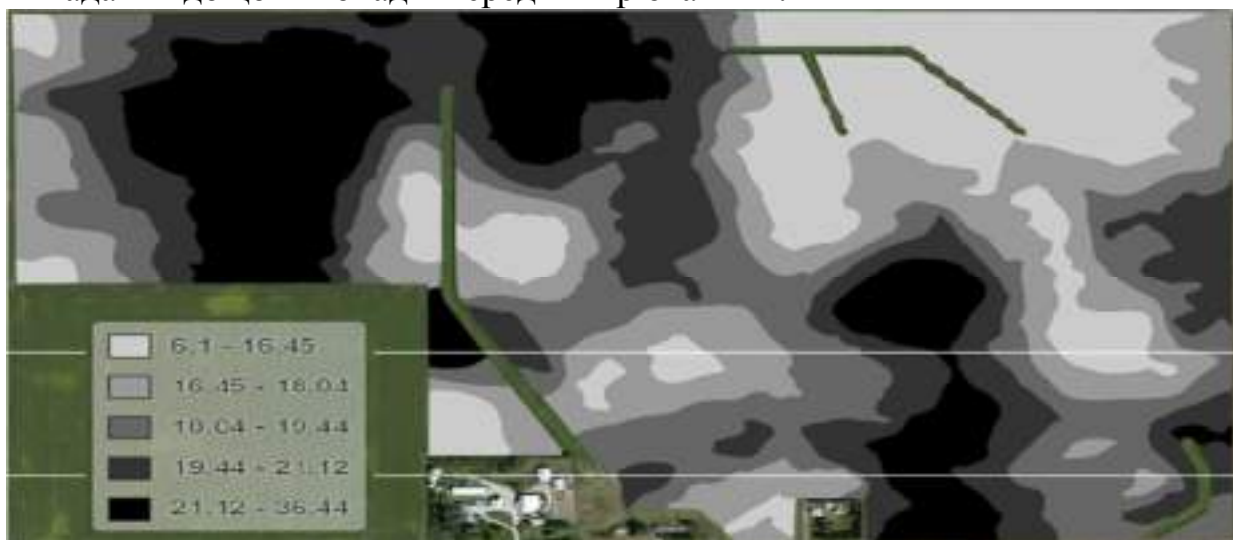


Рис. 8.30. Зразок картограми електропровідності ґрунту поля.

**Картування електропровідності ґрунту** – це комплексна характеристика зміни ґрунтових умов у межах одного поля чи масиву полів. ЕС ґрунту не дозволяє визначити вміст поживних речовин безпосередньо, вона показує зміну важливих властивостей ґрунту по полю, таких як гранулометричний склад ґрунту, органічна речовина, вологість, концентрація солей у ґрунтовому розчині, показник рН тощо. Ці мінливості дуже важливі, і можуть бути враховані при прийнятті таких рішень як:

1. Визначення ґрунтових контурів і встановленням структури ґрунтового покриву при проведенні подальших обстежень та вимірів.

2. Визначення точок відбору проб ґрунту і місце їх розміщення на досліджуваній території чи полі.

3. Визначення однорідних ділянок поля за властивостями ґрунту через їх взаємозв'язок з електропровідністю.

4. Встановлення зон за рівнем зволоження, зон підтоплення та ін.

5. Точне визначення контурів потенційно підкислених і засолених ділянок поля.

6. Вдосконалення та оптимізація таких технологічних процесів як змінна норма висіву насіння та внесення мінеральних добрив.

7. Вивчення водно-сольового режиму на зрошувальних полях.

Електропровідність дає змогу оцінювати зміни в деяких фізичних властивостях ґрунту безпосередньо на полі. Зазвичай карти врожайності корелюють із картами ґрунтової електропровідності (рис. 8.31). Часто їх схожість пояснюється відмінностями у ґрунті. Це стосується вже згадуваних водоутримувальних властивостей ґрунту – головного фактора, що впливає на врожай. Відповідно, майже в кожному випадку карту врожайності можна співвіднести з картою електропровідності, отримавши значні відхилення. Найчастіше карти електропровідності надають цінну інформацію про схожість і відмінності ґрунтів на різних ділянках поля, завдяки чому можна розподіляти поле на декілька дрібніших ділянок із різними рекомендованими видами обробітку ґрунту.

Щоб карти електропровідності ґрунту мали реальну цінність, позначені моделі і ділянки мають бути стійкими і повторюваними. Показники електропровідності ґрунту потрібно стандартизувати як для полів з різною історією вирощування зернових, так і для випадків, коли дані про ґрунтову електропровідність знімали в різний час.

Максимального економічного ефекту досягають, коли дані ґрунтової електропровідності використовують у поєднанні з іншою інформацією. Це може бути історія врожайності, дані проб ґрунту і місцеві агрономічні дані. Так, в одних регіонах більш висока електропровідність свідчить про вищий вміст глини і ємність катіонного обміну ґрунту, завдяки чому можна очікувати високу врожайність і планувати додатковий висів насіння. В інших регіонах більш висока електропровідність свідчить про надлишок глини, що обмежує врожайність. Тобто, тут потрібно зменшувати норму внесення міндобрив і густоти сівби.

В обох випадках карта ґрунтової електропровідності дає змогу виокремити різні ділянки в межах одного поля, обміркувати індивідуальні методи і застосувати спеціалізовані технологічні підходи. Маємо на увазі обчислення змінних норм висіву насіння на основі вмісту елементів живлення, внесених гербіцидів, вапна для розкислення, наявності ущільнень тощо. Тобто, брати до уваги конкретні фактори, що безпосередньо впливають на родючість тієї чи іншої ділянки поля.

Іноді показники ґрунтової електропровідності визначають не зовсім точно. Наприклад, на результати вимірювання одразу негативно впливають внесені на поле високі норми органічних добрив чи навіть заорювання у ґрунт значної кількості поживних залишків. Це пояснюється тим, що внаслідок потужного біологічного розкладання у ґрунті може утворитися надлишок солей. Відповідно, отримані значення електропровідності можуть бути далекими від реальних. Помилкові показники можна отримати й на занадто сухих ґрунтах, тим більше на глибині орного шару.

**Магнітні властивості ґрунтів.** Всі ґрунти в більшому або меншому ступені мають магнітні властивості. Їх намагнічений стан характеризується величиною підсумкового магнітного моменту одиниці об'єму або одиниці маси ґрунту. Магнітний момент одиниці об'єму (маси) ґрунту, викликаний однорідним магнітним полем і названий намагніченістю, є геометричною сумою магнітних моментів та його окремих атомів. Для одних речовин (ферромагнетиків) намагніченість є складною функцією зовнішнього магнітного поля, для інших (діа- і парамагнетиків) – в певних інтервалах полів і температур ця функція може бути лінійною.

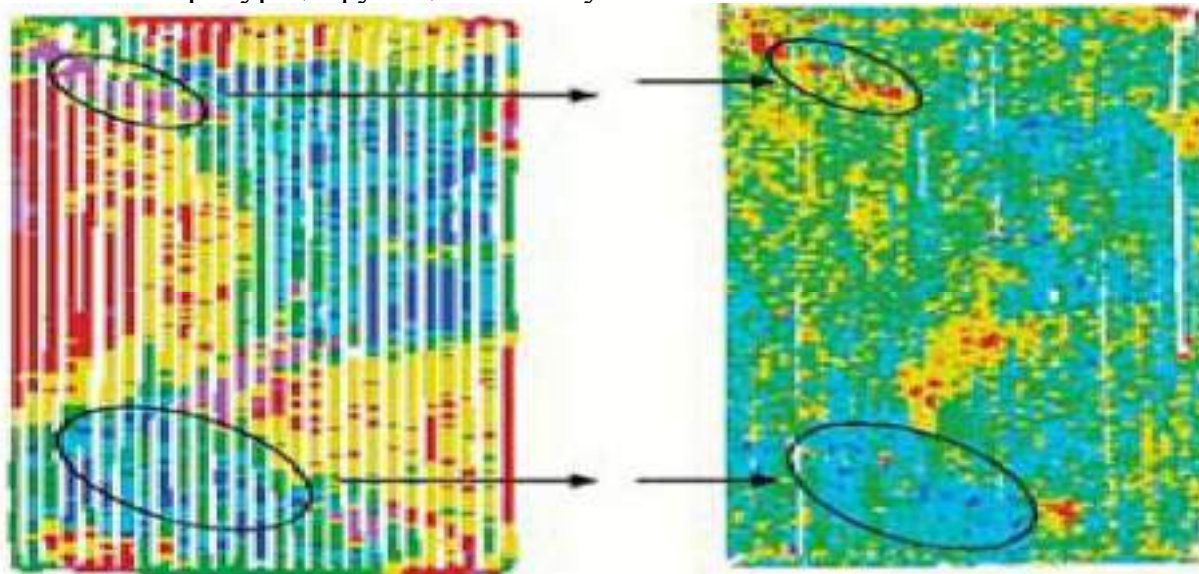


Рис. 8.31. Порівняння картограм урожайності (справа) з картою електропровідності (зліва). Ділянки з низькою електропровідністю (забарвлені у рожевий колір) співпадають з ділянками низької врожайності (червоне забарвлення), а ділянки з високою електропровідністю ґрунту (блакитний колір) співпадають з ділянками високої урожайності (те ж блакитний колір).

*Магнітна сприйнятливість* є коефіцієнтом пропорційності між намагніченістю і зовнішнім магнітним полем, що створило її. Чисельно дорівнює відношенню намагніченості до напруженості магнітного поля. Розрізняють об'ємну і питому магнітну сприйнятливість. Перша з них є величиною безрозмірною, друга має розмірність, зворотну густині, – м<sup>3</sup>/кг. Вона чисельно дорівнює об'ємній магнітній сприйнятливості, поділеній на густину ґрунту (рис. 8.32).



Рис. 8.32. Магнітна сприйнятливість чорноземів південних та підстилаючих горизонтів уздовж ґрунтового розрізу дослідної ділянки поблизу селища Санжейка, Одеська обл., Україна.

Магнітна сприйнятливість є однією з найважливіших характеристик магнітних властивостей. Її знак і величина використовувалися для виділення трьох видів магнетиків: 1) діамагнетиків (10-7); 2) парамагнетиків (10-6) і 3); феромагнетиків (10-5). Діамагнетизм властивий всім без виключення матеріалам, у багатьох випадках він пригнічується більш сильними пара- і феромагнітними ефектами. Характерна риса діамагнетиків – відсутність магнітного моменту (він рівний нулю у окремих атомів) у нульовому магнітному полі. До діамагнітних мінералів відносяться багато самородних мінералів (мідь, цинк, срібло, золото, сірка, графіт і ін.) і найважливіших породоутворюючих мінералів – кварц, ангідрит, галіт і ін. Серед гірських порід до чистих діамагнетиків можуть бути віднесені кам'яні солі, крейда і вапняк.

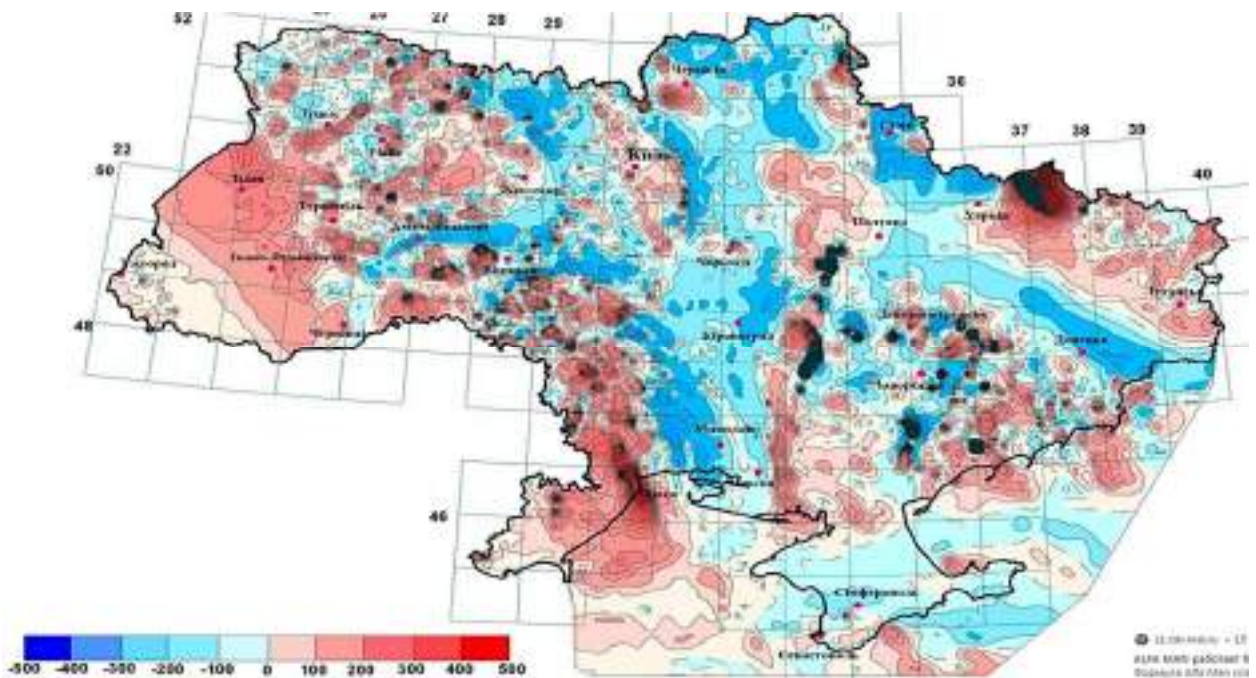


Рис. 8.33. Карта магнетизму ґрунтового покриття України.

Парамагнетики відрізняються від діамагнетиків тим, що мають постійний магнітний момент. Парамагнетик не намагнічений за відсутності зовнішнього магнітного поля унаслідок хаотичного розподілу у них магнітних моментів окремих атомів. Лише під впливом зовнішнього магнітного поля елементарні магнетики (атоми і молекули парамагнетиків) набувають орієнтування, що обумовлює появу індуктивного намагнічення. До цього типу магнетиків відноситься дуже багато мінералів і гірських порід (наприклад, пірит, рутил, епідот, шпінель, турмалін, авгіт, сидерит, біотит і ін.). Основна особливість феромагнетиків – їх спонтанна намагніченість. За відсутності зовнішнього магнітного поля тіло феромагнетика в цілому не має магнітного моменту оскільки магнітні моменти спинів доменів неоднакові по величині і напрямку (хоча кожна з цих областей намагнічена до насичення). При накладанні зовнішнього магнітного поля магнітні моменти доменів чітко орієнтуються по напрямку поля, що обумовлює намагніченість феромагнетика. Частина цієї намагніченості зберігається при знятті зовнішнього магнітного поля, внаслідок чого феромагнетики за відсутності поля можуть бути намагнічені. До власне феромагнітних мінералів відноситься самородне залізо, магнітна сприйнятливості якого сягає тисяч одиниць. Більшість мінералів заліза є феромагнетиками (магнетит, титаномагнетит, піротин і ін.). Магнітна сприйнятливості магнетиту сягає 20, у решти мінералів – не більше 0,4.

**Магнітні властивості ґрунтів визначаються** їх хіміко-мінеральним складом і структурою – співвідношенням діа-, пара- і феромагнітних мінералів і їх взаємозв'язком. Проте ведуча роль у створенні магнітних властивостей ґрунтів належить феромагнетикам, оскільки їх магнітна сприйнятливості на багато порядків перевищує магнітну сприйнятливості

основних діа- і парамагнітних мінералів. Навіть незначний вміст в ґрунтах феромагнітних мінералів (десяті і соті частки відсотка) виявляється достатнім для прояву в них типових феромагнітних властивостей (точки Кюрі, петлі магнітного гістерезису і ін.). Необхідно також враховувати наявність в ґрунтах легко гідратуючих мінералів, що особливо важливо для високодисперсних глинистих ґрунтів.

Магнітні властивості ґрунтів залежать від їх структурних особливостей, зокрема від розміру, форми і розташування феромагнітних компонентів. Звичайно із зростанням дисперсності останніх їх магнітна сприйнятливість зменшується.

**Магнітна сприйнятливість ґрунтів** змінюється в широкому діапазоні. Найбільша її величина характерна для магматичних порід для яких характерне зменшення від ультраосновних порід до кислих, відповідно до зміненям їх мінерального складу.

Незначна магнітна сприйнятливість характерна для глинистих сланців, філітів, кристалічних сланців, кварцитів, гнейсів, мармурів і інших порід. Високі значення цього параметру властиві залізистим кварцитами, роговиками, серпентинітами, скарнам і магнетитовим сланцям.

Осадкові породи практично немагнітні або слабо магнітні, що частково обумовлене невеликим вмістом в них феромагнітних з'єднань. Як найменшу магнітну сприйнятливість мають вапняки, доломіт, ангідрит, гіпс, солі і інші хемогенні породи, що складаються в основному з діамагнітних мінералів. Слабомагнітні і магнітні різновиди встановлені серед пісків, пісковиків і глин, причому звичайно при переході від піщано-пилуватих порід до глинистих їх магнітна сприйнятливість зростає.

Важливим показником магнітних властивостей ґрунтового покриву є **сумарна намагніченість ґрунту ( $J_S$ )** (рис. 8.34). Відповідно до територіальних досліджень О.І. Меньшова (2008) сумарна намагніченість ґрунтового покриву змінюється для території України наступним чином. Найнижчі значення характерні лучним та лучно-болотним ґрунтам усіх зон ( $J_S=5...15 \cdot 10^{-3}$  А/м) та зональним дерново-підзолистим ґрунтам Полісся ( $J_S=5...20 \cdot 10^{-3}$  А/м). Вищі значення зафіксовані для чорнозему типового Поліської зони ( $J_S=20...35 \cdot 10^{-3}$  А/м).

У широких межах змінюються досліджувані параметри в ґрунтах Лісостепу. Для сірих лісових ґрунтів  $J_S=5...25 \cdot 10^{-3}$  А/м в межах Східного Лісостепу та досягає  $J_S=40...50 \cdot 10^{-3}$  А/м в Західному Лісостепу. Для чорноземів  $J_S=30...60 \cdot 10^{-3}$  А/м. Найвищі значення сумарної намагніченості притаманні чорноземам звичайним Степу ( $J_S=60...85 \cdot 10^{-3}$  А/м) та чорноземам південним Південного Степу ( $J_S=100...125 \cdot 10^{-3}$  А/м). У широких межах змінюється  $J_S$  і в каштанових ґрунтах Сухого Степу ( $J_S=10...75 \cdot 10^{-3}$  А/м). Спостерігається монотонна та немонотонна закономірності зміни  $J_S$  у вертикальному напрямку при переході між генетичними горизонтами ґрунтового профілю. Зокрема, найвищі значення



фіксуються у верхніх гумусних горизонтах усіх типів ґрунту, а також ілювіальних горизонтах. Висока магнітність і майже нульова диференціація за сумарною намагніченістю властива ґрунтовим профілям чорноземів Степу та Сухого Степу. Вертикальна диференціація майже відсутня також у слабкомагнітних ґрунтах – лучних, болотних, дернових. Елювіально-ілювіальні горизонти спричинюють наявність додаткових максимумів на глибині 20-40 см в дерново-підзолистих ґрунтах (He:  $J_S=3...10 \cdot 10^{-3}$  А/м, Ні:  $J_S=20...25 \cdot 10^{-3}$  А/м), чорноземах вилугуваних (He:  $J_S=8...12 \cdot 10^{-3}$  А/м, Ні:  $J_S=25...30 \cdot 10^{-3}$  А/м). Також, в сірих лісових ґрунтах (He:  $J_S=10...20 \cdot 10^{-3}$  А/м, Ні:  $J_S=15...30 \cdot 10^{-3}$  А/м) та інколи в чорноземах типових Лісостепу (He:  $J_S=10...15 \cdot 10^{-3}$  А/м, Ні:  $J_S=15...20 \cdot 10^{-3}$  А/м).

Підстилаючі породи є слабкомагнітними ( $J_S=1...5 \cdot 10^{-3}$  А/м,  $<100 \cdot 10^{-9}$  мЗ/кг), окрім ґрунотвірних порід Західного Лісостепу та Сухого Степу ( $J_S$  досягає  $20 \cdot 10^{-3}$  А/м). Даний висновок рекомендується для використання у ґрунтознавчих та магнітометричних дослідженнях.

$J_S$  зростає при переході від низовинних ділянок, особливо заболочених, до височин, головним чином вододілів.

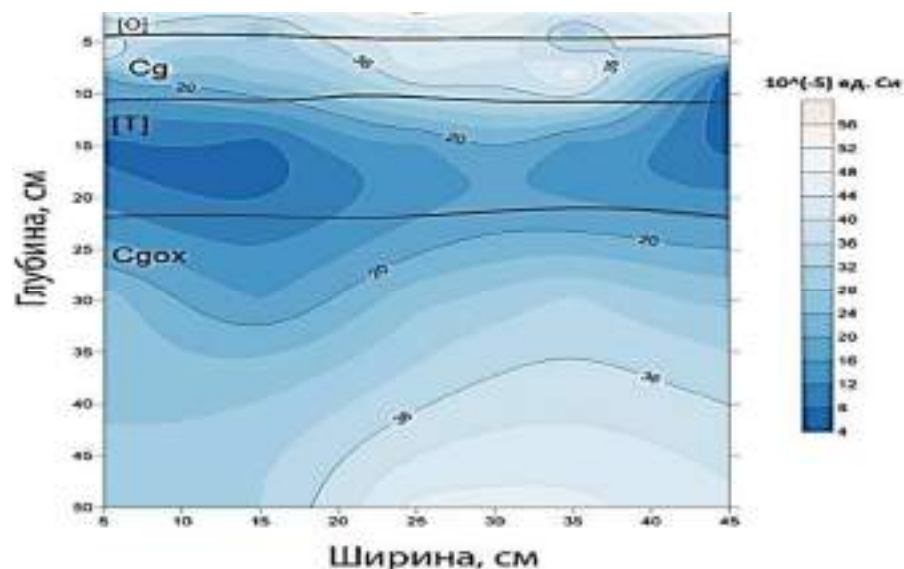


Рис. 8.34. Спектрограма загальної намагніченості ґрунтового розрізу.

Найвищі значення *ефективної намагніченості* ( $J_{ef}$ ) зафіксовані для чорноземів та каштанових ґрунтів Степу та Сухого Степу ( $J_{ef}=8...12 \cdot 10^{-3}$  А/м), а також для сірих лісових ґрунтів Лісостепу ( $J_{ef}=5...6 \cdot 10^{-3}$  А/м). Такі ґрунти можуть створити магнітну аномалію до 2-4 нТл.

Близькі до нуля величини  $J_{ef}$  зафіксовані в дерново-підзолистих ґрунтах Полісся та лучних азональних ґрунтах. Ці типи ґрунтового покриву майже не проявляються в локальному аномальному магнітному полі. Даний висновок рекомендується враховувати при геолого-розвідувальних та картувальних роботах, зокрема на нафтогазоперспективних територіях ДДз.

Магнітна сприйнятливість ґрунтів як правило зростає при антропогенному та техногенному забрудненні ґрунту, спостерігається позитивна кореляція між концентрацією важких металів у ґрунтах.

Деструкція та меліорація ґрунтів впливає на зміни педомагнітних величин, що має використовуватися в агрономічній та ґрунтознавчій практиці, а також при картуванні ґрунтів.

Вектори  $J_n$  та  $J$  орієнтовані близько до сучасного магнітного поля території досліджень, чим підтверджено результати попередників.

### 8.3. Заходи поліпшення фізико-механічних властивостей ґрунтів та їх структури

Фізико-механічні властивості ґрунту – один із найважливіших факторів, які визначають якість його обробітку, умови росту й розвитку культурних рослин та рівень їх продуктивності. Найбільше значення при цьому мають структура, щільність, твердість і липкість ґрунту.

Проблема їх поліпшення – одна з важливих у землеробстві, тому що від цього залежить урожайність сільськогосподарських культур. Чинник фізико-механічних властивостей ґрунту входить до блоку базових його властивостей, який визначає такі важливі ознаки як технологічність ґрунту з огляду на формування структури після обробітку, загальні затрати енергії та інші чинники (рис. 8.35).

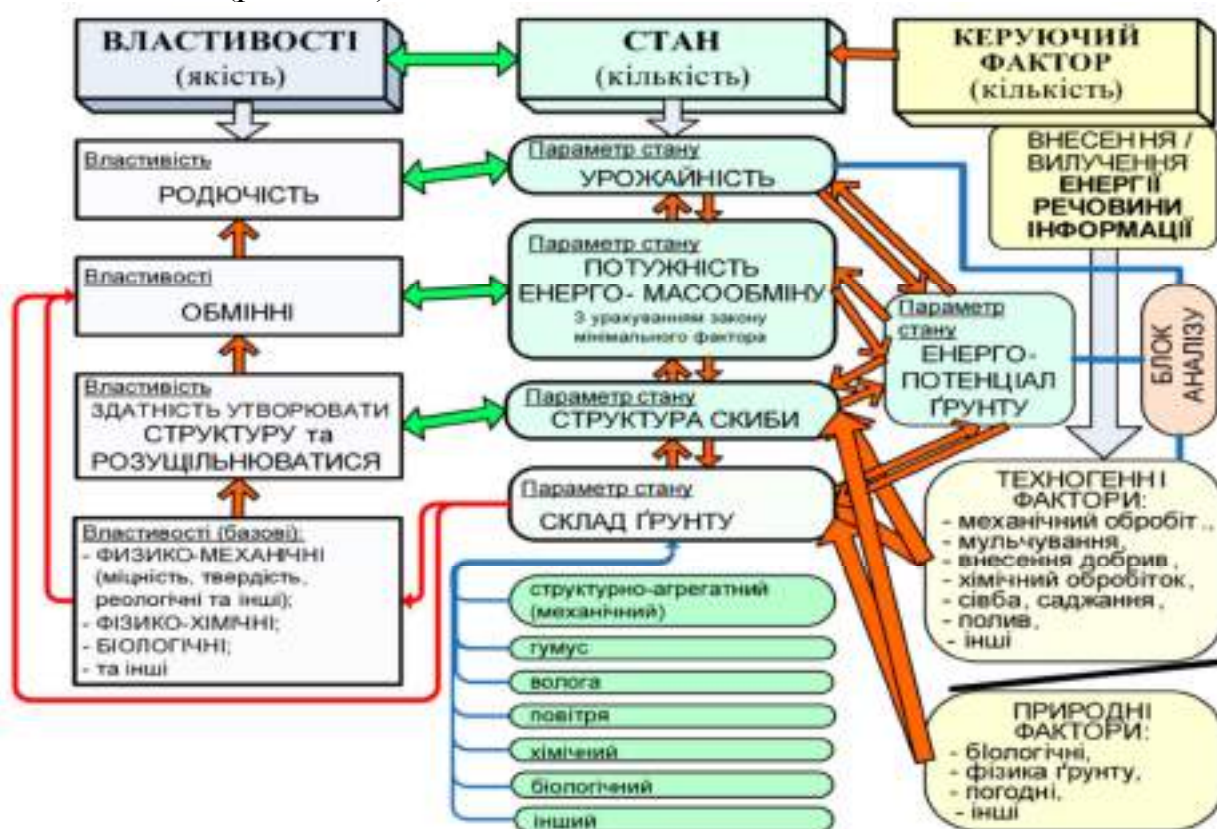


Рис. 8.35. Блокова схема чинників системи властивостей, параметрів стану і факторів управління станом ґрунту.

Заходи регулювання фізико-механічних властивостей та відновлення ґрунтової структури можна об'єднати в три групи: механічні, хімічні та біологічні (рис. 8.36-8.37).

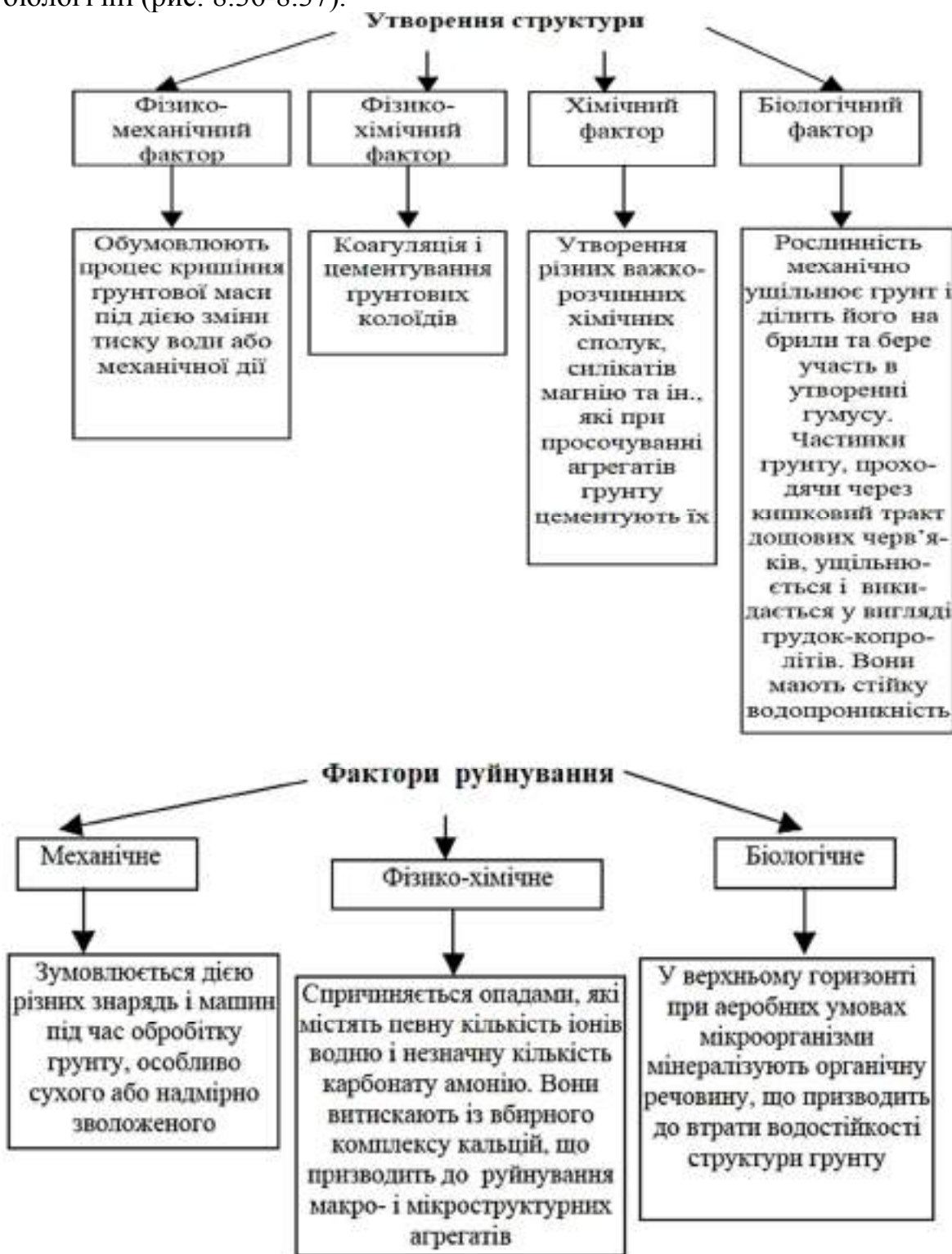


Рис. 8.37. Основні фактори утворення та руйнування агрономічно цінної структури ґрунтів.

**Механічні заходи** – це інтенсивний обробіток ґрунту, ґрунтопоглиблення, щільювання і т.п. (рис. 8.38). Їх проведення поліпшує фізико-механічні властивості ґрунту. Однак дія їх нетривала, а тому здійснювати необхідно систематично. Негативним є те, що інтенсивний механічний обробіток призводить до збільшення частки мікроструктури та знижує водостійкість ґрунту. З появою важких енергонасичених тракторів масою понад 4–8 т (МТЗ-82, Т150К), особливо в зрошуваних умовах, інтерес до змін агрофізичних властивостей ґрунтів зріс, оскільки такі трактори негативно впливали на ґрунт. Фактори, що спричиняють негативний вплив техніки на структурний стан і будову ґрунту та урожайність с.-г. культур: неконтрольоване зростання маси машинно-тракторних агрегатів, явна недосконалість організації ведення механізованих польових робіт, неврахування негативних наслідків ущільнення ґрунту при розробці технологій вирощування с.-г. культур. Шляхи зниження негативного впливу ходових систем машин на ґрунт: впровадження у практику комплексу організаційних заходів, що забезпечують їх рух заздалегідь наміченими маршрутами. При цьому більшість технологічних операцій виконується під час руху тракторів по одних і тих же коліях (фіксованих на період вирощування с.-г. культури маршрутах); для зменшення площі ущільнення поля слід віддавати перевагу тракторам великого тягового класу, які під час агрегування із широкозахватними знаряддями набагато зменшують кількість проходів по полю.

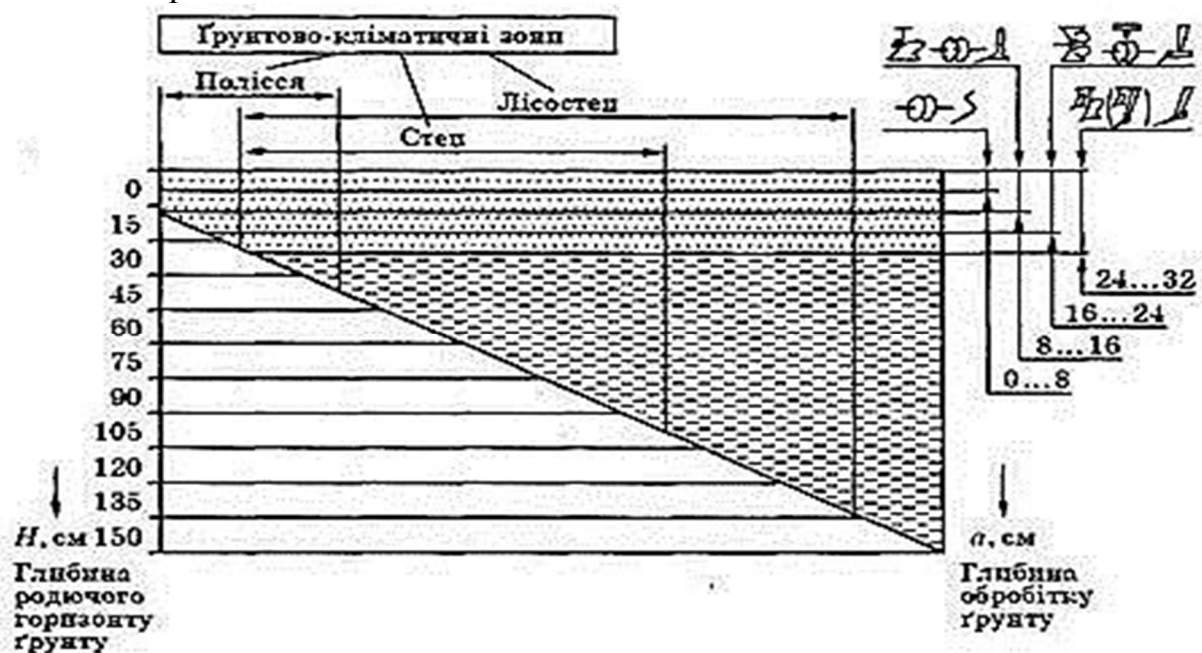


Рис. 8.38. Межі раціонального застосування машин для основного обробітку залежно від потужності родючого шару ґрунту.

Слід зауважити, що здатність ущільнюватися/розущільнюватися – це властивість періодично змінювати щільність складання під дією внутрішніх та/або зовнішніх чинників. Обробіток ґрунту ґрунтообробними знаряддями відбувається завдяки наявності у ґрунті властивості до структуроутворення і,

як правило, зводиться до внесення в природний баланс додаткової енергії і речовини. Механічний обробіток ґрунту не впливає на властивості ґрунту, а змінює кількісне значення параметрів стану ґрунту, зокрема змінює структуру товщі ґрунту (рис. 8.39).

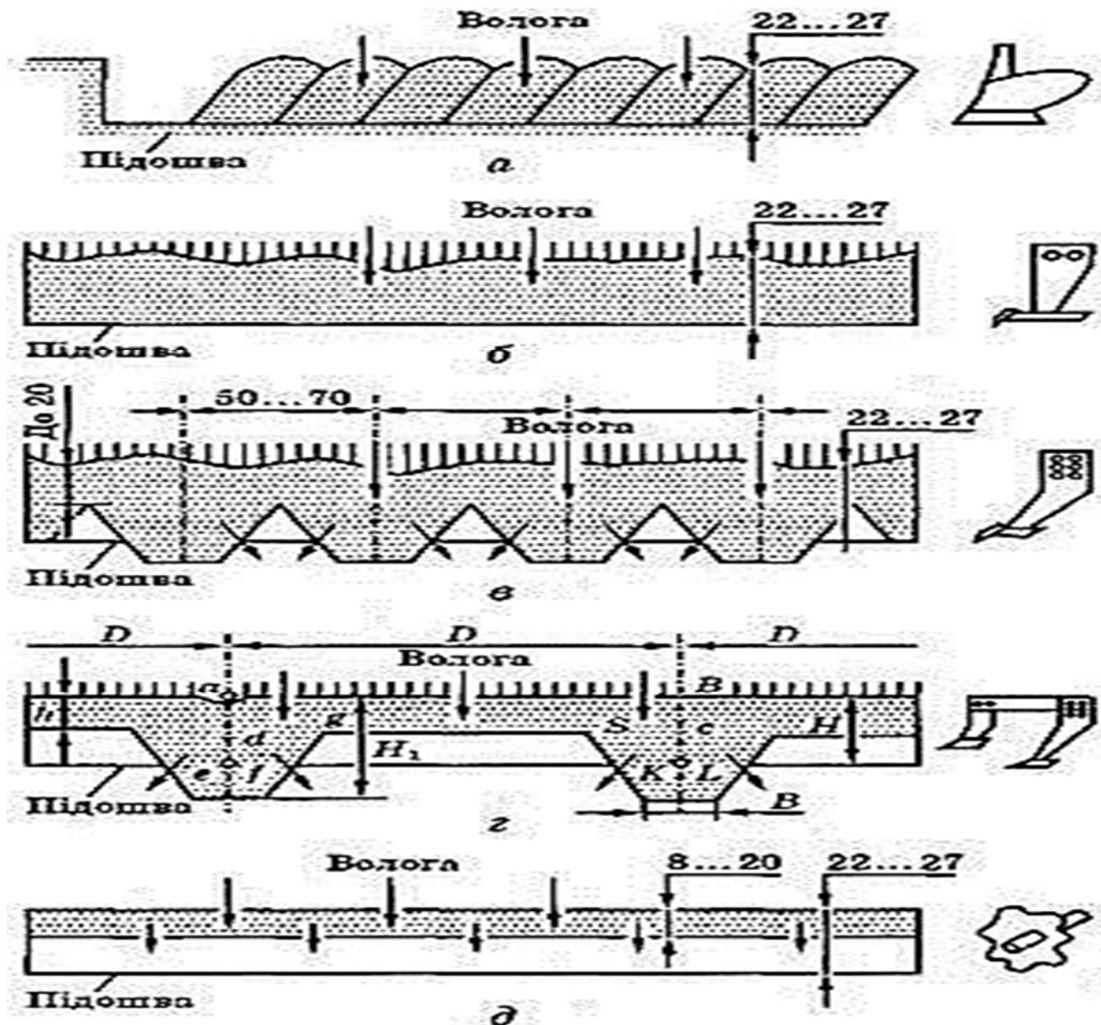


Рис. 8.39. Схеми поперечних профілів обробленого ґрунту при: а – оранці; б – суцільному розпушенні; в – смужному розпушенні; г – комбінованому розпушенні; д – дискуванні.

**Хімічні заходи** передбачають використання штучних структуроутворювачів (гумусові кислоти, торф'яний клей, синтетичні полімери К-1, К-6, К-4, ПАА та ін.) для відновлення ґрунтової структури й поліпшення фізико-механічних властивостей ґрунту. Вносяться вони в ґрунт у невеликій дозі (1-2 ц/га) з метою покращення структурного стану та усунення можливості утворення кірки. Механізм дії полімерних структуроутворювачів полягає в коагулюючій дії на ґрунтові частинки з негативним зарядом, утворення ниткоподібних молекул, що зв'язують ґрунтові частинки в мікроагрегати (рис. 8.40). Адсорбція полімеру на поверхні ґрунтових частинок і утворення валентних зв'язків відіграє головну

роль в утворенні макроагрегатів. Дія існування створеної таким чином структури ґрунту триває протягом 3-6 років. Мінуси хімічних заходів: дія одного і того ж препарату на різних ґрунтах є різною і залежить від реакції ґрунтового розчину; незважаючи на високу структуроутворювальну дію і значне підвищення врожаїв на оброблених полімерними препаратами ґрунтах, через високу вартість їх застосування, економічно буде вигідно лише за меліорації ґрунтів, боротьби з водною і вітровою ерозією та за вирощування цінних культур. Тому використання їх обмежується невеликими площами.

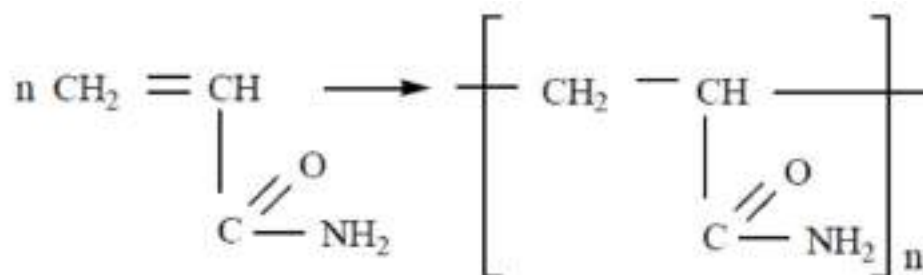


Рис. 8.40. Формування елементарної ланки макромолекули поліакриламід у якості структуроутворювача ґрунтів.

Найчастіше водні розчини полімерів вживають як клеї. Причому масштаби цього застосування можуть бути справді грандіозними. За їх допомогою можна склеїти навіть... пустелі. Під дією вітрів піщані хвилі барханів повільно і невпинно насуваються на міста і села, дороги і родючі землі. Швидкість їх начебто невелика, але засипані ними квітучі міста, стародавні цивілізації, – свідчення їх неблаганності.

Можна утримати на землі піщинки, що злітають у повітря під подихами вітрів, – сказали вчені-хіміки. Треба склеїти їх розчином полімеру. Сказано – зроблено! Залишилося вибрати придатний полімер і відповідний розчинник. Запропонували десятки всіяких полімерів – природних, штучних, синтетичних. В усіх випадках розчинник був тільки один. Так, вода – найпоширеніший мінерал планети, найдешевший, найдоступніший, нетоксичний і негорючий розчинник.

Розчин полімеру, відомого під назвою К-4, утворює на піщаній поверхні щільне покриття, що утримує пісок навіть за сильного вітру. Полімерна кірка не заважає росту рослин, вільно пропускає повітря і воду, а розкладаючись, утворює поживні речовини. Тому й не дивно, що бархани та дюни, змочені полімерним дощем, вже через рік вкриваються рясною зеленню.

Але водними розчинами полімерів можна обробляти не тільки самі пустелі. Вигідно зрошувати ними також родючі землі, що легко піддаються вітровій і водній ерозії, а надто ті, де росте виноград, тютюн, цитруси тощо. Спробували – і що ж? З'ясувалося, що полімери здатні врятувати цінні ґрунти від руйнування, зберегти в них вологу, і, взагалі, значно підвищити врожаї винограду, бавовни, чаю.

Відомо використання в якості структуроутворювачів (грунтових кондинціонерів) синтетичних органополімерів з комерційною назвою «криліуми», які містять гідролізований поліакрилонітрил або полівініловий спирт, або відходи харчової чи целюлозно-паперової промисловості (наприклад, лігносульфонат). Доза полімеру, що вноситься, – 0.05-0.1% від маси ґрунту, оптимальна молекулярна маса полімеру – 106 . Однак вартість цього прийому дуже висока.

Підвищення агрегування ґрунту спостерігалось при внесенні в нього міцеллярних грибів з джерелом вуглецю (люцерною) в кількості 4% та компостуванні протягом 36 тижнів. Однак ціленаправлена обробка ґрунту спорами грибів, що мають антибіотичну активність, може лімінувати нормальну мікрофлору ґрунту і змінити мікробіологічний склад ґрунту. Відомо спосіб обробки ґрунту сумішшю зволоженого активного мулу (вологість 80%) та торфу при їх співвідношенні (1.5-2):1 відповідно. Суміш вносять у ґрунт з розрахунку 40-80 т/га, що відповідає приблизно 2-4г/100г ґрунту, тобто 4%. Час інкубації становив 4 місяці. При такій обробці ґрунту урожайність сільськогосподарських культур підвищувалась в 1.4 рази в порівнянні з необробленим. Недоліком даного способу є значна тривалість та недостатня ефективність утворення водостійких агрегатів (BCA), що обумовлено низькою швидкістю мікробіологічного процесу в ґрунті.

Аналіз виробничого досвіду, а також лабораторних випробувань показує, що для того, щоб отримати хороший матеріал з структурно-механічними властивостями (високою зв'язністю, механічною міцністю та водостійкістю), необхідне чітке виконання установлених вимог до скріплюючих матеріалів і інших реагентів, послідовності виконання установлених технологічних операцій по обробітку ґрунту. Щоб отримати матеріал з заданими міцними показниками, необхідно визначити властивості ґрунту, правильно використовувати його активність, оскільки ґрунти, особливо зв'язні, являють собою дуже складні полімінеральні, полідисперсні системи з дуже різноманітною тонкодисперсною частиною. Фізико-хімічна і хімічна активність ґрунту в залежності від його природи та умов середовища, яка утворюється і змінюється в процесі обробітку ґрунту, може бути або корисною або агресивною у відношенні до процесів структуроутворення, які протікають в ґрунті.

До цієї групи також можна віднести вапнування і гіпсування ґрунтів. Наслідком гіпсування є усереднення лужної реакції середовища, поліпшення фізичних властивостей та структурного стану ґрунту.

**Біологічні заходи** спрямовані на підвищення вмісту гумусу – основної клеючої речовини в ґрунті. З підвищенням вмісту гумусу в ґрунті поліпшуються не тільки його фізико-механічні та хімічні властивості, але й поживний та водноповітряний режими. Основні біологічні заходи: підвищення частки багаторічних трав у структурі посівних площ; збільшення обсягів внесення органічних добрив; мінімалізація обробітку ґрунту.

Схематично польові культури в порядку зменшення позитивного впливу на структуроутворення можна поставити в такий ряд: багаторічні бобові трави – однорічні бобово-злакові сумішки – озимі зернові – ярі зернові й зернобобові – кукурудза та інші просапні культури. Т.С. Мальцев (1953) довів, що поліпшення структурного стану ґрунту досягається, «якщо для відмирання і розкладення їх корневих і післяжнивних решток будуть створені умови, близькі до тих, в яких звичайно відбуваються ці процеси в посівах багаторічних трав або в звичайних умовах природи». Для створення таких умов він запропонував п'ятипільну сівозміну з наступним чергуванням культур: пар – зернові – зернові – однорічні бобові – зернові, в якій у паровому полі проводиться глибокий безполицевий обробіток, а на решті полів – поверхневий обробіток дисковими лушпильниками.

Однією з головних проблем у регулюванні фізико-механічних властивостей ґрунту є його *переуцільнення* (рис. 8.41).

Так, у своїх дослідженнях В.В. Медведєв вказує, що якщо взяти узагальнений критерій рівноважної щільності будови кореневмісного шару для культур ( $1,25 \text{ г/см}^3$ ), то біля 58 % ріллі країни має більш високий показник. Останнє означає, що на цій частці ріллі протягом вегетації, за винятком процесу релаксації після обробітку (процес релаксації на ґрунтах легкого гранскладу не перевищує 2-3 тижнів, на ґрунтах важкого гранскладу – 1,5-2-х місяців), фактична щільність будови не співпадає з вимогами корневих систем рослин.

Переуцільнення ґрунтів - відома в Україні проблема, що супроводжується несприятливими екологічними наслідками і значними економічними збитками. При вирощуванні зернових культур приблизно 20 % ріллі країни мають щільність будови в кореневмісному шарі вище, ніж потребують ці культури.

Стосовно більш вимогливих до ґрунтово-фізичних умов цукрових буряків і кукурудзи площі з переуцільненням зростають до 35-40 %.

Небезпека переуцільнення практично відсутня у ґрунтах легкого гранскладу, з високими параметрами вихідної щільності й зниженою вологістю. Навпаки, висока схильність відзначається в глинистих ґрунтах, з низькою рівноважною щільністю і вологістю, що дорівнює або вище вологості фізичної спільності.

Переуцільнення особливо виражене, коли використовуються машинно-тракторні агрегати з високим тиском на ґрунт, що перевищує допустимі межі. За таких умов переуцільнення можливе навіть на ґрунтах, не схильних до деградації.

Таким чином, схильність орних ґрунтів України до прояву несприятливих фізичних властивостей за рахунок дії природних або антропогенних чинників досить виражена і нерідко перевищує припустимі межі.



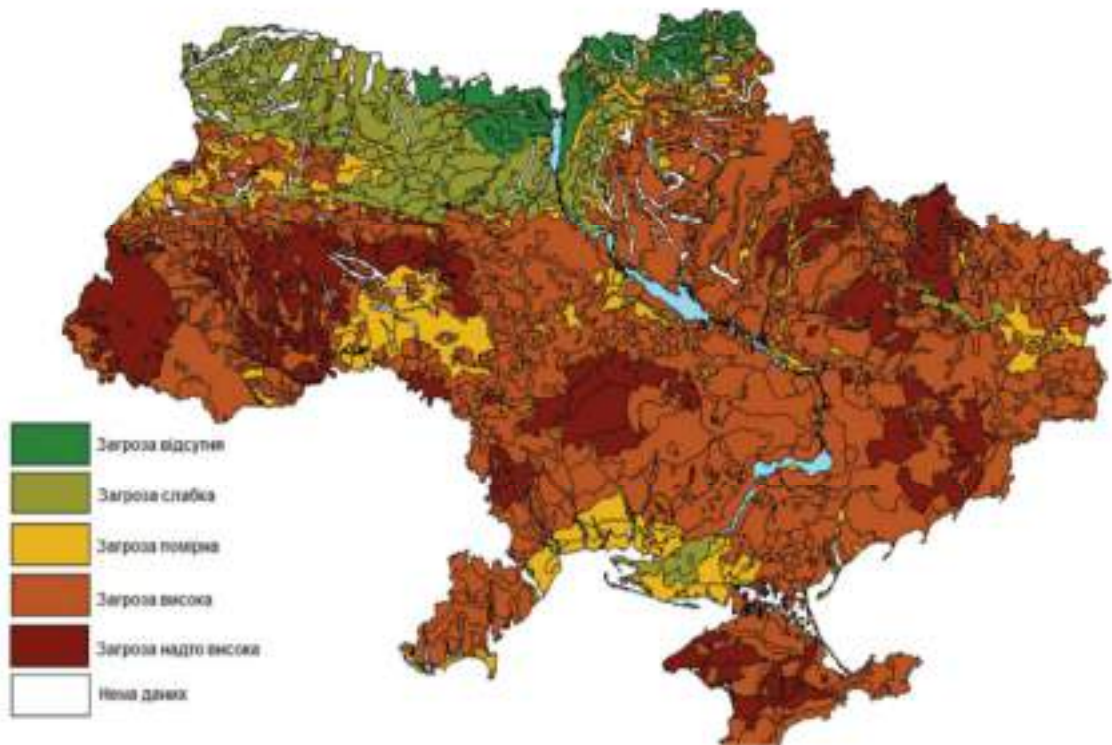


Рис. 8.41. Загрози переущільнення ґрунтів за дослідженнями науковців Інституту ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського (за В.В. Медведєвим).

Ідеальним еталоном для щільності ґрунту є непорушені цілинні землі, адже тут практично повністю відсутній антропогенний вплив, наявні природні цикли перетворення речовин і прояву ґрунтових процесів, стабільні структура, баланс вологи та поживних речовин, температура та інші показники. Дослідження у заповіднику «Асканія-Нова» на цілині показують, що протягом 30 років показники її залишалися стабільними і незмінними. У верхньому шарі 0-20 см, збагаченому на корені, щільність ґрунту була близька до 1,0 г/см<sup>3</sup>, у шарі 20-40 см – у межах 1,15-1,22 г/см<sup>3</sup>, 40-70 см – близько 1,30 г/см<sup>3</sup>, а в 70-100 см – не більше 1,34 г/см<sup>3</sup>. Ці значення можна визнати як найбільш характерні, еталонні для чорноземів південних у непорушеному стані (рівноважна щільність). На оранці поряд із цілиною показники щільності до глибини 60-80 см були значно вищими на 0,3 г/см<sup>3</sup> і більше, що пояснюється значним впливом антропогенних факторів на ґрунт.

Найбільш негативно реагують на ущільнення ґрунтів корене- та бульбоплоди (цукрові буряки, картопля), дещо менше просапні культури (кукурудза).

Якщо говорити про основні причини переущільнення ґрунтів, то вони такі:

- зміна природного цілинного стану на агроценоз (втрата стійкості до самоущільнення і впливу атмосферних явищ);

- погіршення структурності ґрунтів (оптимальна щільність 1,1-1,2 г/см<sup>3</sup> при наявності частинок 0,25-10 мм);
- розвиток ерозійних процесів та зниження родючості (погіршення загальних агрофізичних властивостей);
- використання важкої техніки та знарядь (утворення «плужної підшви»);
- вирощування культур інтенсивного типу (просапні з вимогливістю до площі живлення, необхідністю активного догляду за посівами)

***Основні наслідки переущільнення:***

- Порушення структури ґрунту з руйнуванням ґрунтових пор, збільшенням твердості та щільності орного шару, а також наступним брилуванням. Це значно підвищує витрати на проведення обробітку.
- Порушення циркуляції води та повітря всередині ґрунтових шарів.
- Порушення терморегуляції ґрунту. Дослідним шляхом було встановлено, що переущільнений ґрунт швидше й сильніше прогрівається, а також швидше охолоджується. Коливання температур протягом доби будуть більш значними та різкими, що негативно впливає на рослини.
- Знижується вологозабезпечення рослин, аерація, погіршуються деякі важливі біологічні процеси. Через порушення процесів аерації значно знижується доступність азоту та марганцю, які є життєво необхідними для рослини елементами.
- Порушується процес випаровування вологи. Рух вологи в нижні шари ґрунту обмежується, через що вона накопичується у верхньому шарі та може спричинити кисневе голодування коренів рослин. Окрім того, порушення вологообміну може стати причиною утворення на полях так званих «блюдець».

***Зниження врожаю польових культур від переущільнення ґрунтів відбувається внаслідок ряду чинників:***

• порушення структури ґрунту з руйнуванням ґрунтових пор, збільшенням твердості та щільності орного шару з поступовим його брилуванням;

• порушення циркуляції води та повітря всередині ґрунтових шарів. Щільність ґрунту зростає тільки до 70% НВ, а потім починається зворотній процес;

• порушення терморегуляції ґрунту, адже переущільнений ґрунт швидше й сильніше прогрівається та охолоджується;

• знижується вологозабезпечення рослин, аерація, погіршуються деякі важливі біологічні процеси. Через порушення процесів аерації значно знижується доступність азоту та марганцю, які є життєво необхідними для рослини елементами;

• порушується процес випаровування вологи, а рух її в нижні шари ґрунту обмежується, через що вона накопичується у верхньому шарі та може

спричинити кисневе голодування коренів рослин, а в окремих може стати причиною утворення на полях «блюдець»;

- Відбувається пригнічення та порушення росту коренів рослин, тому коренева система здебільшого формується неправильно та часто є недорозвиненою. Кількість великих пор у такому ґрунті зменшується, через що корені рослин не мають змоги рости вільно й без опору з боку ґрунтового шару.

***Щоб попередити ущільнення ґрунту, а також для того, щоб поліпшити структуру на вже ущільнених полях, необхідно вживати таких заходів*** (рис. 8.42-8.43):

- враховувати у розробці системи обробітку ґрунту рекомендації наукових установ України щодо ґрунтових паспортів зон України відповідно до фізичних та фізико-механічних властивостей ґрунтів;

- виконання агротехнічних заходів при вирощуванні польових культур здійснювати в оптимальні строки за фізичної стиглості ґрунту;

- проводити періодичну перевірку щільності ґрунтів за допомогою пенетрометра – пристрою, який дає змогу оцінити щільність на глибині до 60 см;

- запроваджувати науково обґрунтовані різноротаційні сівозміни із чергуванням культур згідно з законом плодозміни та включенням у структуру посівів бобових культур. За можливості слід вводити у сівозміни такі культури, як гречка, еспарцет, люпин, котрі добре оструктурюють ґрунти;

- застосовувати покривні культури, сидерати, мульчування рослинними рештками, регулярне внесення гною, компостів, соломи, інших органічних добрив, що сприяє та покращує структуру ґрунту, а відповідно знижує його щільність. ґрунти із вмістом гумусу більш ніж 3,5-4,0% практично мають оптимальну щільність, яка приблизно рівна рівноважній. Заходи щодо відтворення родючості ґрунтів дають змогу підвищувати оптимальний рівень щільності на 0,1-0,2 г/см<sup>3</sup> і більше;

- проводити за необхідності вапнування кислих та гіпсування засолених ґрунтів. На заболочених землях регулярно виконувати дренаж полів, які цього потребують;

- мінімізація обробітку ґрунту, зменшення глибини розпушування ріллі, збільшення ширини захвату агрегатів і швидкості виконання операцій, застосування комбінованих агрегатів, проведення глибокого чизелювання (50–70 см) раз у 3-4 роки для розущільнення орного шару ґрунту.

Оранка з наступним механічним обробітком у такому випадку є неефективною, оскільки вони хоч і зменшують об'ємну масу ґрунту, проте призводять до його інтенсивного брилування та сприяють зростанню додаткових витрат на обробіток. Застосовувати щілювачі і кротувачі на еродованих та запливаючих ґрунтах; уникати механічного обробітку вологого ґрунту, адже це становить найбільшу небезпеку, спричиняючи досить значне переущільнення;

- застосування під окремі культури (зернові колосові та зернобобові) прямого посіву, що дозволяє суттєво зменшити навантаження на ґрунти;

- обмежити використання на польових роботах важких колісних тракторів типу К-700А, Т-150К, К-701, віддати перевагу гусеничним, особливо на важких, запливаючих та еродованих ґрунтах. Застосування колісних тракторів із широкими та здвоєними шинами, особливо на фізично недостижливих ґрунтах;

- мінімізація руху полем навантажених самохідних шасі та автомобілів. Заправку агрегатів насінням, добривами, отрутохімікатами та паливно-мастильними матеріалами виконувати лише на краю поля або на дорогах;

- запроваджувати маршрутизацію руху техніки полем та супутниковий моніторинг і рух за маркерами або спеціально створеними програмами, щоб скоротити кількість проходів та забезпечити рух одними й тими ж слідами;

- дотримуватися рекомендованого питомого опору ходових систем на ґрунт: 0,8-1,0 кг/см<sup>2</sup> – під час основного обробітку; 0,4-0,6 кг/см<sup>2</sup> – при посіві та міжрядних обробітках.

- Застосування цілого комплексу перелічених заходів дозволить зупинити процеси агрофізичної деградації, зберегти оптимальні фізичні властивості кореневмісного шару, підвищити родючість ґрунтів і врожайність вирощуваних культур. Проте на словах все просто і зрозуміло, а от на практиці запроваджувати ці заходи майже ніхто не квапиться, адже це додаткові чималі витрати та труднощі.

Більшість агрегатів, використовуваних у агровиробництві, мають різну ширину захвату знарядь, тому знадобиться перепрофілювати механіко-технічний парк таким чином, щоб увесь комплекс машин мав однакову ширину захвату знарядь. Як варіант, подбати про те, щоб ширина захвату борін, котків та інших знарядь була кратною ширині захвату базової техніки (тих же сівалок).

У загальному вигляді всі заходи, що спрямовані на запобігання агрофізичній деградації, наведено в табл. 8.12-8.13. Їх особливість полягає в тому, що вони диференційовані залежно від рівня окультуреності ґрунтів. Зазначимо, що зі зменшенням рівня окультуреності зміст прийомів, що застосовуємо, стає все більш ємким. Однак і в протилежному разі обсяг робіт залишається значним. Необхідність у цьому диктується встановленим положенням про те, що навіть за умов високої окультуреності агрофізичні властивості більшості ґрунтів поки що не задовольняють вимогам культур для забезпечення їх максимальної продуктивності. Особливо це важливо при зрошенні ґрунтів і при багаторазових проходах МТА, коли навіть за умов високої культури землеробства агрофізичний стан ґрунтів погіршується більшою мірою. Основний перелік заходів полягає в поліпшенні організації виконання механізованих польових робіт і у впровадженні нових технічних засобів для обробітку ґрунтів.

**Грунтово-технологічні умови в природних зонах (фрагмент)**  
 (% до площі ріллі зони; I, IV, VI, VIII, IX – різні види грунтово-технологічного районування; 1, 2, 3, 4, 5 – грунтово-технологічні умови)

Зона	I					IV					VI					VIII					IX					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Полісся	69	6		3	1	11	16	1	1	71	16	51	12	12	1		6	9	20	46			2	5	22	53
Лісостеп	48	27	13	3	3	47	43	2		8		4	10	60	22	29	49	3	4	2	26	32	22	8	5	
Степ	9	61	32	4	6	7	66	29	1	4		1	3	73	23	2	44	48	3		2	14	51	26	3	
Степ посушливий	9	63	16	2	5	4	43	41	2	3		1	10	80	9		31	56	5	1			52	34	9	
Степ сухий	15	30	18	1	37	0	23	38	11	26		11	25	58	5		16	60	10	10			23	38	36	
Карпатські гори	4	1	1		82	3	87	1					1	47	52		1	2	7			1		89		
Кризькі гори	2	40					34	6		2				66	35								24	2		

**Умовні позначення:**

- I:** Важкість виконання ґрунтообробних операцій: 1 – найменша; 2 – невелика; 3 – помірна; 4 – висока; 5 – дуже висока
- IV:** Застосування мінімального і нульового обробітку: 1 – нульова; 2 – мінімальна; 3 – зональна з максимальним насиченням елементами мінімалізації; 4 – зональна з елементами мінімалізації; 5 – без мінімалізації
- VI:** Прогноз переуцільнення: 1 – загроза відсутня; 2 – слабо виражена; 3 – помірна; 4 – загроза сильно виражена; 5 – загроза дуже висока
- VIII:** Потенціал оптимізації фізичних властивостей ґрунтів за обробітку: 1 – максимальний потенціал; 2 – явно виражений; 3 – помірно виражений; 4 – слабо виражений; 5 – відсутній
- IX:** Зведене грунтово-технологічне районування: 1 – сприятливі умови; 2 – середні; 3 – середньоважкі; 4 – важкі; 5 – дуже важкі

Рис. 8.42. Грунтові паспорти зон України відповідно до фізичних та фізико-механічних властивостей ґрунтів (за В.В. Медведєвим).

**Грунтово-технологічні умови в адміністративних областях (фрагмент)**  
 (% до площі ріллі області; I, IV, VI, VIII, IX – різні види грунтово-технологічного районування; 1, 2, 3, 4, 5 – грунтово-технологічні умови)

Адміністративне утворення	I					IV					VI					VIII					IX				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
АР Крим	46	13	67		1		49	16		25				59	41				59	41			49	12	24
Вінницька	56	53	1			31	64	4		1			43	30	27			43	30	27	11	21	57	16	1
Дніпропетровська	56	22		2	2	16	64	37		3			2	87	1		88	4	2			6	86	2	1
Донецька	3	48	44	1	5		47	46	3	4		3		53	44		2	92	4			1	48	45	4
Іваноградська	18	47	59			23	72	4		1		1	50	49	1	13	81	5	1		16	77	3	4	
Сідловська	3	62	19	9	7		63	33		4			16	77	7	31	66	34	3		1	39	38	35	
Тернопільська	1	10	16	38	47	44	56						1	60	39		75	26	5				48	30	24
Харківська	32	46	33	2	3	2	68	13		5		1	45	54	30	60	3	2			38	42	12	2	
Херсонська	24	59					39	47	4	19		12	24	64			41	42	3	11			23	41	23
Черкаська	49	7	1			33	88	6		3		3	6	81		88	23	4	3		78	20	1	8	
Чернігівська	76					29	23	2		46	26	21	14	34	34		22	6	14	39			22	4	10

**Умовні позначення:**

- I:** Важкість виконання ґрунтообробних операцій: 1 – найменша; 2 – невелика; 3 – помірна; 4 – висока; 5 – дуже висока
- IV:** Застосування мінімального і нульового обробітку: 1 – нульова; 2 – мінімальна; 3 – зональна з максимальним насиченням елементами мінімалізації; 4 – зональна з елементами мінімалізації; 5 – без мінімалізації
- VI:** Прогноз переуцільнення: 1 – загроза відсутня; 2 – слабо виражена; 3 – помірна; 4 – загроза сильно виражена; 5 – загроза дуже висока
- VIII:** Потенціал оптимізації фізичних властивостей ґрунтів за обробітку: 1 – максимальний потенціал; 2 – явно виражений; 3 – помірно виражений; 4 – слабо виражений; 5 – відсутній
- IX:** Зведене грунтово-технологічне районування: 1 – сприятливі умови; 2 – середні; 3 – середньоважкі; 4 – важкі; 5 – дуже важкі

Рис. 8.43. Грунтові паспорти окремих адміністративних районів України відповідно до фізичних та фізико-механічних властивостей ґрунтів (за В.В. Медведєвим).

Заходи збереження і поліпшення агрофізичних властивостей ґрунтів залежно від рівня їх окультуреності (за В.В. Медведєвим)

Рівень окультуреності	Заходи
Високий	Заходи спрямовані на збереження агрофізичних властивостей ґрунтів і включають мінімалізацію обробітку (заміна оранки поверхневим обробітком під окремі культури сівозміни, поєднання операцій; зменшення кількості міжрядних обробітків у посівах просапних культур, поліпшення організації робіт та ін.); систематичне внесення гною в дозах, що забезпечують бездефіцитний баланс органічної речовини (приблизно по 25-35 т/га один раз на 4 роки); в зрошуваних умовах точно нормована подача поливної води; обробіток ґрунту активними робочими органами; зменшення питомого тиску МТА на ґрунт
Середній	Заходи спрямовані на поліпшення агрофізичних властивостей і включають комплексне застосування прийомів високої культури землеробства, в першу чергу систематичне внесення підвищених доз органічних добрив, впровадження спеціалізованих сівозмін із значною часткою культур звичайної рядкової сівби, бобових культур, всіх елементів мінімалізації обробітку, використання кальцієвмісних речовин
Низький	Те саме, а також систематичне внесення підвищених доз органічних добрив

Великі резерви поліпшення агрофізичних властивостей залежать від мінімалізації обробітку і насамперед у використанні комбінованих машин, оскільки мінімалізація обробітку, поєднання операцій для більшості ґрунтів обмежуються лише періодом сівби. Не втрачають свого значення органічні добрива, а також кальцієвмісні сполуки, які поки що недооцінюються. Ці прийоми є провідними при вирішенні проблеми управління агрофізичними властивостями ґрунтів.

Таблиця 8.13

## Заходи щодо покращення агрофізичних властивостей ґрунту

Назва показника	Визначення	Оптимальне значення	Від чого залежить	Спосіб оптимізації
1	2	3	4	5
Структурність ґрунту	Властивість ґрунту утворювати агрегати певної форми та розмірів і розпадатись під впливом незначного зусилля	60-80% агрегатів розміром від 0,25 до 10 мм, 55-70% водотривких більше 0,25мм	Механічний склад, ємність поглинання, вміст гумусу, ступінь насичення основами	Внесення гною та інших органічних добрив, Са, мінімалізований обробіток, посів багаторічних бобових трав
Щільність	Маса одиниці об'єму абсолютно сухого ґрунту в не порушеному стані	1,1-1,2 г/см <sup>3</sup>	Тип ґрунту, питома маса, механічний склад, вміст гумусу й органічної речовини	Внесення органічних речовин, раціональний обробіток ґрунту
Питома маса	Відношення маси певного об'єму твердої фази ґрунту до маси такого ж об'єму води при температурі 4 <sup>0</sup> С	2,4-2,5 г/см <sup>3</sup>	Механічний склад, вміст органічної речовини	Збільшення запасів органіки в ґрунті
Загальна шпаруватість	Сумарний об'єм усіх шпарин, виражений у % до загального об'єму ґрунту	55-65%	Механічний склад, структура	Покращення структури, раціональний обробіток ґрунту
Співвідношення між некапілярними та капілярними шпаринами		1:1-1:3		Раціональний обробіток ґрунту
Шпаруватість аерації	Частина загальної шпаруватості, заповнена повітрям	15-25% від об'єму ґрунту	Механічний склад, структура, зволоженість	Покращення структури та водного режиму ґрунту
Зв'язність ґрунту	Опір, який чинить ґрунт розриву, розклинюванню й стискуванню його часточок		Механічний склад, вологість, вміст гумусу, структура, хімічний склад і склад обмінних основ	Внесення органіки, покращення структури та вологості, оптимізація хімічного складу та ЄКО

1	2	3	4	5
Пластичність ґрунту	Властивість ґрунту змінювати свою форму під впливом будь-якої сили ззовні без порушення щільності і збереження наданої форми після усунення цієї сили	7-17%	"	"
Липкість	Здатність ґрунту прилипати до предметів, що доторкаються до нього	0,5-5 см <sup>2</sup>	Механічний склад, ступінь дисперсності, склад увібраних катіонів, структура, вологість	Покращення водотривкої структури, ЄКО, вологості
Твердість	Властивість ґрунту чинити опір проникненню	1-3 МПа	Механічний і хімічний склад, вологість, вміст гумусу, сума увібраних основ, щільність і структура	Внесення органічних добрив, збільшення у ГVK Кількості двовалентних катіонів, оптимізація щільності, структури, покращення вологості ґрунту
Водопроникність	Властивість ґрунту вбирати і пропускати через себе воду	Не менше 1 мм/хв	Механічний склад, вологість, структура, щільність, будова	Покращення водотривкої структури і щільності, збільшення глибини обробітку

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Чим відрізняється щільність ґрунту від щільності його твердої фази?
2. Що таке пористість ґрунту?
3. Назвіть основні фізико-механічні властивості ґрунту.
4. Що таке фізична стиглість ґрунту?
5. Що таке твердість та питомий опір ґрунту?
6. Що таке структура та структурність?
7. Назвіть типи, роди та види ґрунтової структури.
8. Вкажіть основні переваги структурних ґрунтів порівняно з безструктурними.
9. Назвіть заходи поліпшення фізико-механічних властивостей і структурного стану ґрунтів.
10. Чим відрізняється щільність ґрунту від щільності його твердої фази?
11. Що таке пористість ґрунту?
12. Назвіть основні фізико-механічні властивості ґрунту.
13. Що таке фізична стиглість ґрунту?
14. Що таке твердість та питомий опір ґрунту?
15. Що таке структура та структурність?



# РОЗДІЛ 9. ВОДНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВОДНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ

## 9.1. Вода у ґрунті та водний режим ґрунтів

Рідка фаза, або ґрунтовий розчин являє собою найбільш рухливу, мінливу і активну частину ґрунту

### Значення води в ґрунті

– вода – це особлива фізико-хімічна вельми активна система, що забезпечує багато фізичних і хімічних процесів в природі,

– вода – потужна транспортна геохімічна система, що забезпечує переміщення речовин в просторі.

– воді належить важлива роль в ґрунтоутворенні: процеси вивітрювання та новоутворення мінералів, гумусоутворення і хімічні реакції відбуваються тільки у водному середовищі; формування генетичних горизонтів ґрунтового профілю, динаміка протікання в ґрунті різних процесів також пов'язані з водою.

– вода в ґрунті виступає і як терморегулюючий фактор, визначаючи в значній мірі тепловий баланс ґрунту і його температурний режим.

– вода є джерелом вологи і поживних речовин для росту і розвитку рослин.

Основним показником вмісту вологи в ґрунті є його *вологість*. Під вологістю ґрунту розуміють вміст вологи в ґрунті, виражений у відсотках до маси абсолютно сухого ґрунту або до одиниці об'єму. Всі методи визначення вологості діляться на дві групи. Перша включає взяття ґрунтових зразків в полі і визначення в них вологості в лабораторії. Друга – непряма, за допомогою різних приладів, встановлених безпосередньо в ґрунті при природному їх заляганні.

У ґрунтах розрізняють наступні *п'ять категорій (форм) ґрунтової води* (А.А. по Роде) (рис. 9.1-9.3):

- Тверда вода;
- Хімічно зв'язана вода;
- Пароподібна вода;
- Фізично пов'язана, або сорбційна вода;
- Вільна вода.

*Тверда вода* – лід. Поява води у формі льоду має сезонний (сезонне промерзання ґрунту) або багаторічний («вічна» мерзлота) характер. Оскільки ґрунтова вода – це завжди розчин, температура замерзання води в ґрунті нижче 0°C.

**Хімічно зв'язана вода.** Ця вода входить до складу твердої фази ґрунту і не є самостійним фізичним тілом, не пересувається і не володіє властивостями розчинника. Це вода представлена гідроксильною групою ОН хімічних сполук (гідроксиди заліза, алюмінію, марганцю; органічні та органомінеральні сполуки; глинисті мінерали); і цілими водними молекулами кристалогідратів, переважно солей, наприклад гіпс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  і ін. В свою чергу поділяється на:

– **Конституційну:** гідроксильна група ОН хімічних сполук –  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ; органічних та органо мінеральних сполук; глинистих мінералів.

– **Кристалізаційну:** молекули води кристалогідратів, переважно солей: напівгідрату –  $\text{CaSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ; гіпсу –  $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ; мірабіліту  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  та інші. Ця вода входить до складу твердої фази ґрунту, не переміщується й не має властивості розчиняти. Хімічно зв'язана вода рослинам недоступна. При її втраті (дегідратація, синерезис) проходить незворотна трансформація мінеральних, органічних і органо мінеральних сполук.

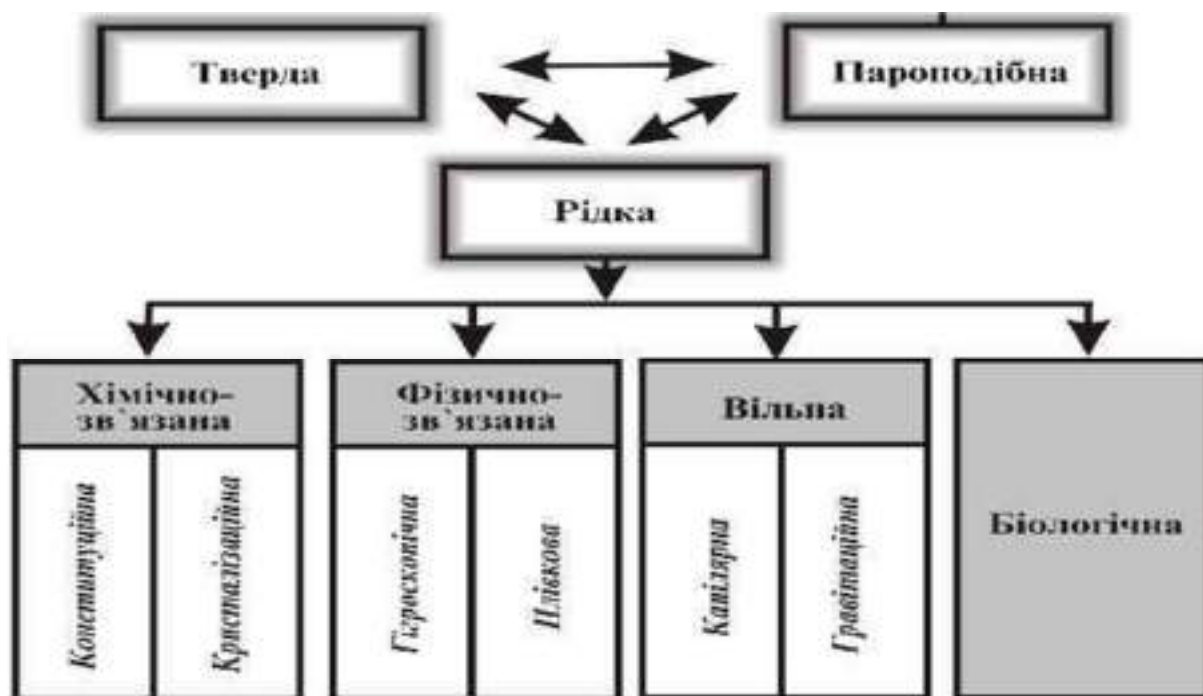


Рис. 9.1. Форми води в ґрунті.

**Пароподібна вода.** Міститься в ґрунтовому повітрі порового простору у формі водяної пари. Ґрунтове повітря практично завжди піддається насиченню парами води, а невелике зниження температури ґрунту призводить до його насичення і конденсації парами, в результаті чого пароподібна вода переходить в рідку; при підвищенні температури має місце зворотний процес. Пароподібна вода в ґрунті пересувається в його поровому просторі від ділянок з високою пружністю водяної пари до ділянок з більш

низькою пружністю (активний рух), а також разом з потоком повітря (пасивний рух).

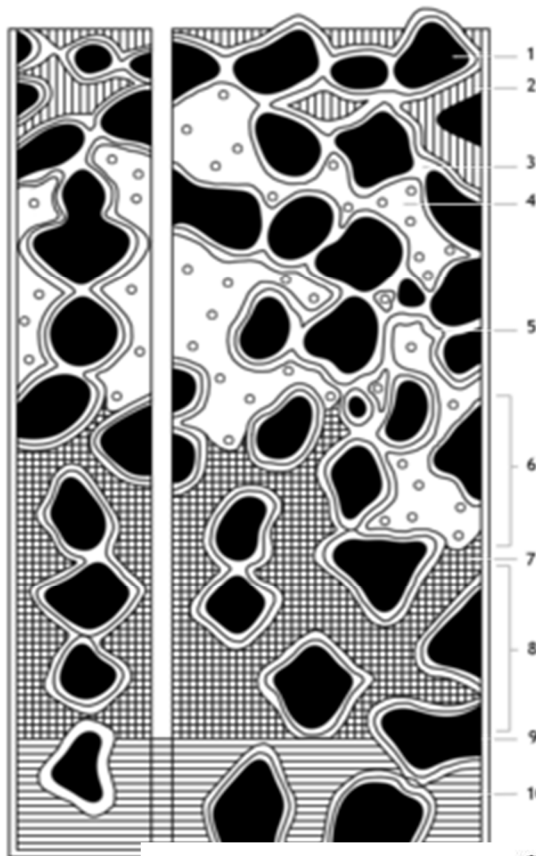


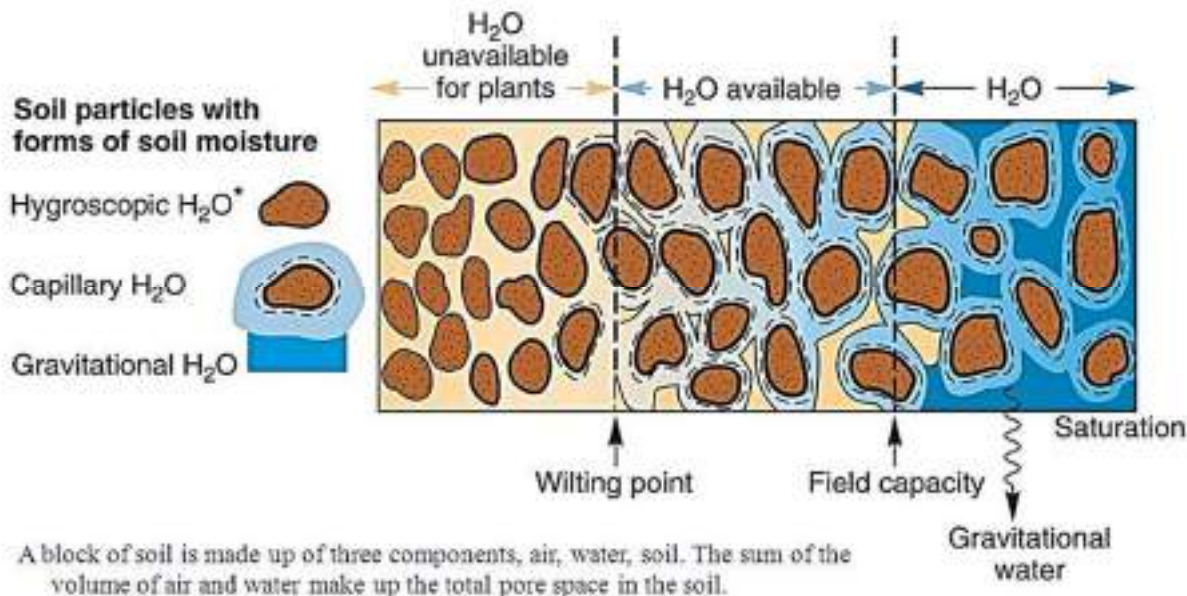
Рис. 9.2. Форми води в ґрунті

- 1 – частка ґрунту;
- 2 – гравітаційна вода;
- 3 – гігроскопічна вода;
- 4 – ґрунтове повітря з парами води;
- 5 – плівкова вода;
- 6 – зона відкритої капілярної води;
- 7 – капілярна вода;
- 8 – зона замкнутої капілярної води;
- 9 – рівень ґрунтових вод;
- 10 – ґрунтові води.

Кількість водяної пари, яку сорбує ґрунт, знаходиться в тісній залежності від відносної вологості повітря, з яким стикається ґрунт, гранулометричного складу ґрунту, мінералогічного складу, вмісту органічної речовини.

Soil-moisture availability (increasing →)

Рис. 9.3.



Міжнародна класифікація типів води у ґрунті (мовою оригіналу).

**Максимальна гігроскопічність** – це найбільша кількість води, яку може поглинути ґрунт у пароподібному стані (при вологості повітря 94-98%). Величина максимальної гігроскопічності в ґрунтах коливається від 2-3 до 12-15% (рис. 9.4).

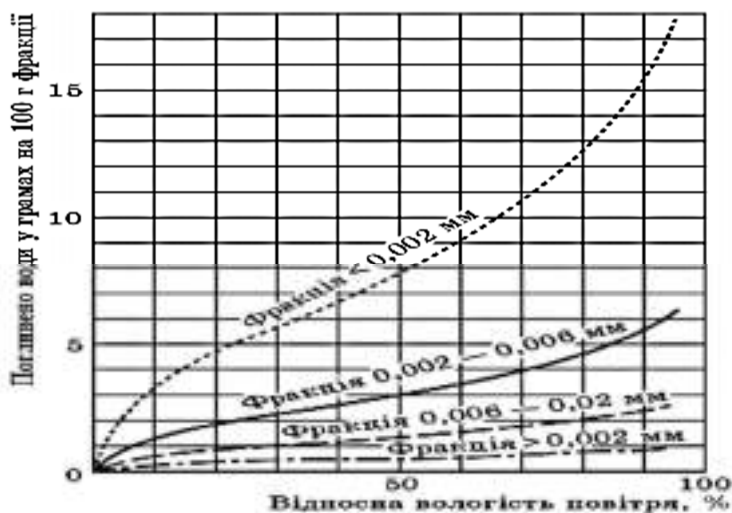


Рис. 9.4. Залежність поглинання водяної пари від відносної вологості повітря і розміру ґрунтових частинок.

**Фізично зв'язана (сорбційна) вода.** До цієї категорії відноситься вода, сорбована на поверхні ґрунтових частинок, які володіють визначеною поверхневою енергією, за рахунок сил тяжіння, що

мають різну природу. При зіткненні ґрунтових частинок з молекулами води останні притягуються цими частинками, утворюючи навколо них плівку. Виділяють:

– **Міцнозв'язану воду (гігроскопічну).** Ця вода поглинається ґрунтом в результаті сорбції ґрунтовими (переважно колоїдними) частинками водяних парів з повітря. Утримується на поверхні ґрунтових частинок дуже великим тиском, утворює тонесенькі плівки (1-3 шарів молекул). За фізичними властивостями гігроскопічна вода наближається до твердих тіл. Густина до 1,5-1,8 г/см<sup>3</sup>. Нерухома, не замерзає, не розчиняє електроліти, відрізняється підвищеною в'язкістю і недоступна для рослин.

**Рухлозв'язана вода (плівчаста).** Товщина її досягає декількох десятків і навіть сотень діаметрів молекул води навколо ґрунтових часток. Сили утримання менші, тому може переміщуватися в рідкому стані від ґрунтових частинок з товстими водяними плівками до частинок, у яких вони тонші. Швидкість її руху декілька сантиметрів на рік.

Утримання молекул води відбувається в даному випадку силами сорбції. Молекули води можуть поглинатися ґрунтом як з пароподібного, так і з рідкого стану. Всі молекули сорбованої води знаходяться в чітко орієнтованому положенні. Якщо через суспензію глинистих частинок у воді пропускати постійний електричний струм, то глинисті частинки будуть рухатись відносно води до позитивного електроду (до аноду) і осідати на ньому тобто буде відбуватися процес електрофорезу. Описане явище свідчить про наявність негативного заряду на поверхні глинистих частинок. Дипольні молекули води поблизу поверхні глинистих частинок орієнтуються в полі негативного заряду частинок ґрунту, притягуються разом з розміщеними в поровій воді позитивно зарядженими іонами Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, H<sup>+</sup>, до поверхні частинок з великою силою, що може становити близько 103 МПа біля самої поверхні (рис. 9.5-9.6).

При цьому рухомість води понижується, вона стає зв'язаною. Ланцюжки орієнтованих молекул води разом з адсорбованими іонами складають шар

міцно зв'язаної (гігроскопічної) води товщиною 3 розмірів молекули води, приблизно  $10^{-7}$  см.

По мірі віддалення від поверхні твердих частинок електромолекулярні сили взаємодії між цією поверхнею і молекулами води зменшуються, порядок орієнтацій ланцюжків диполем порушується. Вода, яка утворює навколо поверхні частинок шар товщиною біля  $10^{-6}$  см (кілька десятків діаметрів молекул води), являється рихлозв'язаною (плівковою) – перехідною від міцно зв'язаної до вільної води.

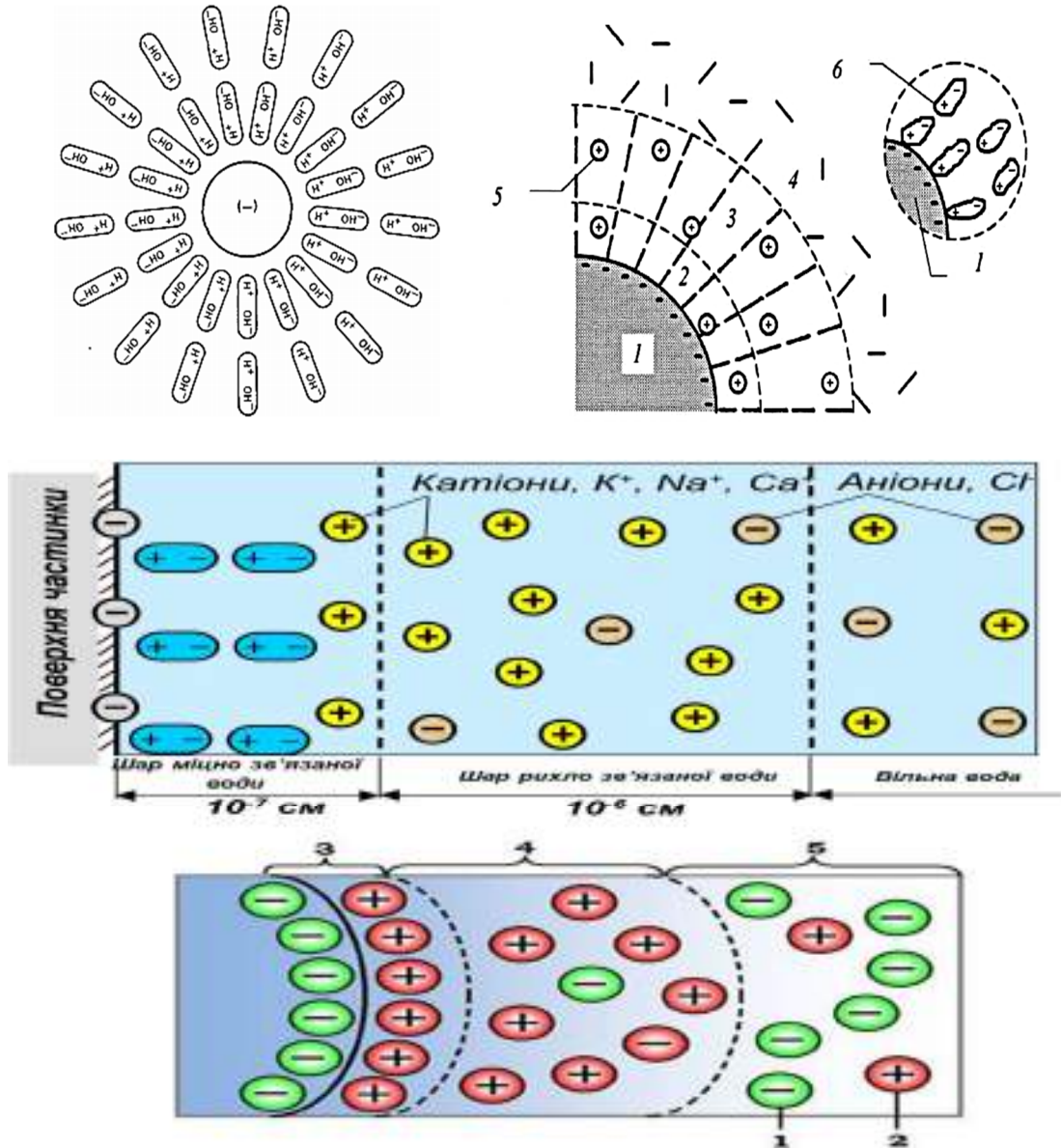


Рис. 9.5. Орієнтовані диполі води навколо гидратованої частки (1 – мінеральна частинка ґрунту, 2 – міцнозв'язна вода; 3 – рихлозв'язна вода; 4 – вільна вода; 5 – катіони; 6 – диполі води). Середня позиція характер формування зв'язної води. Нижня позиція: утворення осмотично-поглиненої води на зарядженій частці: 1 – аніони; 2 – катіони; 3 – область абсорбційного шару зайнята міцно зв'язаною водою; 4 – дифузна частина подвійного електричного шару, зайнятого осмотичною водою; 5 – область за межами подвійного електричного шару, зайнятого вільною водою.

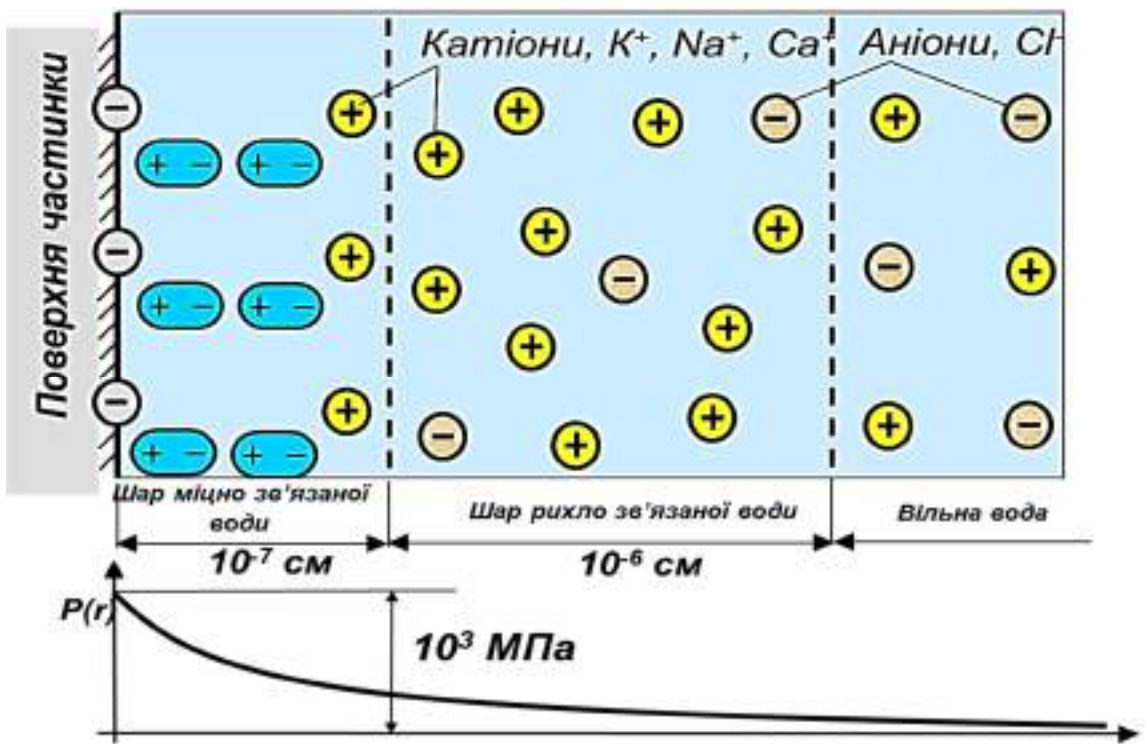


Рис. 9.6. Схематика електрофорезу колоїдного розчину ґрунту.

Властивість ґрунту сорбувати пароподібну воду називають гігроскопічністю ґрунту, а поглинену таким чином воду – *гігроскопічною* (Г, ГВ, Wгв). Таким чином, міцнозв'язана вода – це вода гігроскопічна. Вона утримується біля поверхні ґрунтових частинок дуже високим тиском, утворюючи навколо ґрунтових частинок найтонші плівки. Висока міцність утримання обумовлює повну нерухомість гігроскопічної води. За фізичними властивостями гігроскопічна вода наближається до твердих тіл. Щільність її досягає 1,5-1,8 г/см<sup>3</sup>, вона не замерзає, не розчиняє електроліти, відрізняється підвищеною в'язкістю і не доступна рослинам (рис. 9.7).

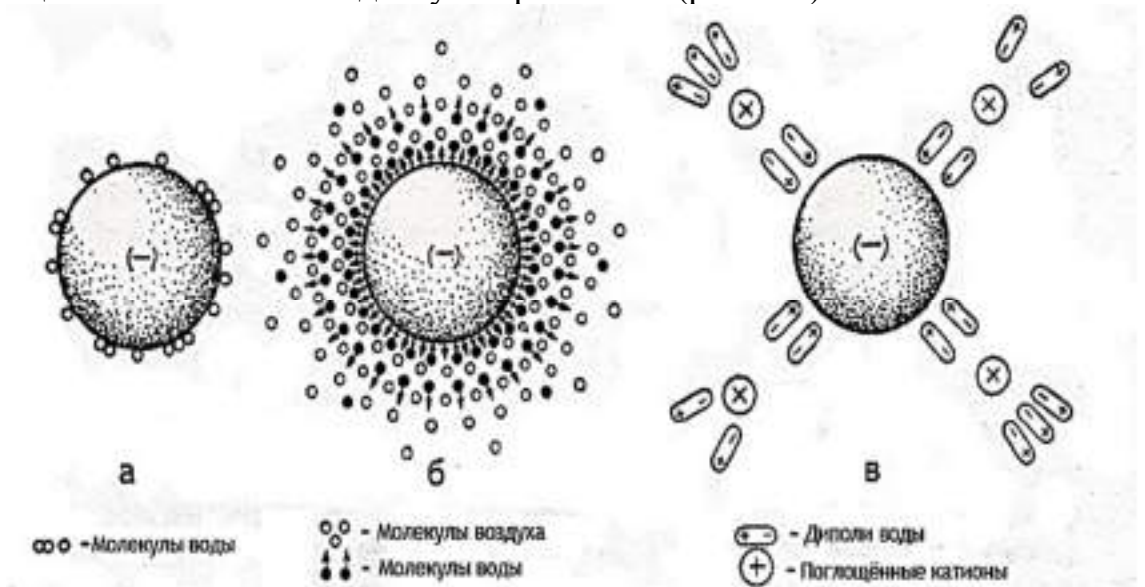
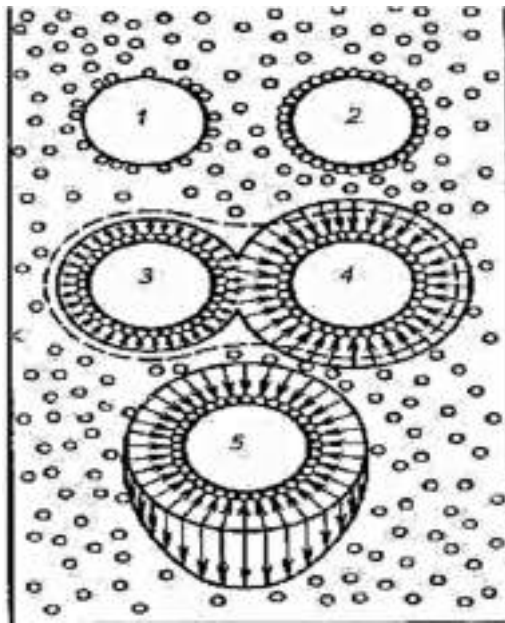


Рис. 9.7. Механізм формування гігроскопічної вологи.



В обох випадках її утворення супроводжується виділенням тепла (тепла змочування), тобто вона утворюється тільки на гідрофільній поверхні.

Кількість гігроскопічної води, яка утворилась шляхом поглинання парів води із повітря сухим ґрунтом, збільшується або зменшується зі збільшенням або зменшенням вологості повітря (30-100%).

Рис. 9.8. Стан і форми води в ґрунті  
Частинки ґрунту, вкриті водою: 1, 2 – гігроскопічною; 3, 4 – плівчастою; 5 – гравітаційною капілярною каймою.

Вологість ґрунту в повітряно-сухому стані, тобто в стані рівноваги з вологістю і температурою навколишнього повітря, називають **гігроскопічною вологістю** –  $Wg$  (рис. 9.8). Максимальне значення гігроскопічної вологості називають гігроскопічною вологоємністю ґрунту  $Wh = \max Wg$  (визначають витримуванням на повітрі при його відносній вологості 90 %). Значення  $Wh$  залежить від питомої поверхні і мінерального складу ґрунту і є константою для даного ґрунту (наприклад, у пісків – до 1 %, у глин – до 18 %).

**Особливості міцно зв'язаної (гігроскопічної) води:**

- товщина ґрунту біля 3 молекул води (10-7см);
- середня щільність приблизно 2 г/см<sup>3</sup>;
- температура замерзання нижче - 20°C до -78°C;
- температура кипіння близько +200°C;
- не тече під дією сили тяжіння і не передає гідростатичного тиску; не переміщається з частинки на частинку;

• при дії на ґрунт тиску приблизно 100 МПа її вдається виділити лише частково, тому в механіці ґрунтів міцно зв'язану воду можна розглядати як єдине ціле з частинками, тому, що тиск від споруд на два порядки менше;

- видаляється тільки термічно при температурі більше 100°C.

**Властивості рихлозв'язаної (плівкової) води:**

- товщина шару приблизно 30-40 молекул води (10<sup>-6</sup>см);
- щільність і в'язкість вище, ніж у вільної води;
- температура замерзання нижче 0°C і тим нижче, чим тонше плівка;
- сила тяжіння не викликає її руху;
- підпорядковується законам Паскаля і Архімеда;
- може повільно переміщатися від частинки з товстою плівкою води до частинки з тонкою плівкою, де інтенсивність з поверхнею частинки більша.

**Вільна вода** – форма води здатна до вільного переміщення по ґрунтовому профілю.

**Капілярна вода** – утримується в ґрунтах у порах малого діаметра (капілярах) капілярними (або менісковими) силами (поверхневий натяг, кривизна стінок пори). У ґрунтах капілярні сили починають проявлятися в порах з діаметром менше 8 мм, але особливо велика їх сила в порах з діаметром від 0,1 до 0,003 мм. Капілярна вода рідка, дуже рухлива, здатна рухатись ввєрх, розчиняє речовини, переміщує солі. Поділяється на:

**Капілярно-підвішена** заповнює капілярні пори при атмосферному зволоженні (після дощу, поливу). Може рухатись у всіх напрямках. При цьому під змоченим шаром завжди є сухий шар, тобто гідростатичний зв'язок зволоженого горизонту з постійним або тимчасовим горизонтом вод підґрунтя відсутній. Вода, що знаходиться в зволоженому шарі, як би «висить», не стікаючи, з ґрунтової товщі над сухим шаром. Тому вона і отримала назву підвішеної. У природних умовах в розподілі капілярно-підвішеної води за профілем ґрунтів завжди спостерігається поступове зменшення вологості з глибиною.

Підвішена вода утримується в ґрунтах досить міцно. Капілярно-підвішена вода може пересуватись як в низхідному напрямку, так і вгору, в напрямку випаровуючись з поверхні. При активному висхідному русі води в ґрунтах поблизу поверхні відбувається накопичення речовин, що містяться в розчиненому вигляді в ґрунтовому розчині. Засолення ґрунтів у поверхневих горизонтах зобов'язане багато в чому саме цьому явищу.

Капілярно-підвішена вода в ґрунтах зберігається тривалий час, будучи доступною для рослин. Тому ця форма води з екологічної точки зору представляє особливу цінність. Швидкість пересування капілярно-підвішеної води до поверхні і, отже, швидкість її випаровування, тобто втрати води з ґрунту, визначаються головним чином структурністю ґрунтів. У структурних ґрунтах цей процес йде повільніше і вода довше зберігається.

**Капілярно-підперта (власне капілярна)** утворюється в ґрунтах при піднятті води знизу від горизонту ґрунтових вод по капілярах на деяку висоту. Висота підняття від 0,5 до 6 м (рис. 9.10. табл. 9.1).

Капілярно-підперта вода утворюється в ґрунтах при підйомі води знизу від горизонту ґрунтових вод по капілярах на деяку висоту. Це вода, яка міститься в шарі ґрунту безпосередньо над водоносним горизонтом і гідравлічно з ним пов'язана, підпираєма водами цього горизонту. Капілярно-підперта вода зустрічається в ґрунтовій товщі будь-якого гранулометричного складу.

**Капілярно-посаджена вода (підперто-підвішена)** утворюється в шарувато-ґрунтовій товщі, в дрібнозернистому шарі при підстиланні його шаром більш грубозернистим, над кордоном зміни цих шарів. В шаруватій товщі через зміну розмірів капілярів на поверхні розділу тонко- і грубодисперсних горизонтів виникають додаткові нижні меніски, що сприяє



утриманню деякої кількості капілярної води, яка як би «посаджена» на ці меніски. Тому в шаруватій товщі розподіл капілярної води має свої особливості. Так, на контакті шарів різного гранулометричного складу спостерігається підвищення вологості, в той час як в однорідних ґрунтах вологість стало убуває або вниз за профілем (при капілярно-підвищеній воді), або вгору за профілем (при капілярно-підпертій воді). Вологість шаруватої ґрунтової товщі при інших рівних умовах завжди вища за вологість товщі однорідної (рис. 9.9).

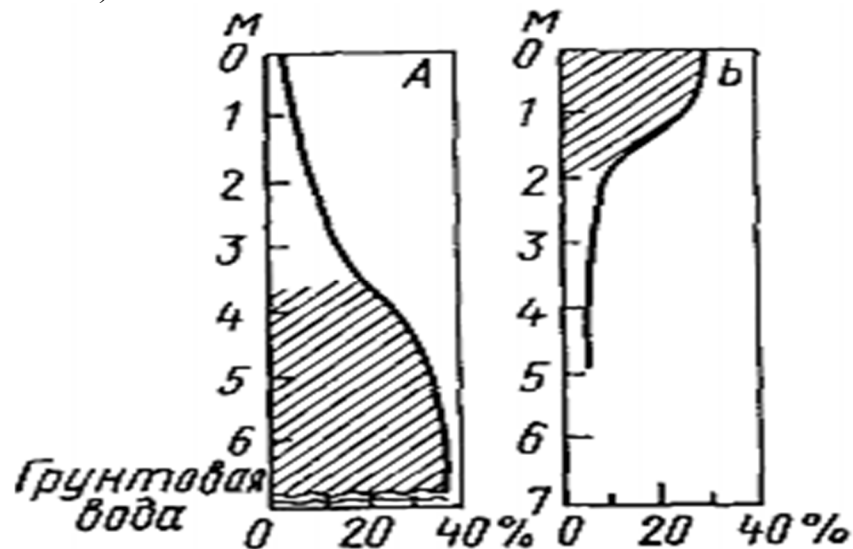


Рис. 9.9. Схема розподілу капілярно-підпертої (А) і капілярно-підвищеній (Б) води в ґрунті (по В. А. Ковда, 1973).

Шар ґрунту, який містить капілярно-підперту воду над водоносним горизонтом, називають **капілярною каймою**. Вміст води в каймі зменшується знизу вгору. Зміна вологості в піщаних ґрунтах при цьому відбувається більш різко. Потужність капілярної кайми при рівноважному стані води в ній характеризує **водопідіймальну здатність** ґрунту. Вміст води в каймі збільшується зверху донизу. Однією із головних причин капілярності являється **змочування**.

Явище змочування відбувається в результаті взаємодії молекул на контакті рідини і твердого тіла (рис. 9.11) та забезпечує відомий ефект **капілярного підняття** (рис. 9.12) – якщо занурити у воду трубку із гідрофільного матеріалу, то внаслідок змочування утворюється скривлена поверхня води (меніск) і рівень її води піднімається над її рівнем поза капіляром на  $h_k$ . Теоретично  $h_k = c/r$ , де  $r$  – радіус капіляра;  $c$  – постійна, яка залежить від властивостей рідини і твердого тіла. Таким чином, чим тонший капіляр, тим більше  $h_k$ . Реально капіляри пор ґрунту не є ідеально циліндричними, а мають перемінний по довжині радіус. В тонких порах вода піднімається вище і швидше. Тому вона заповнює мілкі пори, які розміщені над великими, раніш, ніж заповнюються великі. Тому в деяких порах залишається повітря.

Таблиця 9.1

Розподіл капілярно-підпертої води в однорідних за механічним складом ґрунтах (за Л.П. Розовим)

Механічний склад ґрунту	Вологість ґрунту (%) на різній висоті від рівня ґрунтових вод, см												
	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140	140-160	160-180	180-200	200-240	240-280
Глина	40,5	40,0	37,5	35,2	32,5	30,6	30,6	29,5	28,4	27,0	26,0	25,4	23,2
Важкий суглинок	33,4	32,2	30,4	28,5	26,6	25,4	25,0	24,5	24,0	23,5	22,0	21,0	20,0
Середній суглинок	26,4	25,7	23,2	20,4	18,5	16,9	14,2	10,3	8,5	–	–	–	–
Супіщаний	23,5	22,0	18,4	14,3	10,4	8,6	5,3	–	–	–	–	–	–
Пісок	21,9	18,0	11,7	6,3	2,5	1,2	–	–	–	–	–	–	–

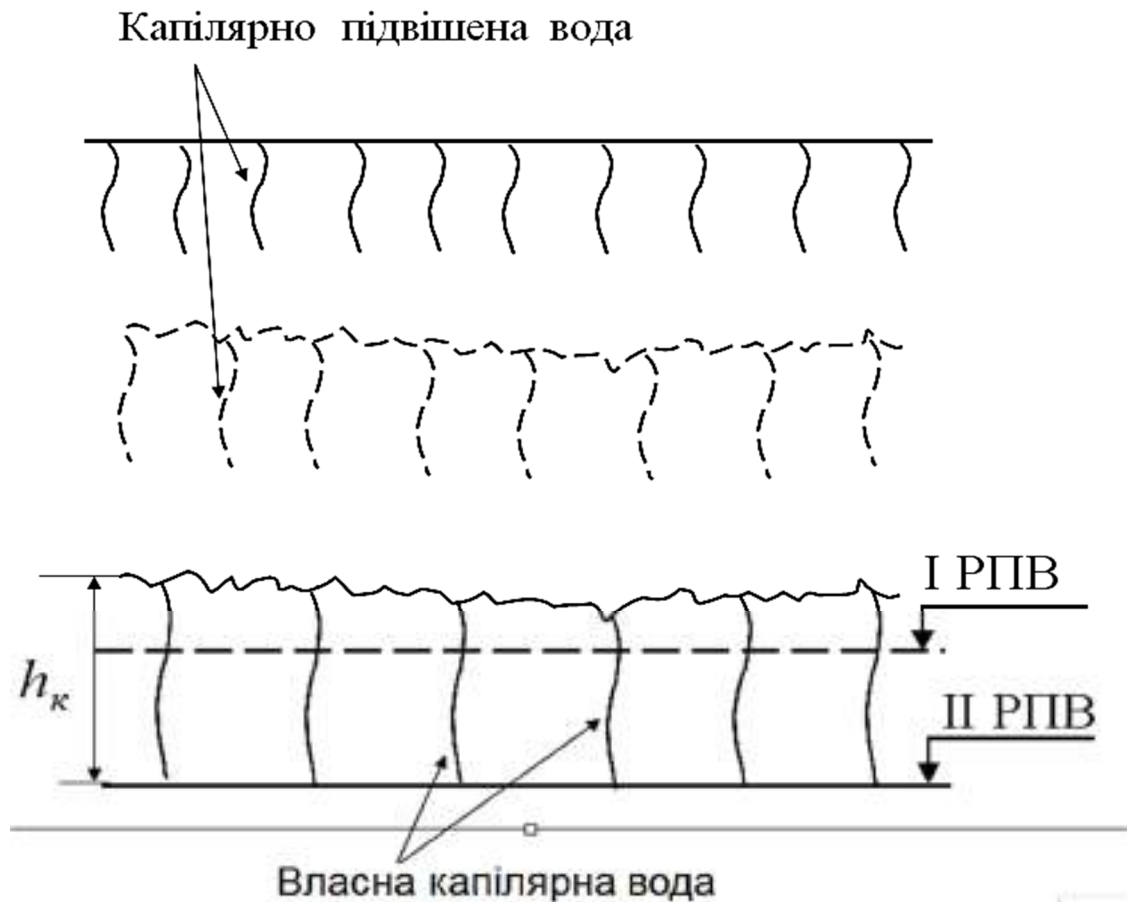


Рис. 9.10. Різновиди капілярної води.

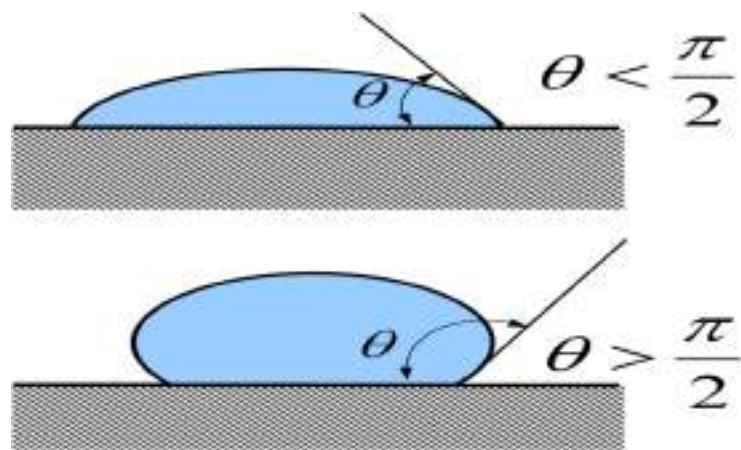


Рис. 9.11. Явище змочування (В першому випадку крапля розтікається по поверхні твердого тіла і поверхня його називається – гідрофільною (яка любить воду). В другому випадку – гідрофобна (яка боїться води)).

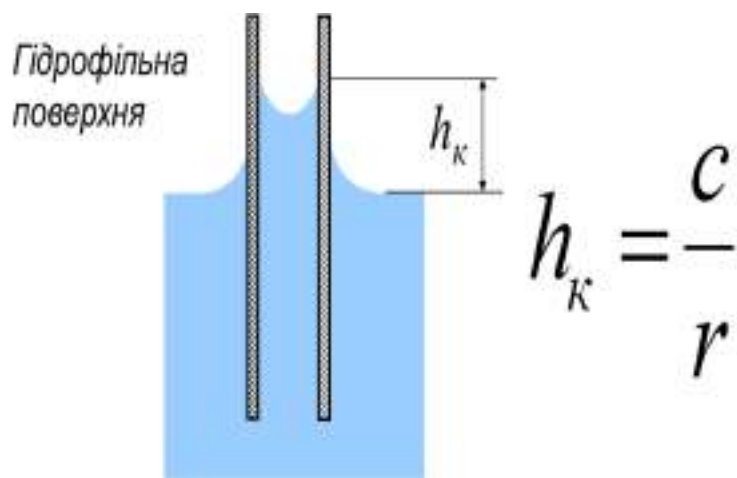


Рис. Схема явища капілярного підняття.



Рис. 9.12. Характер капілярів у ґрунтовому профілі.

Капілярна вода утримується в ґрунті в порах малого діаметра – капілярах, під дією капілярних або, як їх ще називають, меніскових сил. Капілярна вода утримується в ґрунті силами поверхневого натягу (на

поверхнях розділу: тверда фаза ґрунту – вода; повітря – вода). Капілярним тиском називають різницю тисків, що виникає внаслідок викривлення поверхні рідини. Викривлення поверхні рідини на межі з газовою фазою відбувається в результаті дії поверхневого натягу рідини, яка прагне скоротити поверхню розділу і надати рідині форму кулі. Оскільки куля володіє мінімальною поверхнею при даному об'ємі, така форма відповідає мінімуму поверхневої енергії рідини, тобто її стійкого рівноважного стану.

У разі змочування, наприклад, при стиканні рідини з твердою стінкою капіляру, сили тяжіння, що діють між молекулами твердого тіла і рідини, змушують її підніматися по його стінці, внаслідок чого гранична до стінки ділянка поверхні рідини приймає увігнуту форму (це і є капілярний ефект). У вузьких каналах, наприклад, циліндричних капілярах, утворюється увігнутий меніск – повністю викривлена поверхня рідини. Капілярна сила піднімає воду до тих пір, поки не врівноважиться *гідростатичним тиском води*.

Підйомна сила меніска прямо пропорційна величині поверхневого натягу і обернено пропорційна радіусу ґрунтового капіляру. Оскільки крайовий кут змочування характеризує сили молекулярного притягання між водою і ґрунтовими частинками, то можна вважати, що підйомна сила менісків (або величина капілярного підняття в ґрунтах) в кінці кінців залежить від сил молекулярної взаємодії між водою і твердими ґрунтовими частинками (рис. 9.13).

***Висота підняття обернено пропорційна радіусу капіляра.***

Радіус пор ґрунту залежить від гранулометричного складу ґрунту: чим менші частинки, тим менше радіус  $r$ . Тому вважається, що для ґрунту "ефективний" радіус капіляра

$$r = 1/2 * e * d_{10},$$

де  $d_{10}$  – ефективний діаметр,  $e$  – коефіцієнт пористості.

Тому, висоту капілярного підняття в ґрунті можна розрахувати по формулі

$$h_k = c_1 / e d_{10}, \text{ м, де } c_1 = (0,1-0,5) * 10^{-4} \text{ м}^2,$$

$$\text{Наприклад, при } c_1 = 0,3 * 10^{-4} \text{ м}^2, e = 0,75 \text{ і } d_{10} = 0,02 \text{ мм} = 0,02 * 10^{-3} \text{ м}$$

$$\text{одержимо } h_k = 0,3 * 10^{-4} / 0,75 * 0,02 * 10^{-3} = 2 \text{ м}$$

В чистих пісках капілярне підняття не перевищує 0,5 м.

В ущільнених глинах і суглинках капіляри дуже тонкі, але внаслідок набухання глинистих частинок і присутності на них плівки зв'язаної води проміжки між частинками начебто закупорені. Тому в глинах  $h_k < 2$  мм.

Найбільша  $h_k$  характерна для проміжних між піском і глиною – супіщаних пілуватих і суглинистих пілуватих ґрунтів, в яких за декілька місяців капілярна вода може піднятися на 3-4 м.

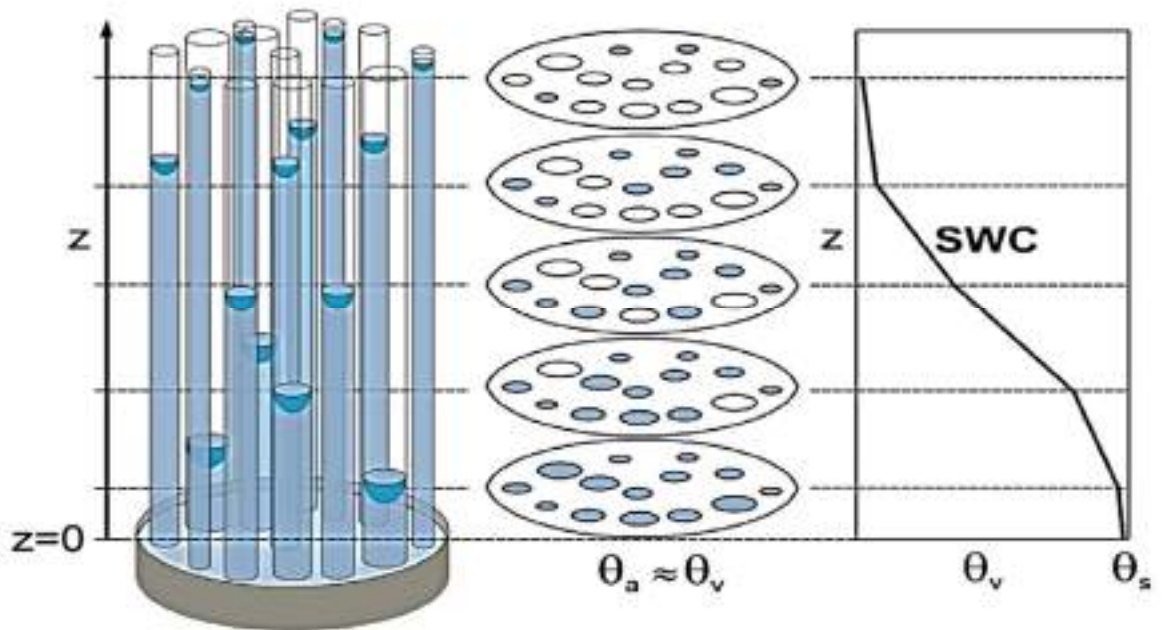


Рис. 9.13. Загальна схема капілярного підняття води у ґрунті по капілярних порах (графік показує поступове зменшення діаметру капілярних пор послідовно у напрямку від основи профілю).

**Гравітаційна вода** – переміщується в ґрунті під дією гравітаційних сил вниз (рис. 9.14). Рідка, має високу розчинність, переносить солі, колоїди, тонкі суспензії. Присутність у ґрунті цієї форми води явище несприятливе, спостерігається тимчасове або постійне перезволоження, відновні процеси й оглешення. Для зменшення кількості гравітаційної води в перезволожених ґрунтах закладають дренаж або проводять осушення.

Гравітаційну воду ділять на:

- **просочуючу** гравітаційну;
- **воду водоносних горизонтів** (підперта гравітаційна вода).

Просочуюча гравітаційна вода пересувається по порах і тріщинах ґрунту зверху вниз. Поява її пов'язана з накопиченням в ґрунті води, що перевищує утримуючу силу менісків в капілярах.

**Вода водоносних горизонтів** – це ґрунтові води (ґрунтова верховодка), які насичують ґрунтову товщу до стану, коли всі пори і проміжки в ґрунті заповнені водою (за винятком пор з затисненим повітрям). Ці води можуть бути або застійними, або, при наявності різниці гідравлічних напорів, що стікають в напрямку ухилу водотривкого горизонту. Утримуються вони в ґрунті внаслідок малої водопроникності підстилаючих порід (рис. 9.16).

Наявність значної кількості гравітаційної води – явище несприятливе, свідчить про надлишкове зволоження, приводить до утворення гідроморфних ґрунтів. Рух гравітаційної води через ґрунт називається фільтрацією, а води називають інфільтраційні. Рухаючись по ґрунтовому профілю, інфільтраційні води поповнюють запаси підземних вод проходячи закономірний процес фільтрації води.

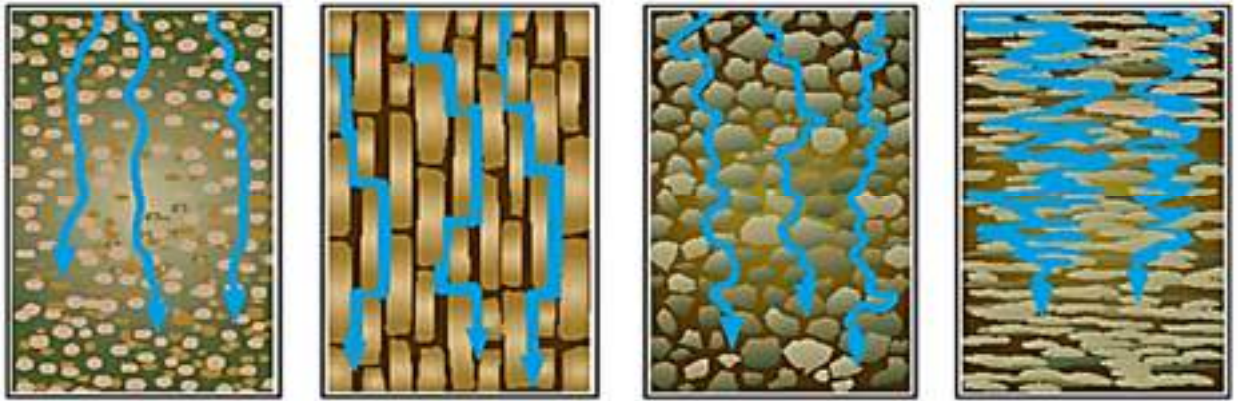


Рис. 9.14. Загальна схема переміщення гравітаційної води послідовно за горіховатої, призматичної, глибистої та пластинчастої структур ґрунту.

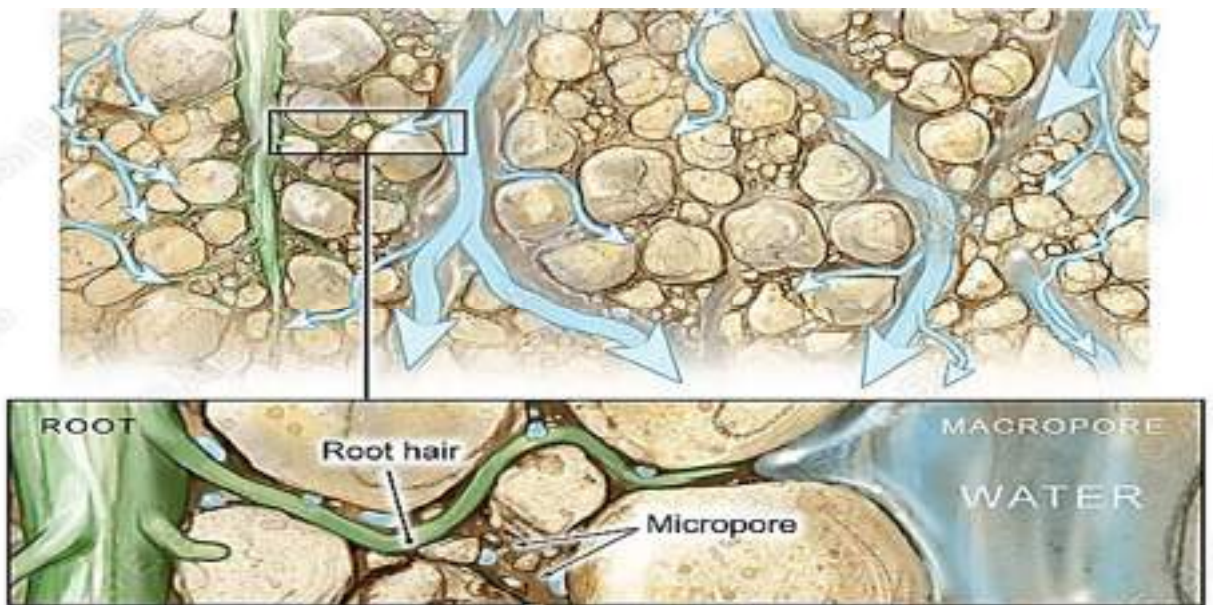


Рис. 9.15. Загальна схема переміщення та доступності води до сисної зони кореня.



Рис. 9.16 а. Схема переміщення ґрунтової води: 1 – поверхня землі; 2 – водопроникний ґрунт; 3 – потік ґрунтової води; 4 – поверхня капілярної води; 5 – лінзи водонепроникного або ущільненого ґрунту; 6 – верховодка; 7 – водонепроникний ґрунт (водотрив); 8 – вихід ґрунтової води.



Рис. 9.16 б. Карта підґрунтових вод України.

**Фільтрація води в ґрунті** відбувається під впливом механічних факторів (табл. 9.2, рис. 9.17):

- сили тяжіння;
- гідростатичного тиску;
- навантаження, яке зближує частинки ґрунту таким чином витісняючи воду з пор.

Будь-які причини руху порової води рівносильні появі різниці тисків в точках між якими вона переміщується. Фільтруючись вода обтікає частинки ґрунту долаючи їх опір. Тому тиск поступово падає.

Таблиця 9.2

Коефіцієнт фільтрації для різних видів ґрунтів

Ґрунт	Коефіцієнт фільтрації ( $K_f$ ), м/доб
Грубоуламкові	>100
<u>Піщані</u> Гравелісті, великі, середньої величини	10-100 0,1-10
<u>Пилувато-глинисті</u> Супісок, Суглинок, Глина	0,1-0,5 0,005-0,05 <0.005

Розрізняють такі **основні типи підземних вод** (рис. 9.18).

**Верховодка** – приурочена до горизонтів ґрунтового профілю, залягає на лінзах водотривких горизонтів (I, GI, вічна мерзлота, глинисті прошарки). Не має значного водозбору, формується локально після опадів, сніготанення. Явище тимчасове.

**Ґрунтові води** – це підземні води першого від поверхні землі постійного водоносного горизонту. Вони утворюються за рахунок насичення атмосферними опадами, водами річок і озер, припливом поверхневих вод. Рівень їх визначається навесні, коли він найбільш високий (танення снігу). Високий рівень ґрунтових вод може виникнути і восени, під час затяжних дощів. Рівень ґрунтових вод визначається виміром відстані від поверхні ґрунту до дзеркала води в найближчих колодязях або в свердловинах.



Ґрунти	Коефіцієнти фільтрації * (см/сек)
Дерново-слабопідзолисті піщані і глинисто-піщані на давньоалювіальних і воднольодовикових відкладах і морені	0,00100-0,00225
Дерново-середньопідзолисті суліщані на давньоалювіальних і воднольодовикових відкладах і морені	0,00025-0,00077
Дерново-середньо і сильнопідзолисті поверхнево-огієсні	0,0002-0,0005
Світлі і темно-сірі опідзолені і чорноземи опідзолені, переважно на лесових породах	0,00002-0,000008
Темно-сірі реградовані і чорноземи реградовані переважно на лесових породах	0,0003-0,0007
Чорноземи потужні слабогумусовані, малогумусні середньогумусні і остаточно-солонцюваті на лесових породах	0,000095-0,00173
	0,00070
	0,00010-0,00035
	0,00030-0,00070

Рис. 9.17. Карта фільтрації ґрунтів України.





Рис. 9.18. Типи підземних вод у формуванні водного ґрунтового балансу.

**Міжпластові води** – знаходяться у водоносних горизонтах, що залягають між водотривкими пластами. Виділяються: напірна вода (артезіанська), що знаходиться у водоносних горизонтах, перекритих і підстелених водотривкими, водонерозчинними пластами, що синклінально залягають, має напір, не може мати зв'язок із ґрунтовими водами; безнапірна – не приурочена до синклінальних пластів, а тому не має гідравлічного напору.

Внаслідок постійного обміну між ґрунтом, рослинами і атмосферою вміст вологи в ґрунті безперервно змінюється. Сукупність усіх коливань вмісту вологи в ґрунті називають **режимом вологості ґрунту**.

Він залежить від складу і властивостей самого ґрунту – його гігроскопічності, водопроникності, вологоємності і ін., а також від кліматичних і погодних умов, рельєфу, прийомів обробітку ґрунту, біологічних особливостей культур і т.д. Ґрунти підгрупи пилувато-глинистих відрізняються від грубоуламкових і піщаних ґрунтів з значною залежністю властивостей від вологості.

Змішавши пробу сухого ґрунту з достатньою кількістю води, можна отримати рідкоподібну масу. При поступовому зменшенні кількості води шляхом випаровування та сама проба ґрунту буде міняти свою консистенцію (густина, ступінь твердості). Можна виділити чотири фізичних стани даного ґрунту в залежності від його консистенції: текучий, пластичний, напівтвердий і твердий. Такий поділ був запропонований А. Аттербергом в 1911 році і в нинішній час являється загально прийнятим.

В текучому стані ґрунт вміщує багато вільної води не тільки заповнюючої пори, але і роз'єднуючої частинки, яка порушує тертя і зчеплення між ними. В такому стані ґрунт являється напіврідким і не може бути гарною основою. При зменшенні вологості переходить в пластичний стан. В пластичному стані пори ґрунту практично повністю заповнені водою, а випаровування супроводжується зменшенням об'єму ґрунту (просіданням).

В пластичному стані ґрунт під дією навантаження здатний міняти розміри і форму без розриву суцільності. З нього можна ліпити і качати шнур.

В напівтвердому стані він втрачає здатність розкочуватись в тонкий шнур без руйнування, тобто уже втрачає пластичність.

В твердий стан ґрунт переходить при ще меншій вологості коли ступінь вологості стає рівною  $Sr=0.8-0.9$ . В цьому стані ґрунт вже не зменшиться в об'ємі при подальшому випаровуванні. Проба ґрунту починає обсихати з поверхні (в наслідок чого забарвлення змінюється від темного до світлого), а зменшення вмісту води відбувається вже без зміни об'єму пор.

Між цими чотирма станами є три межі: текучості  $W_L$ , пластичності  $W_p$  і просідання  $W_{sh}$ . Вони являються характерними вологостями для даного ґрунту (рис. 9.19).

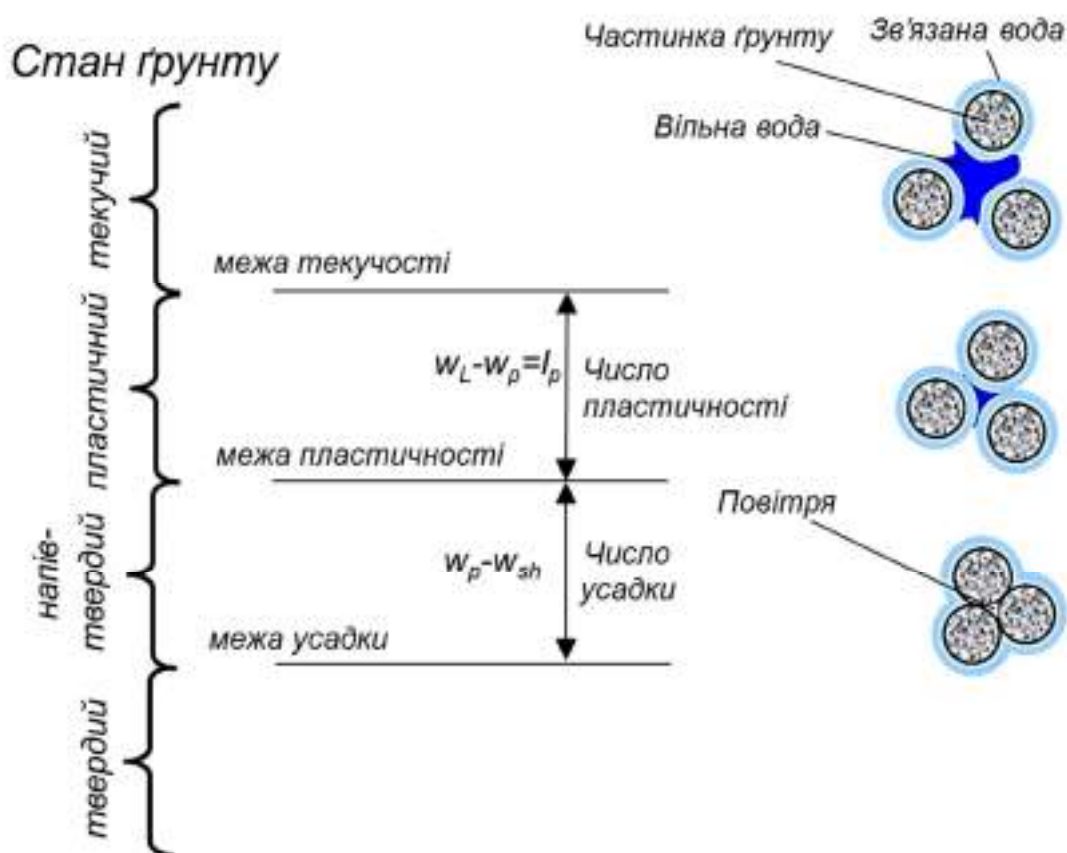


Рис. 9.19. Зміна фізичного та фізико-хімічного стану ґрунту за різного його зволоження.

Межа текучості  $W_L$  – це вологість, при якій ґрунт знаходиться на межі текучості і пластичного стану. Її визначають експериментально, як вологість при якій конус стандартних розмірів і маси за певний час заглиблюється в ґрунт на певну глибину.

Таким чином, при вологості  $W = W_L$  різні ґрунти чинять якби однаковий опір заглибленню в них іншого тіла (стандартного конуса). Кажуть:  $W_L=42$ , якщо стан ґрунту при вологості 42% відповідає межі між текучим і

пластичним станом. Для супіску  $WL=15-23$ , для глини  $WL=40-100$ . Чим більше глинистих частинок тим більше  $WL$ .

**Межа пластичності  $W_p$**  – це вологість, при якій ґрунт знаходиться на межі пластичного і напівтвердого стану. Її визначають експериментально як вологість, за якою скочуваний ґрунтовий шнур, сягнувши певного діаметра, починає розпадатись на відрізки, тобто з подальшим підсушуванням, яке відбувається в процесі скочування ґрунту, втрачається його пластичність. Кажуть:  $W_p = 22$ , якщо стан ґрунту при вологості 22% відповідає межі між пластичним і напівтвердим станом, тобто якщо при цій вологості ґрунтовий шнур, сягаючи діаметра 2-3мм, починає розпадатись на відрізки довжиною 3-10мм. При збільшенні глинистої фракції збільшується  $W_p$ , але повільніше ніж  $WL$ . Для супіску  $W_p=14-17\%$ , для глин  $W_p=25-40\%$ . Вологість  $W_p=W_m$  – тобто характеризує найбільшу кількість зв'язаної води в ґрунті. При природній вологості меншій  $W_p$  ґрунт зручно розсипається.

**Межа просідання  $W_{sh}$**  – це вологість, при якій ґрунт знаходиться на межі напівтвердого і твердого стану.

Порівнюючи з цими характерними вологостями вологість певного ґрунту можна мати уяву про його стан. Так при  $W=20\%$  супісок може знаходитись в текучому, а глина в напівтвердому стані.

Сукупність всіх величин надходження вологи в ґрунт і витрати з неї називається **водним балансом ґрунту** (рис. 9.20-9.21). Водний баланс може бути складений за будь-який проміжок часу: за період вегетації в цілому, за той чи інший відрізок вегетації, окремий сезон, рік і т.д.

Водний режим ґрунту – це сукупність явищ надходження води в ґрунт, її переміщення, збереження, зміни фізичного стану і витрати з ґрунту. Кількісно надходження води в ґрунт і її витрати представляє водний баланс:

$$W_0 + W_{оп} + W_{гр} + W_{пр} = W_1 + W_{и} + W_{п} + E_{вип} + E_{тр}$$

де  $W_0$  запас вологи у ґрунті на початку спостережень;  $W_{оп}$  – сума опадів за період спостережень;  $W_{гр}$  – кількість вологи, що надійшла з ґрунтових вод;  $W_{пр}$  – поверхневий приток вологи – це приходні статті;  $W_1$  – кількість вологи в ґрунті у кінці спостережень;  $W_{и}$  – кількість інфільтруючої вологи;  $W_{п}$  – кількість вологи поверхневого стоку;  $E_{вип}$  – кількість вологи, що випарувалася;  $E_{тр}$  – кількість вологи на транспірацію (десукція) – витратні статті балансу.

Інший варіант визначення водного балансу:

$$O + K + ГВ = Д + В + ПС + ВПС + ГС,$$

де:  $O$  – опади;  $K$  – конденсаційна волога;  $ГВ$  – ґрунтові води;  $Д$  – десукція (випаровування рослинами);  $В$  – випаровування з поверхні ґрунту;  $ПС$  – поверхневий стік;  $ВГС$  – внутрішньоґрунтовий стік;  $ГС$  – ґрунтовий стік.

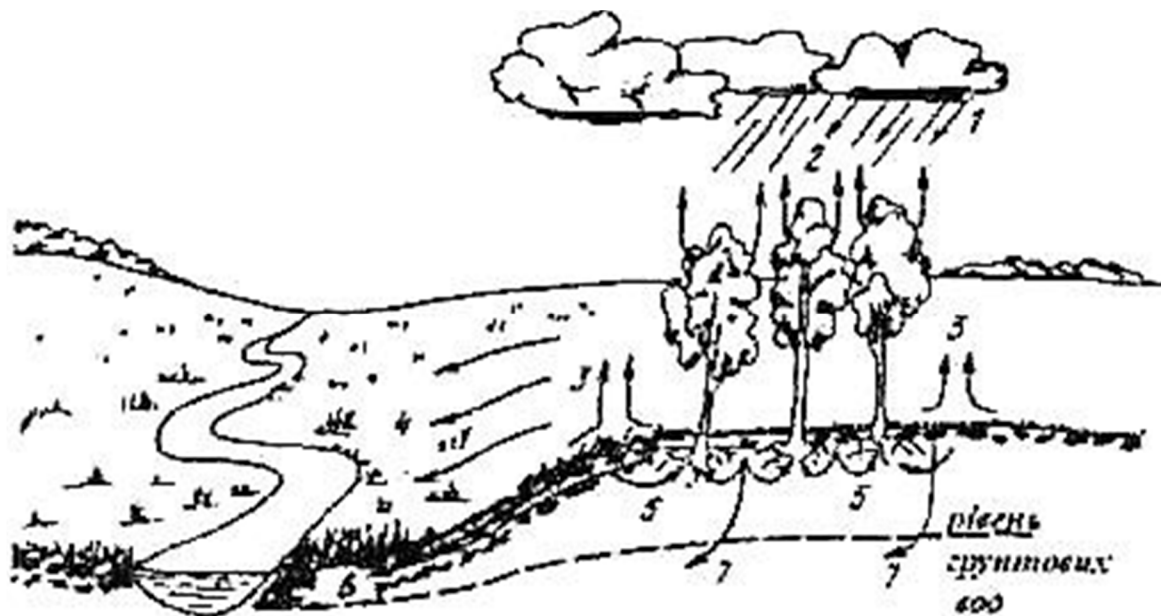


Рис. 9.20. Схема балансу води в ґрунті – верхня позиція: 1 – опади; 2 – випаровування з поверхні рослин; 3 – випаровування з поверхні ґрунту; 4 – поверхневий стік; 5 – десукція рослинами; 6 – внутрішньогрунтовий стік; 7 – ґрунтовий стік. Нижня позиція – водний режим схилених ґрунтів.

Запас вологи в горизонтах виражають в т/га, або м<sup>3</sup>/га. Запас продуктивної вологи (що використовується рослинами для формування урожаю) визначають в орному чи метровому шарі шляхом віднімання від вологості ґрунту вологості в'янення рослин. Особливо потрібно для оцінки вологозапасів на початок посіву (табл. 9.3).

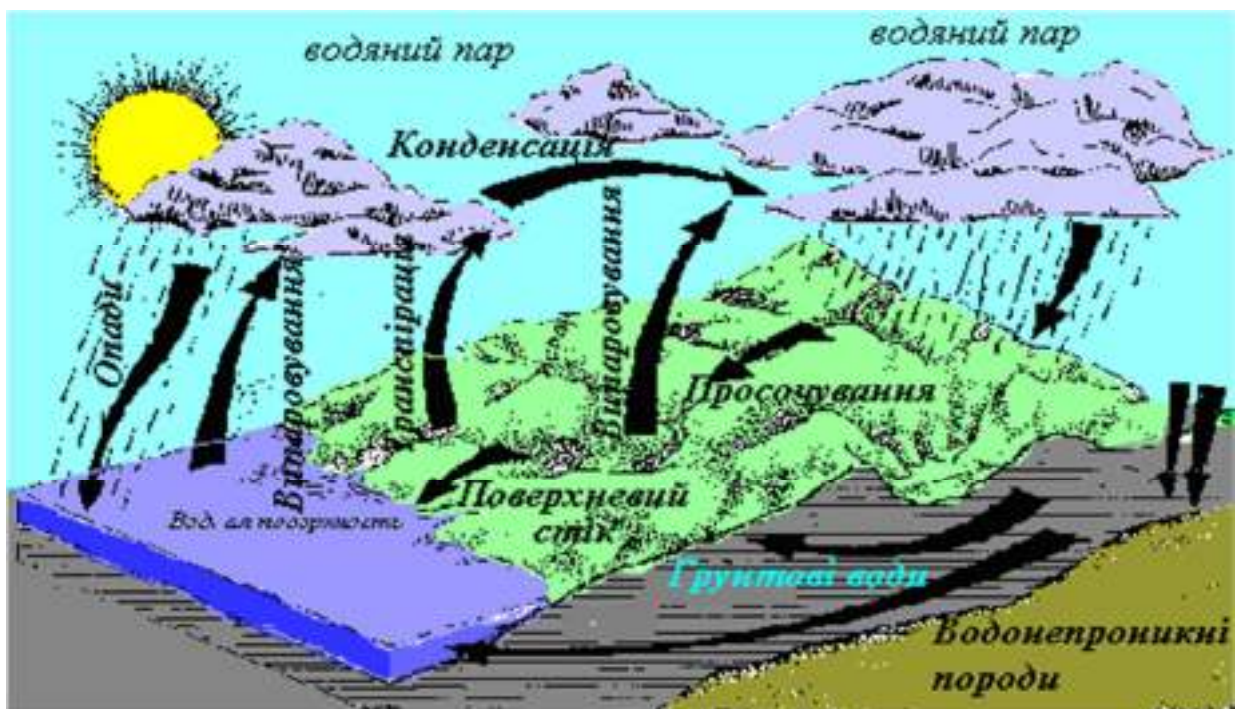


Рис. 9.21. Гідрологічні процеси в ґрунті і на її кордонах (по Е.В. Шейну, 2005).

Шкала оцінки запасів продуктивної вологи в ґрунті  
(за В.В. Медведєвим)

Запаси вологи, мм	Оцінка запасу
у шарі ґрунту від 0 см до 20 см	
більше 40	Добрий
40-20	Задовільний
менше 20	Незадовільний
у шарі ґрунту від 0 см до 100 см	
більше 160	Дуже добрий
160-130	Добрий
130-90	Задовільний
90-60	Поганий
менше 60	Дуже поганий

Розрізняють загальний запас вологи в ґрунті (визначають з урахуванням грубизни шару, щільності) і середній вміст вологи в цьому шарі. Вологість в об'ємних відсотках (масова вологість помножена на щільність) у шарі ґрунту 10 см чисельно дорівнює запасу води в цьому шарі у мм водяного стовпчика (тобто, якщо в шарі 0-10 см міститься, наприклад, 10 % вологи, це відповідає шару води 10 мм). Знаючи пошарові запаси вологи і відповідні їй запаси при вологості в'янення, можна визначити запас продуктивної (корисної) ґрунтової вологи в певний момент, а підсумовуючи їх, — за різні проміжки часу (місяць, сезон, рік).

**Водний баланс розраховується відповідно наступних статей:**

**статті надходження** – опади, поглинання, фільтрація, капілярне підняття підґрунтової вологи, волога з поверхневого, низхідного та бокового стоків, конденсація води тощо. Найважливішим джерелом ґрунтової вологи є атмосферні опади, кількість і розподіл яких протягом року визначаються кліматом, а надходження до ґрунту (сніг, град, дощ) – головним чином рельєфом місцевості і фітоекологічним станом поверхні (частина їх затримується рослинністю). В Україні чітко виділяють три зони зволоження: надлишкового (надходження вологи до ґрунту перевищує її випаровування); нестійкого (витрачається і надходить до ґрунту приблизно порівну); недостатнього (випаровування переважає над опадами) (див розділ 2 посібника) (рис. 9.22).

Другим джерелом надходження вологи до ґрунту є конденсація на поверхні ґрунту й у верхніх її шарах пароподібної вологи з атмосфери. Її кількість невелика, оскільки конденсація відбувається лише в поверхневому шарі ґрунту 10-15 мм завтовшки. Волога, конденсована вночі, вранці випаровується. І тільки в грубозернистих (піщаних) ґрунтах (і породах) водяна пара з атмосфери може проникати досить глибоко (конденсуючись там, вона помітно поповнює запаси ґрунтової вологи і підґрунтових вод).

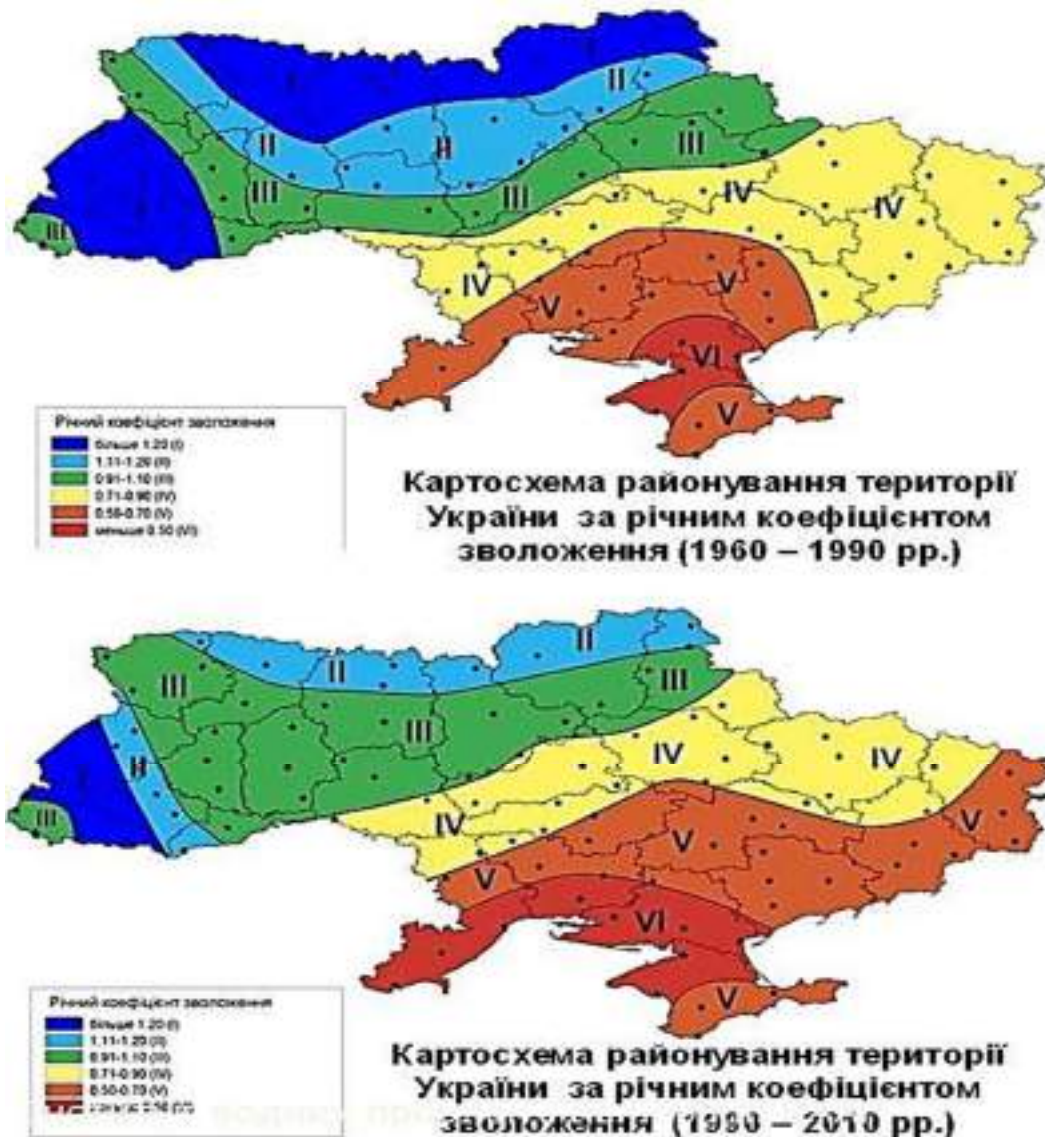


Рис. 9.22. Розподіл ґрунтового покриву території України за коефіцієнтом зволоження.

Третім джерелом ґрунтової вологи можуть бути підґрунтові води. Зазвичай підземні води містяться надто глибоко, що виключає їх зв'язок з ґрунтами. Проте там, де вони наближаються до поверхні – на схилах, їх шлейфах, в підошві, капілярні сили спрямовують їх до ґрунтового профілю. За відсутності опадів, коли вода лише випаровується з ґрунту, така волога суттєво поповнює її втрати з нього, сприяючи цим також засоленню ґрунтів.

Пересування води в ґрунті здійснюється під дією гравітаційних сил, капілярним, плівковим шляхом (з місць, де тиск вище, туди, де він нижче), і, нарешті, у вигляді пари.

Енергетичний баланс переміщення води детально описаний у працях В.В. Медведєвим. Відповідно до його узагальнень, енергетика ґрунтової вологи істотно залежить від сил, що виникають на поверхнях поділу твердих, рідких і газоподібних фаз, а також зумовлюється кривизною поверхні поділу між рідкими і газовими фазами.

Ступінь їх впливу на енергетику води багато в чому залежить від структури, будови, складу (гранулометричного, мінералогічного, хімічного) твердих фаз ґрунту.

Неодмінна присутність у ґрунтовій воді розчинених речовин закономірно обмежує її рухомість. У глинистих, солонцюватих та інших схильних до набрякання ґрунтах енергетика вологи потрапляє в особливо чітку залежність від поверхневих явищ у колоїдно-дисперсних системах.

Оцінка енергетичного стану ґрунтової води ґрунтується на парціальній (питомій) вільній енергії Гіббса, яка характеризує хімічний (фактично, термодинамічний) потенціал води в ґрунті, що виражається через постулати першого (збереження енергії у теплових процесах) і другого (ентропія – зміна енергії при оборотних і необоротних процесах) законів термодинаміки (в сумі окремих – осмотичного, гравітаційного, капілярного, пневматичного – потенціалів). Повний термодинамічний потенціал – це робота, яка повинна бути витрачена для оборотного й ізотермічного (при константній температурі) перенесення з одного місця ґрунту в інше дуже малої кількості чистої води, що перебуває при атмосферному тиску і на умовному гідростатичному рівні. Окремо використовуються також і згадані часткові потенціали – осмотичний потенціал, що описує частину роботи, яка витрачається на переміщення в ґрунті води, що перебуває під фізико-хімічним впливом солей; гравітаційний – сил тяжіння; капілярний – плівки і капілярів; пневматичний – атмосферного тиску.

Потенціал вологи перебуває у діапазоні 0 – 10 000 атм. Ґрунт, повністю насичений водою без солей, має нульовий потенціал ґрунтової вологи. Висушування ґрунту сприяє зростанню її потенціалу і появі феномену всмоктувальної сили ґрунту. Потенціал ґрунтової вологи зручно виражати в  $rF$ , який означає логарифм усмоктувального тиску (1 атм. відповідає  $rF = 3$ ). При нульовій вологості ґрунту  $rF$  досягає межі, що дорівнює семи. Енергетична концепція ґрунтової вологи багато в чому протиставляється уявленням про ґрунтово-гідрологічні константи, оскільки заперечує наявність переломних точок на кривій водоутримання.

Поділяючи вологу за природою сил, що утримують її в ґрунті, вона певною мірою ігнорує її поділ за рухомістю (точніше, за формою та швидкістю пересування). Тривалий час ці концепції конфліктували між собою, але тепер знайдено компроміс (рис. 9.23).

Незважаючи на те, що залежність капілярно-сорбційного потенціалу від вологості є кривою без різких перегинів в усьому діапазоні вологості, все ж ця крива не підкоряється єдиній математичній залежності. Лише окремі ділянки кривої вдається формалізувати. Це вказує на розбіжності в характері взаємодії води з твердими фазами ґрунту при різних вологостях і станах, які є описаними вище категоріями та формами ґрунтової вологи.

**статті витрат** – фізичне випаровування з поверхні ґрунту, з пор та порожнин ґрунтової маси, транспірація вологи (випаровування з поверхні наземних органів рослин), десукція (поглинання вологи коренями рослин та

тілами живих організмів із наступним випаровуванням більшої її частини), інфільтрація в поверхневі водні джерела, витрати на підґрунтовий та бічний стоки, замерзання, розмерзання тощо.

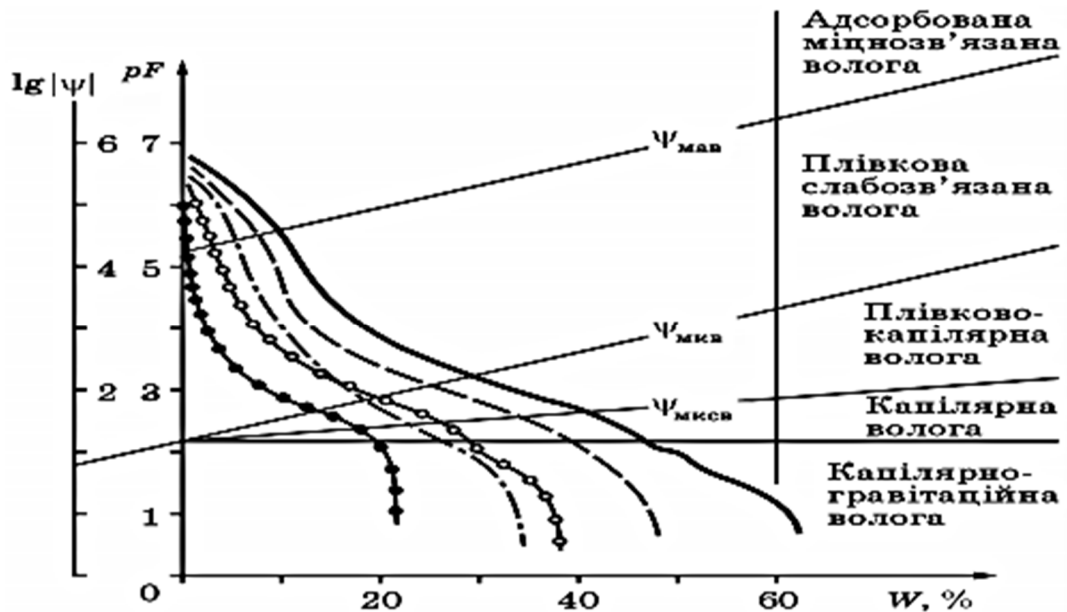


Рис. 9.23. Залежність потенціалу ґрунтової води ( $\lg\Psi$ , pF) від вологості ( $W$ , %):  $\Psi_{мав}$ ,  $\Psi_{мкв}$ ,  $\Psi_{мксв}$  – потенціал води відповідно адсорбованої міцнозв’язаної, капілярно-сорбційної та капілярної.

Частина води, що надійшла на поверхню ґрунту, стікає по ній, утворюючи поверхневий стік, особливо помітний навесні, під час сніготанення, влітку і восени при випаданні рясних дощів і злив. Його величина залежить від багатьох причин, у тому числі від кута схилу, кількості опадів, їх інтенсивності, водопроникності ґрунту, його вологості, оструктуреності, агрофону, глибини промерзання. Коефіцієнт стоку (відношення кількості води в ньому до кількості опадів, що випали, %) змінюється від 100 до 0 % залежно від метеорологічних та інших умов. У окремі роки майже вся снігова вода втрачається з поверхневим стоком, в інші – повністю всмоктується в ґрунт. Загалом, чим меншим є запас снігу, тим сильніше промерзає ґрунт і більшим стає коефіцієнт стоку.

Із ділянок, вкритих лісом, лучними, степовими травами, сільськогосподарськими культурами суцільного висіву, стік мінімізується порівняно з ріллею. Ґрунт у лісі ще до початку сніготанення встигає відтанути, а на ріллі він ще довго залишається глибоко промерзлим. При цьому в лісі сніготанення сповільнюється, внаслідок чого вода надходить рівномірно, встигаючи повністю всмоктатися у ґрунт. Наявність лісової підстилки і краща оструктуреність лісових ґрунтів також сприяють збільшенню їх водопроникності проти орних ґрунтів. Процес поверхневого стоку є багатофазним. Його перша фаза є безстічною, оскільки на початку дощу стік не утворюється – всі опади йдуть на заповнення поглиблень і нерівностей ґрунту (поверхневу акумуляцію) і просочування у ґрунт



(інфільтрація), а частина їх затримується листям і стеблами рослин. Друга фаза започатковується появою перших струмків поверхневого стоку, третя – відповідає формуванню повного стоку з усієї площі водозбірного басейну, а четверта (остання) фаза — продовженню стоку після дощу. Це спрощена схема стоку, який у реальних ландшафтних умовах є значно складнішим через нерівномірність дощів, гетерогенність ґрунтово-екологічних та багатьох інших впливових чинників. Танення снігу формує стік за майже аналогічними закономірностями. Спочатку вся вода затримується снігом, вологоємність якого може досягати 50 %, а також у нерівностях, нано- та мікропоглибленнях водозбірного басейну. Їх заповнення забирає немало води. Мерзлі прошарки ґрунту і крижана кірка стримують просочування. На відміну від дощів, найбільші втрати спостерігаються не на початку, а наприкінці сніготанення. Нерівномірне залягання снігу зумовлює специфічну динаміку й територіальну строкатість процесів сніготанення. Спочатку сніг тоне на відкритих місцях і на південних схилах, потім – у глибоких зниженнях і, нарешті, – у заростях чагарників і в лісі. Коефіцієнт стоку від сніготанення звичайно перевищує коефіцієнт стоку від дощів, проте у південних регіонах сніг іноді відтаює весь, не утворюючи стоку (особливо а разі зтяжного сніготанення, при малих його запасах і на слабкопромерзлих ґрунтах). Прогноз поверхневого стоку та його інтенсивності є важливим інженерно-екологічним завданням, вирішення якого дає змогу агрономам, землевпорядникам, фермерам розробляти раціональні заходи захисту сільськогосподарських територій від руйнівних наслідків стоку. При його вирішенні використовують багаторічні стокоформувальні параметри клімату (ймовірність акумуляції снігу, швидкість його танення), а також параметри поверхні (ступінь зволоженості, інфільтраційну здатність, тип агрофону) і складають прогнози максимальної витрати талих і зливових вод. Поверхневий стік в Україні може утворюватися вже при інтенсивності дощу 0,5 мм/хв і загальному шарі опадів понад 15-20 мм. Поталі води часто стікають з ланів, змиваючи при цьому верхні найродючіші горизонти ґрунту, ініціюють виникнення ярів, посилюють дефіцит вологи, вкрай небажаний для сільськогосподарського виробництва (особливо в Україні, де посушливі роки є звичайним явищем). Найбільш радикальним засобом поповнення водних ресурсів є регулювання стоку (бажано з повною його затримкою на ланах, в зниженнях рельєфу тощо). Регулювання стоку здійснюють різними агролісомеліоративними, агротехнічними та іншими засобами (управління сніготаненням, глибиною і напрямком обробітку, облаштування різних уловлювачів стоку – щілин, лунок, валів тощо), які, однак, діють далеко не завжди ефективно. Керування стоком стає ефективним лише за умови ретельного обліку всіх ландшафтно-біокліматичних особливостей з вибором адекватного їм екологічно орієнтованого комплексу згаданих вище заходів складових блоків регіональної протиерозійної організації території.

Наприклад, у Степу і південному Лісостепу рекомендується провадити (Г.П. Сурмач) ( в узагальнені В.В. Медведєва):

- глибоку зяблеву оранку на 27-30 (35) см – звичайну (з оборотом шару), ґрунтопоглиблювальну (без обороту – плоскорізню) та снігозатримання;

- окультурювання ґрунтів (формування добре гумусованого глибокого орного шару);

- створення на ріллі водоемного мікро- та нанорельєфу з розпущеним ґрунтом – зменшує стік на 10 мм, а під просапними затримує зливові опади, вдвічі більші за ємність мікрорельєфу;

- перехоплення стоку на межі й усередині ланів лісосмугами посиленими найпростішими гідротехнічними спорудами;

- застосування в сильноеродованих ландшафтах ґрунтозахисних сівозмін;

- створення лісолучного поясу біля гідрографічної мережі тощо;

- на сильно порізаних вимоїнами та ярами схилах вирівнювання та часткове засипання їх укосів у комплексі з водорегулюючими валами і травосіянням;

- регулювання скидання непоглиненої стічної води для зменшення змиву і розмиву ґрунтів;

- закріплення активних вершин ярів (залісенням та залуженням сильноеродованих крутосхилів і берегів гідрографічної мережі тощо).

Залежно від домінування та співвідношення зазначених складових водного балансу у ґрунтах формується відповідний **тип водного режиму (ТВР)**, який визначають на основі коефіцієнта зволоження (КЗ) по відношенню річної суми опадів до річного випаровування (за Висоцьким Г. Н.). Г.М. Висоцьким запропоновані основні 4 типи водних режимів та один специфічний: промивний або пермацидний, не промивний або імпермацидний, випітний або ексудаційний, водозастійний; специфічний – кріогенний. Уточнення по питанню водного режиму було введено О.А. Роде (табл 9.4). В доповіді в межах VI Міжнародного конгресу ґрунтознавців в Парижі в 1956 році він обґрунтував 5 базових типів водного режиму та виділив підтипи в їх межах за джерелами та ступенем зволоження (рис. 9.24-9.27).

1. **Мерзлотний водний режим** властивий ґрунтам, які формуються в області багаторічної мерзлоти. Протягом більшої частини року ґрунтова вода знаходиться у твердому стані у вигляді льоду. У теплий період лід розмерзається зверху вниз і над мерзлим шаром утворюється надмерзлотна верховодка. Вода витрачається на випаровування, боковий стік, десукцію. Ґрунт постійно вологий. Протягом більшої частини вегетаційного періоду волога підтримується на рівні від найменшої до повної вологості і ніколи не буває нижчою від вологи в'янення (ВВ).

2. **Водонасичений (водозастійний) режим** характеризує болотні ґрунти атмосферного зволоження і деколи ґрунтового зволоження. Волога

грунту зберігається протягом року в межах повної вологості (ПВ) і тільки в посушливі періоди знижується до найменшої вологості (НВ).

3. **Періодично водонасичений (водозастійний) режим** має місце у болотних ґрунтах ґрунтового зволоження. Відповідно із сезонними коливаннями рівня ґрунтових вод волога ґрунту варіює від повної до найменшої вологості, але в окремі періоди поверхневий горизонт може висушуватись нижче від найменшої вологості.

Таблиця 9.4

Типи водного режиму ґрунтів (за Роде, 1956)

Тип	Підтип
Промивний	Тайговий
	Напівболотний
	Болотний
	Ґрунтово-тайговий
	Ґрунтово-напівболотний
	Ґрунтово-болотний
	Тайговий глибокопромивний
Періодично промивний	Лісостеповий
	Степовий потускулярний
Непромивний	Лісостеповий
	Степовий із потужним сухим горизонтом
	Степовий
Випітний	Лучно-степовий
	Лучний
	Солончаковий
Мерзлотний	Глибокопромерзаючий
Іригаційний	-



Рис. 9.24. Типи водного режиму.

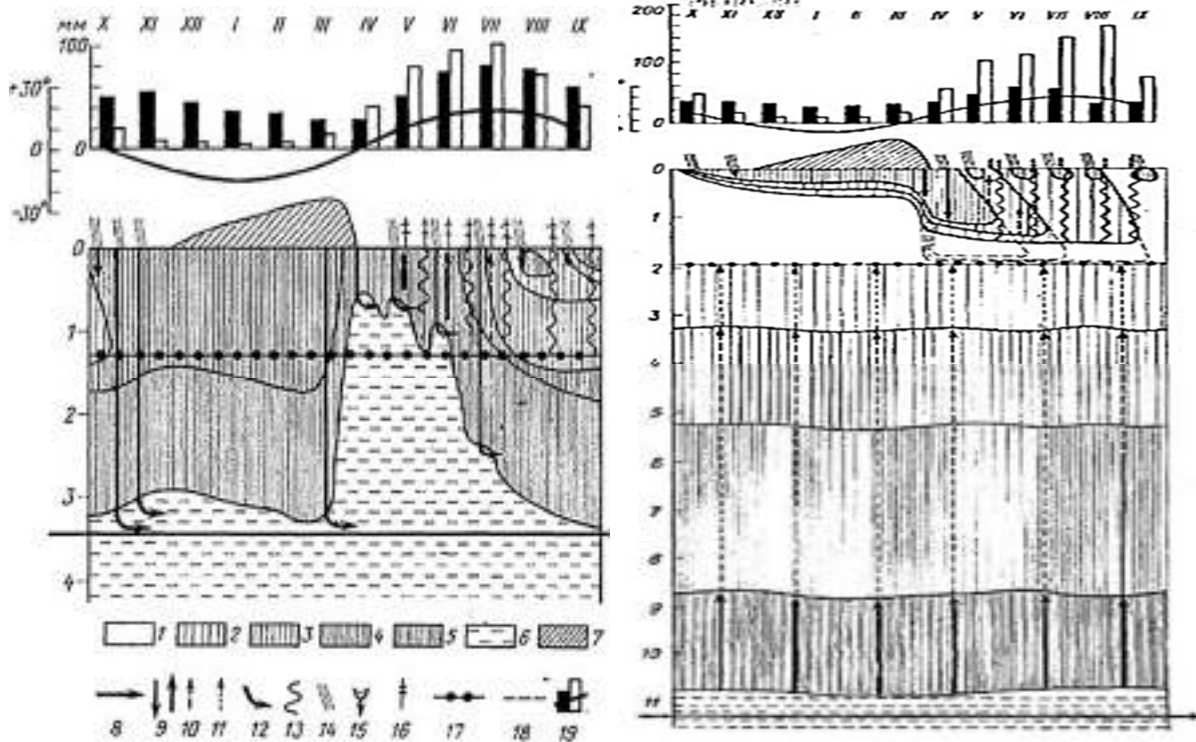
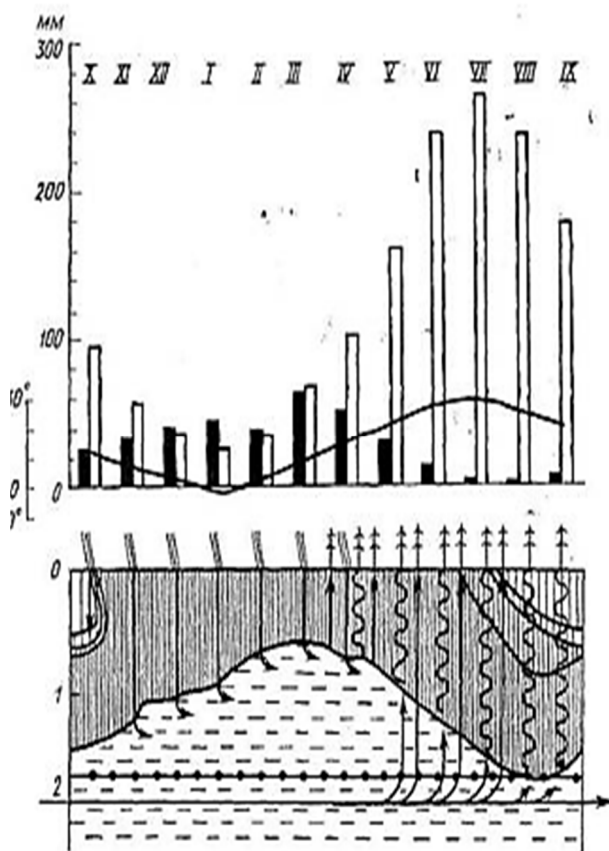


Рис. 9.25-9.26. Водний режим ґрунтів (послідовно зліва-направо і вниз): промивний, непромивний, випітний



1 – вологість нижче ВВ; 2 – вологість від ВВ до ВРК; 3 – вологість від ВРК до НВ; 4 – вологість дорівнює НВ; 5 – вологість від ППВ до ПВ; 6 – вологість дорівнює ПВ (водоносний горизонт); 7 – сніг; 8 – ґрунтовий потік; 9 – гравітаційне просочування (зліва) і капілярне висхідне пересування (праворуч); 10 – плівково-капілярне пересування; 11 – плівкове пересування; 12 – ґрунтовий стік; 13 – десукція; 14 – рідкі опади; 15 – полив; 16 – випаровування або транспірація; 17 – нижня межа ґрунтового профілю; 18 – найбільша глибина промочування; 19 – місячна сума опадів (зліва), місячна сума випаровуваності (праворуч) і середньомісячна температура повітря (лінія).

4. **Промивний режим** властивий ґрунтам лісових зон тайги, вологих субтропіків і тропічних лісів, помірних широколистяних

лісів, де річна сума опадів перевищує річну випаровуваність. Щорічно ґрунтова профіль промочується до рівня ґрунтових вод, що забезпечує винос продуктів ґрунтоутворення за межі ґрунтової товщі. Ґрунти мають надлишок води.

5. **Періодично промивний режим** ( $K_z=1$ ) характерний для ґрунтів, які формуються при річній сумі опадів, що приблизно дорівнює річній випаровуваності. Це характерно для зони Лісостепу з вилугованими, типовими чорноземами. Наскрізь вода проникає один раз в 10-15 років. Періодично (не щорічно) весь профіль насичується водою до вологи найменшої вологості. У нижній частині профілю періодично волога падає до вологи розриву капілярів, а у верхній – до ВВ.

6. **Промивний сезонно-посушливий режим** характерний для територій з двома контрастними сезонами: дощового з вологістю ґрунту від ПВ до НВ і посушливого від ВРК до ВВ (тропічні вологі савани).

7. **Непромивний режим** ( $K_z < 1$ ) властивий зонам, де середня річна норма опадів менша від середньорічної випаровуваності (степ, посушлива савана). Ґрунтова товща промочується на глибину 0,5-2 м, нижче знаходиться шар із постійно низькою вологою. У верхній частині профілю відповідно з режимом опадів волога коливається в межах від ПВ до ВВ, у нижній – від вологи розриву капілярів (ВРК) до ВВ протягом року (рис.).

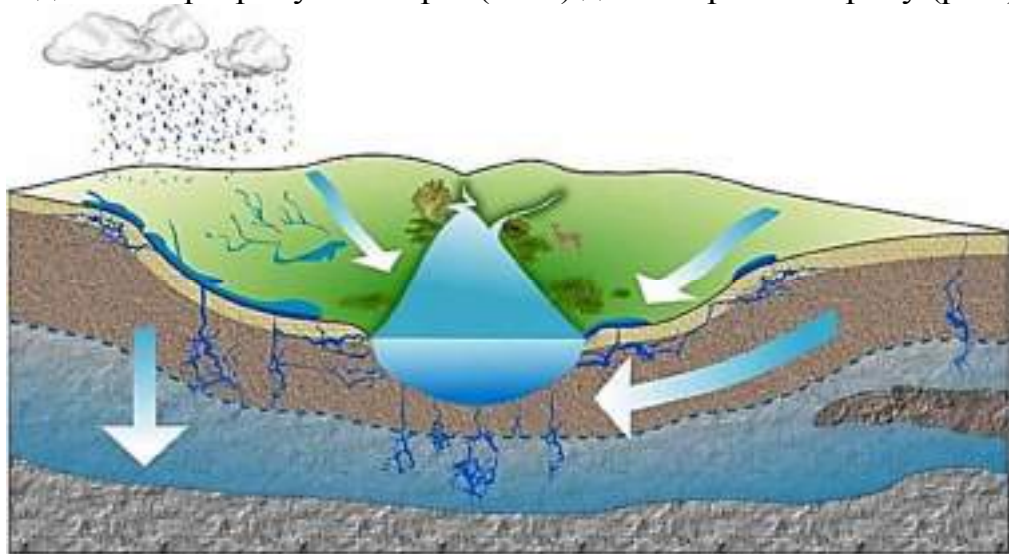


Рис. 9.27. Непромивний тип водного режиму ґрунтів.

8. **Аридний (посушливий)** – весь профіль ґрунту сухий протягом всього року. Волога близька до ВВ або навіть нижча. Формуються напівпустельні ґрунти.

9. **Випітний режим**, як і непромивний або посушливий, має місце в ґрунтах аридного клімату, але в яких ґрунтові води близькі до поверхні. В них капілярна кайма періодично піднімається до поверхні, ґрунтові води випаровуються фізично і в разі наявності солей, розчинних у воді, поверхневі горизонти збагачуються ними. Формуються лугові солончаки і солончакові ґрунти.

10. *Десуктивно-випітний режим*. Капілярна кайма ґрунтових вод не виходить на поверхню, і випаровується вода не фізично, а через рослини. Солі, розчинні в ґрунтових водах, відкладаються на деякій глибині профілю. Цей водний режим має місце при формуванні лучних ґрунтів, лучно-чорноземних, лучно-каштанових. Режим зволоження складається з двох періодів – весною і після сильних опадів. Профіль ґрунту промочується до ґрунтових вод, у посушливий – вода піднімається вгору.

11. *Затоплюваний режим* характерний для ґрунтів, які періодично затоплюються водами річок, схилів, дощовими або іншими водами (заплави річок).

12. *Амфібіальний режим* – у постійно затоплюваних маршах і плавнях дельт річок, у морських і озерних мілководдях, або в періодично затоплюваних приливними водами манграх.

13. *Тригаційний* характерний для штучно зрошуваних ґрунтів.

14. *Осушувальний* характерний для осушених болотних і заболочених ґрунтів.

***Коефіцієнт зволоження (КЗ) та статті водного балансу за окремих типів водного режиму ґрунтів:***

Промивний  $KЗ > 1$  (2-1,3)

$O > D + V + ПС + ВГС$

Періодично промивний  $KЗ = 1$  (1,2-0,8)

$O = D + V + ПС + ВГС$

Непромивний  $KЗ < 1$  (0,8-0,3)

$O < D + V$

Аридний  $KЗ \ll 1$  (0,3-0,1)

Випітний  $Kз < 1$

Застійний  $Kз \gg 1$

$O > D + V + ВПС$

Мерзлотний  $KЗ > 1$

Основними джерелами зволоження ґрунтів є опади та ґрунтові води. На формування ґрунтового профілю впливає не тільки кількість атмосферних опадів, але і їхня інтенсивність та сезонний розподіл. Вони живлять ґрунтові розчини, розчиняючи мінеральні та органічні сполуки. Формуючи поверхневий і підземний стік, опади переносять рухомі форми сполук та механічні частки, як на поверхні ґрунту, так і по профілю. Це впливає на диференціацію ґрунтового профілю і формування генетичних горизонтів – гумусового, елювіального, ілювіального та інших.

Інтенсивність атмосферних опадів при формуванні поверхневого стоку спричиняє водну ерозію ґрунтів. Під впливом атмосферних опадів відбуваються процеси гідролізу первинних мінералів і формування вторинних глинистих мінералів. Волога атмосферних опадів утримується в порах і капілярах ґрунту і використовується рослинами для синтезу органічної речовини, яка в майбутньому витрачається на поповнення запасу гумусних речовин і є джерелом енергії і поживних речовин для тварин і мікроорганізмів. Таким чином, атмосферні опади прямо і опосередковано впливають на процеси гуміфікації.

Слід відмітити вплив атмосферних опадів на формування термічного режиму ґрунтів. Відсутність потужного снігового покриву в районах з

суворими зимами спричиняє глибоке промерзання і розтріскування ґрунтової товщі, утворення багаторічної мерзлоти і, навпаки, потужний сніговий покрив утеплює ґрунт.

Ступінь зволоження ґрунтів має значення при формуванні їх хімічного складу. В посушливих регіонах формуються ґрунти з високим вмістом карбонатів і водорозчинних солей, з низьким вмістом гумусу, з малою вбирною здатністю. В перезволожених регіонах посилюються процеси промивання ґрунту, що, відповідно, підвищує вміст гумусу, глинистих мінералів та рівень вбирної здатності ґрунту. В умовах надмірного зволоження значно зростає кислотність ґрунту, і, відповідно, знижується вміст гумусу і ємність вбирання.

Виділяють кліматичні області за зволоженням, які відрізняються одна від іншої забезпеченістю водою, а також і особливостями проходження процесів ґрунтоутворення (табл. 9.5).

Таблиця 9.5

Кліматичні області (за М.І. Будико)

кліматичні області	коефіцієнт зволоження	середньорічна кількість опадів, мм
Дуже вологі (супергумідні)	>3	3000-5000
Вологі (гумідні)	3 – 1,0	1000-2000
Напіввологі (семигумідні)	1,0 – 0,5	500-800
Напівсухі (семиаридні)	0,5 – 0,3	200-400
Сухі (аридні)	0,3 – 0,1	50-150
Дуже сухі (супераридні)	<0,1	10-20

Кліматичні області розрізняють за коефіцієнт зволоження території –  $K_z$ , який визначається співвідношенням річної кількості опадів (в мм) до річної кількості випаровуваності (в мм).

Вперше, коефіцієнт зволоження території, як спосіб характеристики клімату, зокрема, як фактора водного режиму ґрунтів, ввів Г.М.Висоцький, пізніше його концепція була розвинена М.М. Івановим, Д.І. Шашко, О.М. Костяковим та ін. Атмосферне зволоження безпосередньо впливає на водний режим ґрунтів, окисно-відновлювальний потенціал, ступінь вилугованості ґрунтів тощо. Надходження опадів і, відповідно, режими зволоження змінюються від полюсів до екватора. Наприклад, коефіцієнт зволоження, в межах України, складає для: полісся – 1,38, лісостепової зони – 1,00, степової чорноземної зони – 0,67, сухих степів – 0,33. Надходження атмосферних опадів і, відповідно, режими зволоження території формують водний режим ґрунтів. Фундаментальний базис досліджень щодо водного режиму ґрунтів, виділення типів ґрунтів за умовами термічного режиму та зволоження закладено Г.М. Висоцьким, О.А. Роде та ін. Водний режим ґрунту тісно пов'язаний з тепловим режимом ґрунтів оскільки термічні умови відіграють вирішальну роль у процесах випаровування.

**Регулювання водного режиму.** Ґрунтується на врахуванні ґрунтового кліматичних умов території і біологічних особливостей вирощуваних культур. Необхідно намагатися створювати в ґрунті коефіцієнт зволоження близький до одиниці. Найбільш ефективний весь комплекс заходів з підвищення родючості ґрунту і збільшення урожайності сільськогосподарських культур, включаючи поряд з агромеліоративними агрохімічні, фітомеліоративні та інші заходи. За рахунок цих заходів відбувається поєднання заходів направлених на усунення неблагоприємних умов водозабезпечення рослин. Дані заходи проводять з урахуванням кліматичних та ґрунтових умов, а також потреб у воді вирощуваних культур.

Ґрунти болотного типу, з близьким заляганням ґрунтових вод потребують проведення осушення. Це можна зробити з застосуванням дренажних систем. Для територій з надмірним зволоженням потрібно проводити планування поверхні (мікро і мезопонижень) для уникнення застою води весною або після літніх зливових дощів. Можна також застосовувати високі гребні, що сприяє збільшенню фізичного випаровування, а по бороздах між гребнями відбувається поверхневий стік води за межі поля.

В зоні нестійкого зволоження, навпаки, всі заходи регулювання водного режиму направлені на максимальне накопичення в ґрунті вологи та раціональне її використання. До таких заходів відносяться: затримка на полях снігу та талих вод, використання кулісних культур, залишати стерню після збирання врожаю, проведення зяблевої оранки впоперек схилу, щілювання або лункування зябу. Велике значення у накопиченні вологи відіграють лісові смуги.

На ґрунтах сільськогосподарського призначення для максимального збереження і накопичення вологи у весняний період потрібно проводити рихлення ґрунту («закриття» вологи боронуванням), що дозволяє уникнути втрат її при випаровуванні. Після посівне прикатування ґрунту спричиняє капілярне підтягування вологи з нижніх горизонтів та сприяє конденсації водяної пари повітря. Це призводить до кращого проростання насіння і забезпечує рослини вологою ранньою весною.

В посушливих регіонах потрібно застосовувати зрошення. Рекомендовано також включати у сівозміни чисті та чорні пари.

Створення значних запасів вологи в ґрунті навесні повинно розпочинатися з осені за допомогою зяблевої обробки впоперек схилу (де реально існує небезпека втрати води з поверхневим стоком), снігозатримання (там, де формується стійкий сніговий покрив), формування куліс (одночасно гальмують швидкість вітру і перешкоджають розвитку ерозії та дефляції) і лісосмуг (перешкоджають здуванню снігу з ланів). Весняне збереження вологи в ґрунті передбачає створення обробітком мульчуючого шару ґрунтів з дрібних агрегатів, що перешкоджає фізичному



випаровуванню – це боронування та міжрядні розпушування. Поля необхідно очищати від бур'янів, які непродуктивно витрачають надто багато вологи, а до сівозмін слід включати одне-два поля чорного пару.

Регулювання рівня підґрунтових вод у ґрунтах з явними ознаками оглеєння або засолення рекомендується здійснювати за рахунок зниження їх рівня різними методами відкритого чи закритого дренажу. Особливої уваги заслуговують підґрунтові води при зрошенні. Систематичний контроль за ними тут є обов'язковим, оскільки в процесі зрошення підґрунтові води мають тенденцію до підняття. Відповідно зростає небезпека вторинного засолення, передусім у ландшафтах Лісостепу і особливо Степу, де підґрунтові води, як правило, є засоленими.

Для створення оптимальних умов вирощування рослин потрібно щоб коефіцієнт зволоження був біля одиниці. Оскільки в ґрунтах доступна рослинам волога рухається по капілярам, то на створення оптимальних умов впливають гранулометричний склад ґрунту, структура та щільність зложення.

## 9.2. Основні водні властивості ґрунту

Загальна кількість води в ґрунті на даний момент, виражена в % по відношенню до абсолютно сухої наважки, називається його **вологістю**.

**Вологість ґрунту** – динамічна величина, що залежить від кількості опадів і температури; гранскладу й гумусованості ґрунту. Головним джерелом вологи в ґрунті є опади.

Присутність і пересування вологи в ґрунті, її доступність рослинам зумовлена дією сорбційних, осмотичних, меніскових і гравітаційних сил а також температурою.

**Термодинамічний потенціал** ґрунтової вологи являє собою суму чотирьох потенціалів: осмотичного, гравітаційного, капілярно-сорбційного і пневматичного, або потенціалу зовнішнього газового тиску.

Наприклад, ґрунт, який не містить солей і повністю насичений водою, має потенціал ґрунтової вологи рівний нулю. Максимальне значення потенціалу дорівнює 7 і характерне сухому ґрунту.

Межі значень вологості, які характеризують граничні прояви різних форм ґрунтової вологи, називаються ґрунтово-гідрологічними константами (ГГС). В агрономії величинами ґрунтово-гідрологічних сталих описуються межі доступності вологи для рослин. Виділяють шість основних ґрунтово-гідрологічних констант, які виражаються у відсотках від маси або об'єму ґрунту (рис. 9.28-9.30).



Рис. 9.28. Гідрологічні константи ґрунту.

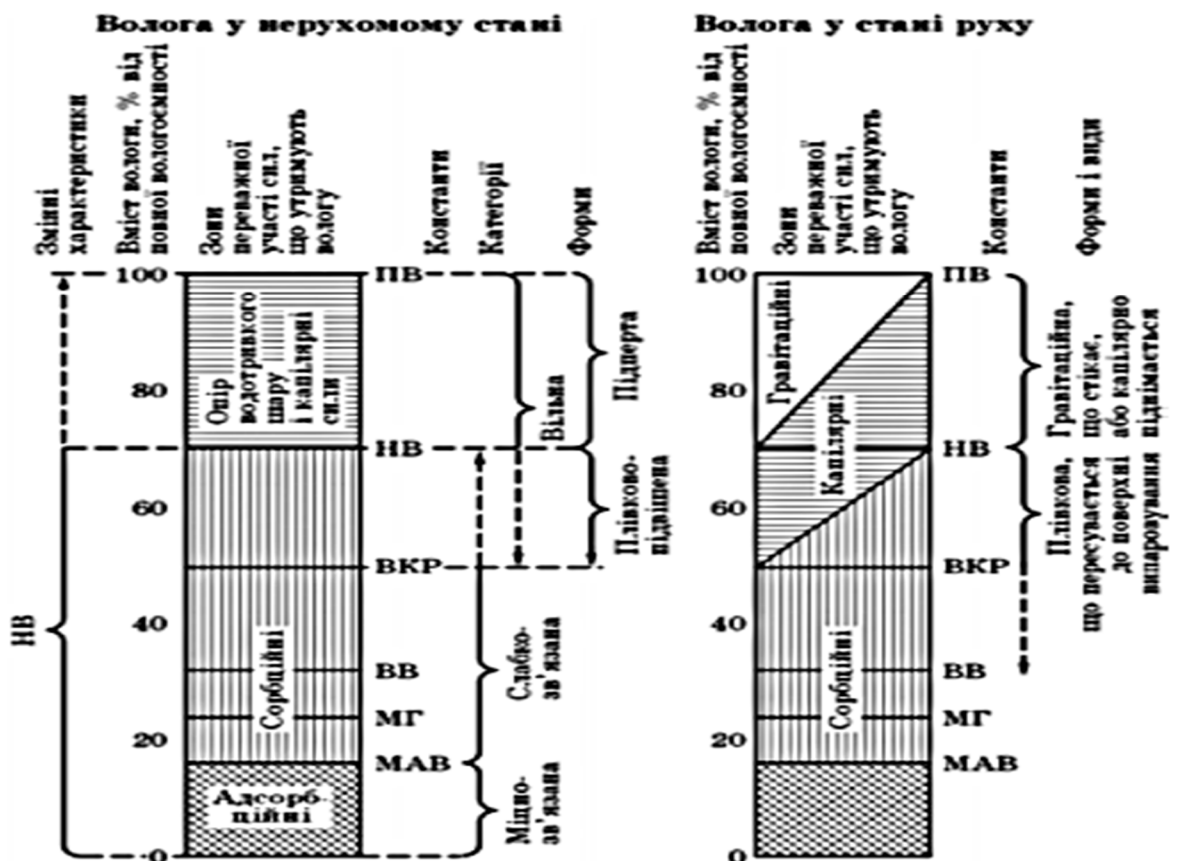


Рис. 9.29. Категорії ґрунтової води і ґрунтово-гідрологічні константи (по А.А. Роде, 1965).

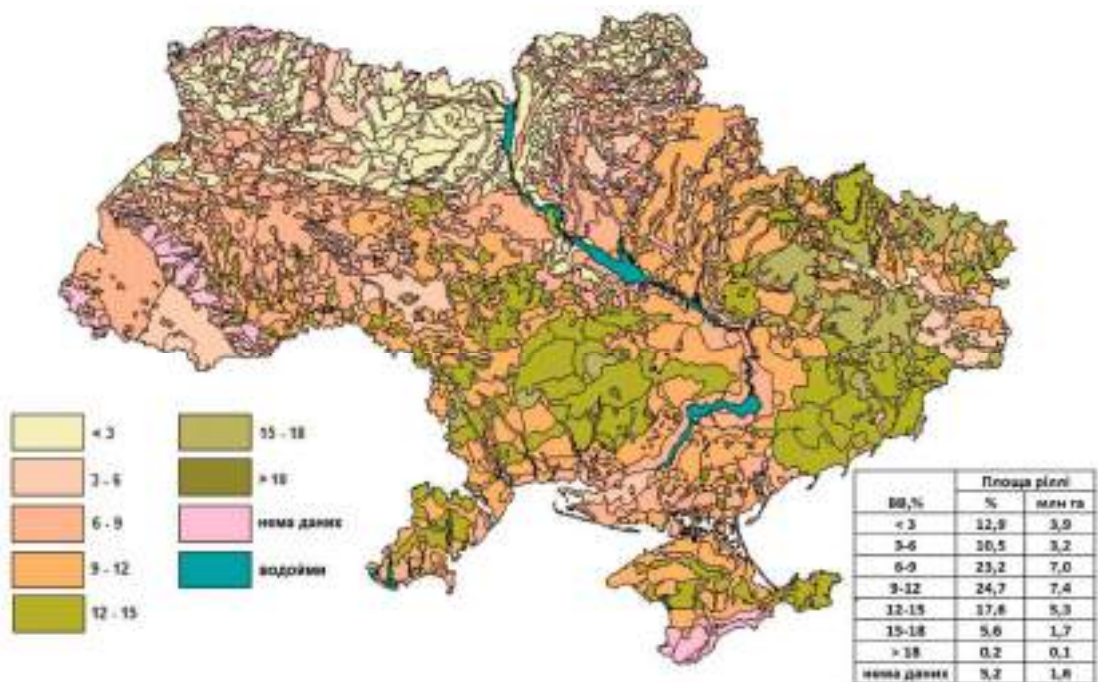


Рис. 9.29. Картохсхема вологості стійкого в'янення ґрунтів України (за В.В. Медведєвим).

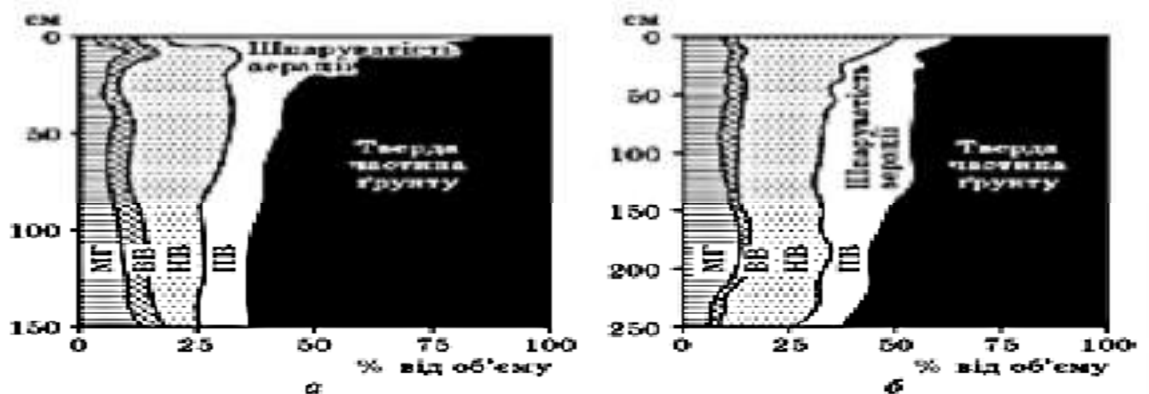
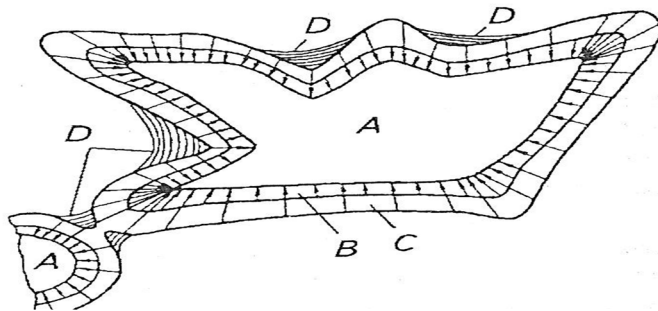


Рис. 9.30. Ґрунтово-гідрологічні константи дерново-підзолистого ґрунту (а) і чорнозему типового (б) (за Д.Г. Тихоненком).

**Максимальна адсорбційна (МAB) вологоємність** – це найбільша кількість міцно зв'язаної води, яка може бути утримана сорбційними силами на поверхні ґрунтових часток, значення наближається до МГ, не доступна рослинам (рис. 9.31-9.32).



капілярна вода.

Рис. 9.31. Сорбція води ґрунтом (по Н.А. Качинському): А – ґрунтова частинка; В – шари міцно зв'язаної чітко орієнтованої води; С – шари рихло зв'язаної, слабо орієнтованої води; D –

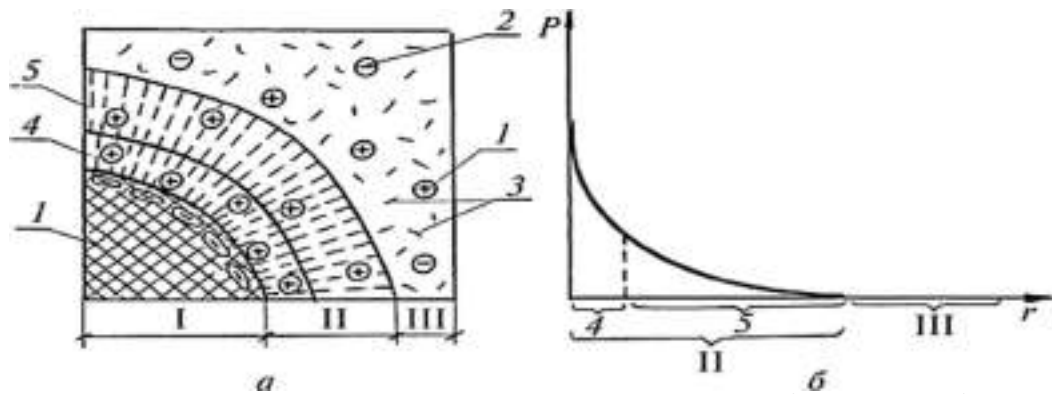


Рис. 9.32. Схема електромолекулярної взаємодії поверхні негативно зарядженої частинки з водою (а) і графік сил їх взаємодії (б): I – тверда частинка; II – зв'язана вода; III – вільна вода; 7 – катіон; 2 – аніон; 3 – молекула води; 4 – міцнозв'язана вода; 5 – рихлозв'язана вода.

**Максимальна гігроскопічність (МГ)** – це найбільша кількість води, яку може ґрунт сорбувати з повітря насиченого водяною парою (при відносній вологості повітря 94-98%), не доступна рослинам.

Розраховується за значенням вологості в'янення

$$МГ = ВВ:1.5$$

**Вологість стійкого в'янення (ВВ)** (рис. 9.29) – це вологість, при якій рослини починають проявляти ознаки в'янення, нижня межа доступної для рослин вологи. Вологість в'янення глинистих ґрунтів становить 20-30%, піщаних – 1-3%, торфових – 60-80%;

**Вологість розриву капілярного зв'язку (ВРК)** – це вологість ґрунту, яка знаходиться в інтервалі між найменшою вологоємністю і вологістю стійкого в'янення, при якій рухомість підвищеної вологи зменшується в процесі висушування;

**Найменша вологоємність (НВ)** – це максимальна кількість капілярно-підвищеної вологи, яку утримує ґрунт в даний момент при глибокому заляганні ґрунтових вод (рис. 9.33). В суглинкових та глинистих ґрунтах вона становить 30-35%, а в піщаних – 10-15%. Значення НВ використовують для розрахунку норми поливу. Різницю між найменшою вологоємністю і фактичною вологістю ґрунту називають дефіцитом вологи.

**Повна вологоємність (ПВ)** – це найвища кількість вологи, яку може поглинати і утримувати ґрунт при заповненні водою всіх пор. У випадку повної вологоємності в ґрунті міститься максимальна кількість всіх форм води. Її величина залежить від механічного складу, структури і пористості ґрунту. Повна вологоємність більшості ґрунтів становить 40-50%. Цю величину також використовують для розрахунків норм поливу.

Розрахунок норми поливу проводиться за наступною формулою:

$$Нп = d \times h \times (НВ - W); \text{ де}$$

Нп – норма поливу, т/га; d – щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup>; h – глибина шару, НВ – найменша вологоємність ґрунту, %; W – вологість ґрунту перед поливом, %.

Показники основних водно-фізичних властивостей орного шару різних ґрунтів по відмінам їх гранулометричного складу представлено в таблиці .

Описані вище властивості відносяться до водних властивостей ґрунту та визначаються вмістом та поведінкою вологи, що знаходиться у ґрунті

(табл. 9.6). Серед них виділяють: вологоємність, водопроникність, водотривкість, водопідйомну здатність, потенціал ґрунтової води, доступність ґрунтової води для рослин.

**Водотривкість** – це здатність ґрунту утримувати воду. Обумовлена дією сорбційних та капілярних сил. Кількісною характеристикою водоутримуючої здатності є вологоємність.

**Вологоємність** – здатність ґрунту поглинати і утримувати певну кількість води. Виділяють такі види вологоємності в залежності від сил, що утримують вологу в ґрунтах: максимальну адсорбційну, максимальна гігроскопічна, максимальна молекулярна (плівчаста), капілярна, найменша і повна (рис. 9.33).

**Водопроникність** – це здатність ґрунтів всмоктувати й пропускати через себе воду, яка поступає з поверхні. Водопроникність важлива властивість ґрунтів, що впливає на особливості формування стоку, водний режим ґрунту (рис. 9.34).

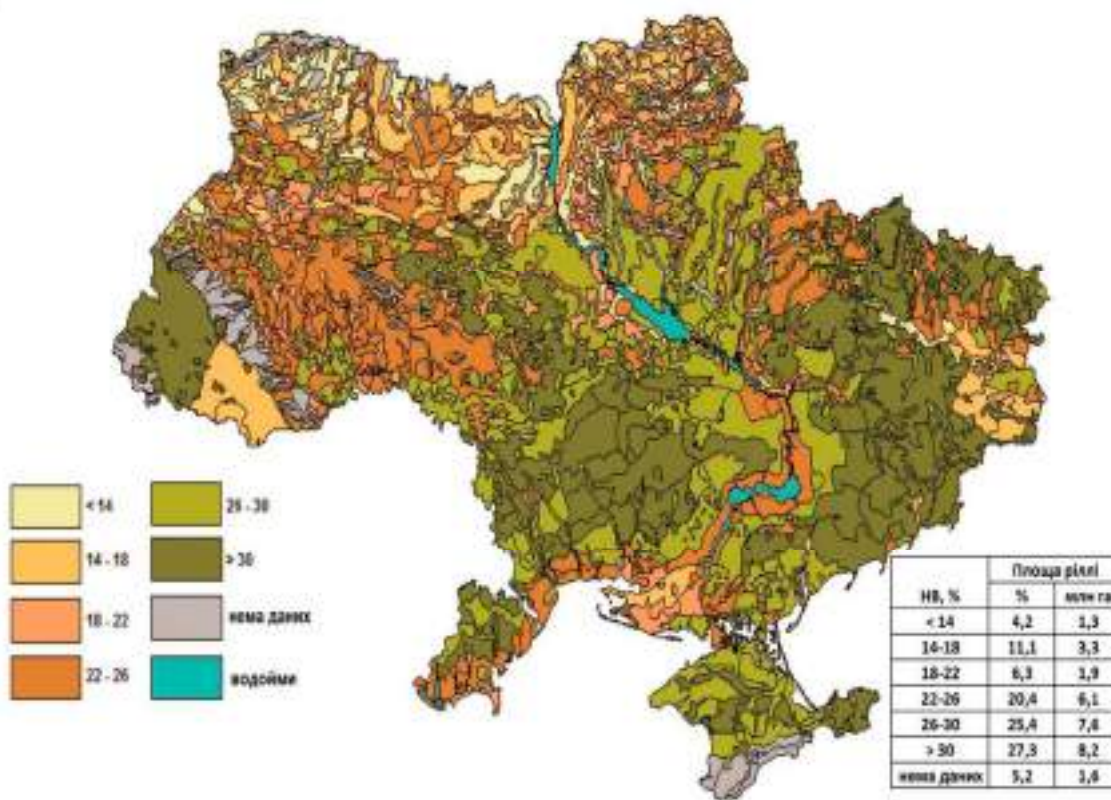


Рис. 9.33. Картохема найменшої вологоємності ґрунтів України (за В.В. Медведєвим).

Вона залежить від гранулометричного складу ґрунтів і їх хімічних властивостей, структури, щільності, вологості та тривалості періоду зволоження. Знижує її наявність насичених натрієм або магнієм колоїдів. При зволоженні таких ґрунтів вони швидко набрякають і стають практично водонепроникними. Ґрунти структурні, пухкі, характеризуються високим коефіцієнтом поглинання і фільтрації. Водопроникність залежить від: гранулометричного складу і хімічних властивостей, структурного стану, щільності, вологості й тривалості зволоженості ґрунту. Вимірюється об'ємом

води, який переходить через одиницю площі поперечного перерізу за одиницю часу (*коефіцієнтом фільтрації*).

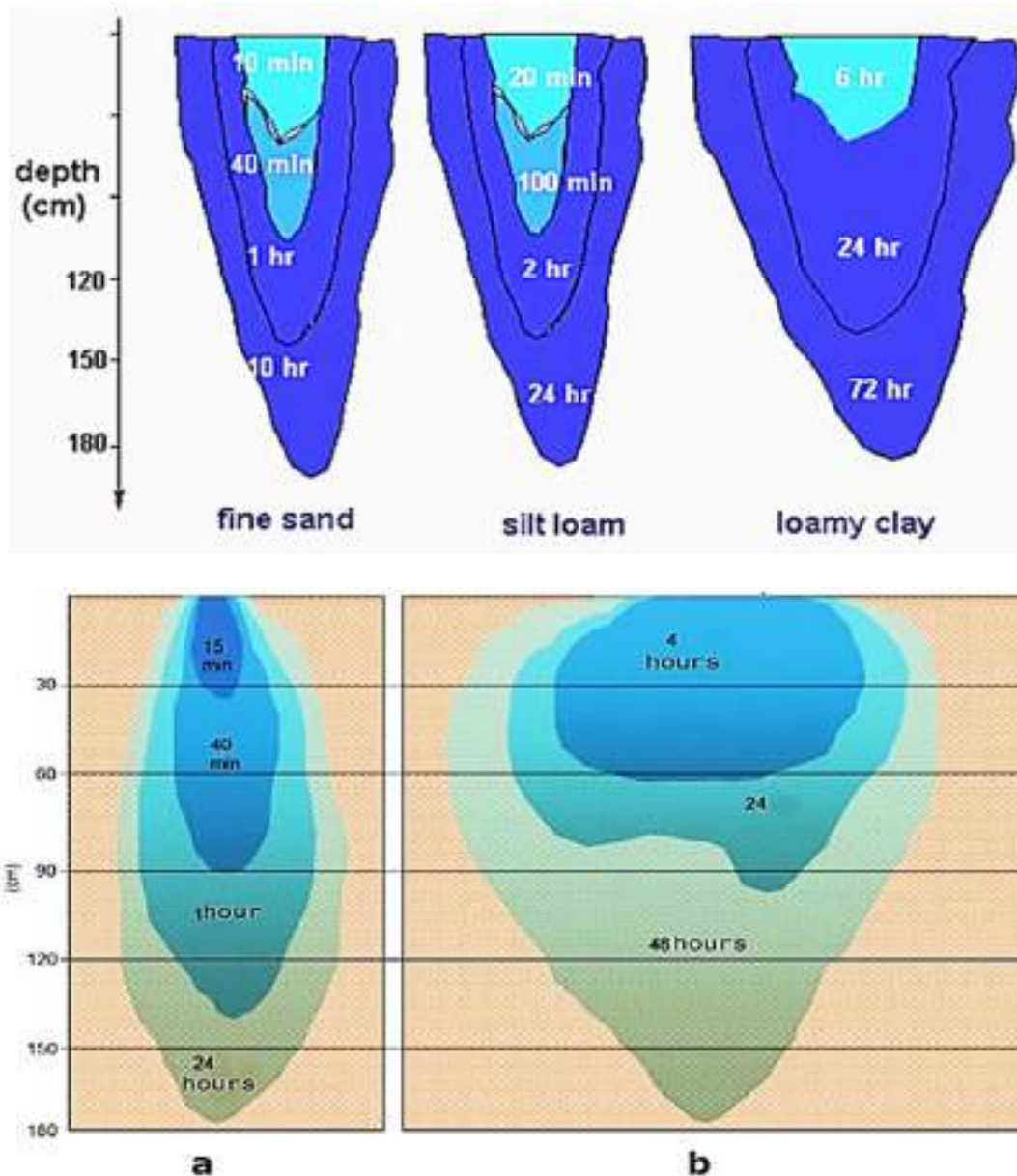


Рис. 9.34. Схема водопроникності ґрунтового профілю залежно від механічного складу ґрунту. Верхня позиція – (зліва направо: піщаний, легкосуглинковий, глинистий (мовою оригіналу hr – години). Нижня позиція: а – піщаний, б – глинистий ґрунти.

Величина ця дуже динамічна й змінюється як за профілем ґрунтів, так і просторово. Оцінка водопроникності ґрунтів важкого гранулометричного складу (Качинський, 1970): *провальна* – водопроникність (у см) за 1 годину при тиску 5 кПа і температурі води 10°C більше 1000; *надлишково висока* – 1000-500; *найкраща* – 500-100; *добра* – 100-70; *задовільна* – 70-30; *незадовільна* < 30.

Це одна з важливих ґрунтово-гідрологічних характеристик, що впливає на особливості формування стоку, водний режим ґрунту. Процес руху води

при цьому має два етапи: всмоктування (інфільтрація) та просочування (фільтрація).

Таблиця 9.6

Водно – фізичні властивості орного шару (0-30) різних ґрунтів

Гранулометричний склад	Вологоємність, %		Ґрунтово-гідрологічні константи, %	
	повна	найменша	МГ	ВВ
<i>Дерново-підзолисті</i>				
Ґлинисто-піщані	26,1	14,3	1,0	1,7
Супіщані	29,0	13,9	1,5	2,0
Легкосуглинкові	34,7	19,2	3,3	4,1
<i>Ясно – сірі лісові</i>				
Супіщані	26,5	16,0	2,0	3,0
Легкосуглинкові	29,7	19,7	3,5	5,2
<i>Сірі лісові</i>				
Супіщані	36,0	17,0	2,5	4,0
Легкосуглинкові	34,5	24,5	3,5	6,0
Середньосуглинкові	38,5	25,5	7,5	9,3
<i>Темно-сірі опідзолені</i>				
Супіщані	40,5	20,0	3,7	5,2
Легкосуглинкові	43,0	23,5	5,0	7,5
Середньосуглинкові	38,5	25,5	7,5	9,3
<i>Чорноземи опідзолені</i>				
Легкосуглинкові	37,5	24,5	5,0	6,5
Середньосуглинкові	43,5	31,5	8,5	11,5
Важкосуглинкові	42,5	32,0	10,0	13,5
<i>Чорноземи типові</i>				
Легкосуглинкові	42,0	26,5	6,3	9,3
Середньосуглинкові	47,0	29,5	8,3	12,0
Важкосуглинкові	41,5	30,0	9,5	13,7
Ґлинисті	48,2	39,2	13,5	17,0

**Інфільтрація** – заповнення водою вільних пор ґрунту під впливом сорбційних, меніскових, гравітаційних сил і градієнта напору. **Фільтрація** – безперервний рух води в насиченому ґрунті під впливом градієнта. Межею між всмоктуванням і фільтрацією вважають установлення постійної швидкості фільтрації.

У результаті фільтрації відбувається вбирання і профільне поглинання розчинених у фільтруючій рідині речовин. Цей розподіл залежить від фізичних, гранулометричних та механічних властивостей ґрунту (рис. 9.35).

Водопроникність грає як позитивну, так і негативну роль. *Приклади:* При низьких її значеннях можуть спостерігатися такі негативні явища, як вимокання культур, застій води на поверхні ґрунту, заболочення, стік води по поверхні схилу і розвиток ерозії. При дуже високій водопроникності не створюється достатній запас води в кореневмісному шарі ґрунту, а при зрошенні спостерігаються великі втрати води, що призводить до екологічних

проблем. Для підвищення водопроникності використовується глибоке розпушування, щілювання, піскування, збагачення органічною речовиною, штучне структуроутворення.

**Водопідіймальна здатність** – це здатність ґрунту викликати висхідний капілярний підйом води по порах та порожнинах ґрунтової товщі. Висота і швидкість капілярного підняття води залежить від механічного та агрегатного складу ґрунту та зложення. Чим важчі ґрунти і менш структурні, тим більша потенційна висота підняття води по капілярах, а швидкість підйому зменшується (табл. 9.7 а,б).

Таблиця 9.7.а

Залежність водопіднімальної здатності ґрунту від його гранулометричного складу

Гранулометричний склад	Водопідйомна здатність, м
Великий пісок	0,5
Середній пісок	0,5-0,8
Супісок	1,0-1,5
Пилуватий супісок	1,5-2,0
Суглинок середній	2,5-3,0
Суглинок важкий	3,0-3,5
Глина важка	4,0-6,0
Леси	4,0-5,0

Таблиця 9.7 б

Висота підняття підґрунтових вод у ґрунтах різного гранулометричного складу

Гранулометричний склад ґрунту і підґрунтя	Висота підняття, см
Рихлопіщаний	35-45
Зв'язнопіщаний	40-50
Супіщаний	50-70
Легкосуглинковий	90-150
Середньосуглинковий	150-220
Важкосуглинковий	220-300
Глинистий	250-350
Зв'язнопіщаний із прошарками	30-40
Супіщаний із прошарками суглинку	40-50
Торфовий:	
слаборозкладений	40-60
середньорозкладений	50-70
добре розкладений	65-85
перегнійний	80-100
Піщано-суглинковий із косими прошарками	200-250

На підняття води капілярами впливає ступінь мінералізації ґрунтових вод. Засолені ґрунти мають більш високі показники швидкостей капілярного підйому вологи. Під час перезволоження, внаслідок капілярного підтягування



вологи в ґрунтах, формуються відновлювальні процеси, які призводять до повного, або часткового оглеєння ґрунтових горизонтів.

Доступність ґрунтової води для рослин є винятково важливою характеристикою, яка визначає значною мірою родючість ґрунтів. Рослини в процесі життя поглинають дуже велику кількість води. Вони витрачають її на транспірацію та утворення біомаси.

За доступністю для рослин ґрунтова вода може бути поділена на форми (рис. 9.37-9.38, табл. 9.8):

1. **Недоступна для рослин** – це вся міцно зв'язана вода, так званий її мертвий запас. Відповідає приблизно МАВ.

2. **Дуже важкодоступна для рослин** – в основному рихлозв'язана (плівчаста) вода. Важка доступність зумовлена її низькою рухомістю. Вода не встигає підткати до точок її споживання, тобто до корневих волосків. Вміст води в ґрунті, який відповідає ВВ, є нижньою границею доступної вологи.

3. **Важкодоступна вода** лежить у межах між вологістю в'янення й вологістю розриву капілярного зв'язку.

4. **Середньодоступна вода** відповідає діапазону від ВРК до НВ. Ця вода рухома й рослини можуть поглинати її. Різниця між найменшою вологоємністю та вологістю в'янення – це **діапазон фізіологічно активної води в ґрунті**.

5. **Легкодоступна**, яка переходить у надлишкову воду, відповідає діапазону вологості від найменшої до повної вологоємності.

Витрати води з ґрунту рослинами характеризується коефіцієнтом транспірації (ТК) – кількістю води, яка необхідна для утворення одиниці сухої маси рослини. Для більшості культурних рослин ТК коливається в межах 400-600, досягаючи деколи 1000, тобто для утворення 1 т сухої органічної речовини біомаси витрачається 400-600 т і більше води з ґрунту.

**Дефіцит вологи у ґрунті** – це величина, що дорівнює різниці між НВ та фактичною вологістю ґрунту.

Оптимальною вважається вологість ґрунту, що складає 70–100 % НВ

**ПВ** – найбільша кількість вологи, яку може вмістити ґрунт при повному заповненні всіх пор, за винятком затиснутих, тому ПВ приблизно дорівнює пористості ґрунту (в об'ємних процентах).

До ґрунтово-гідрологічних констант відносяться також:

□ **максимальна гігроскопічність (МГ)** (описана вище);

□ **вологість в'янення (ВВ)** – це вологість, при якій рослини проявляють ознаки стійкого в'янення. **ВВ ~ 1.5 МГ**, це нижня межа доступної для рослин вологи. **ВВ приблизно дорівнює ММВ**, але залежить не тільки від властивостей ґрунту, а й від типу рослин;

□ **вологість розриву капілярного зв'язку (ВРК)** – це кількість води, при якій розривається суцільний потік капілярної води в ґрунті, ~ 65–70% від НВ, відповідає нижній межі оптимальної зволоженості ґрунту.

Форма води	Доступність води рослинам	Спосіб переміщення
<i>Продуктивна волога:</i> від повної до найменшої вологості (ПВ-НВ)		
Гравітаційна та капілярно-гравітаційна	Легкодоступна, вміст надлишкова, зумовлює вистачу повітря, малопродуктивна	Переміщається в глибину ґрунту в рідкому стані під дією сили тяжіння
<i>Продуктивна волога:</i> від найменшої вологості до вологості розриву капілярів (НВ-ВРК)		
Капілярна	Легкодоступна	Переміщається по капілярах і плівках
<i>Продуктивна волога:</i> від вологості розриву капілярів до вологості в'янення (ВРК-ВВ)		
Плівкова	Важкодоступна	Переміщається по плівках навколо ґрунтових частинок
<i>Непродуктивна волога:</i> від вологості в'янення до максимальної адсорбційної вологості (ВВ-МАВ)		
Плівково-гігроскопічна	Недоступна	Переміщається у вигляді пару
<i>Непродуктивна волога:</i> від максимальної адсорбційної вологості до хімічно-зв'язаної води (сухий ґрунт)		
Гігроскопічна і хімічно-зв'язана	Недоступна	Переміщається у вигляді пару і нерухома



Рис. 9.35. Доступність води ґрунту рослинам.

## Форми воді в ґрунті, її властивості і доступність для рослин

Категорії вологи	Сили утримання	Властивості	Доступність води для рослин
Гравітаційна	Гравітаційні (стікає під дією сили тяжіння)	Висока розчинна здатність, рухомість	легкодоступна, надлишкова
Капілярна	капілярні	Рідка, рухома, служить розчинником, переміщує солі і колоїди, замерзає в діапазоні від 0 до -4 °С	доступна и средньодоступна
Рихлозв'язна	сорбційні $3 - 50 \cdot 10^5$ Па	$T_{\text{замерз}}$ - 4 до -10 °С, погано розчиняє електроліти, дуже повільно переміщується у ґрунті	Важкодоступна і недоступна
Міцнозв'язна	сорбційні $1 - 2 \cdot 10^9$ Па	Замерзає від -10 до -78 °С, не розчиняє солі, густина 1,5-1,8 г/см <sup>3</sup>	не доступна
Хімічнозв'язна	сила хімічних зв'язків	не являється розчинником, не переміщується в ґрунті	не доступна

**Діапазон активної вологи (ДАВ)** (рис. 9.38-9.40) визначається в т/га для певного шару ґрунту за формулою:  $ДАВ = (НВ - ВВ) \times d \times h$ ; де ДАВ – діапазон активної вологи, т/га; НВ - найменша вологоємність, %; ВВ – вологість в'янення, %; d – щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup>; h – глибина шару ґрунту, см.

**У межах вказаних гідрологічних констант виділяють діапазони рухливості і доступності води для рослин:**

**Діапазон (ПВ-НВ)** – діапазон рухомої вологи. Вказує на кількість води, яка може стекти при наявності вільного стоку з даної ґрунтової товщі. У цьому діапазоні міститься гравітаційна вода. Вона легко доступна, але надлишкова, тому непродуктивна. Ґрунт здатний віддавати гравітаційну

воду шляхом стікання. Різниця між повною і найменшою вологоємністю характеризує *максимальну вологовіддачу*.

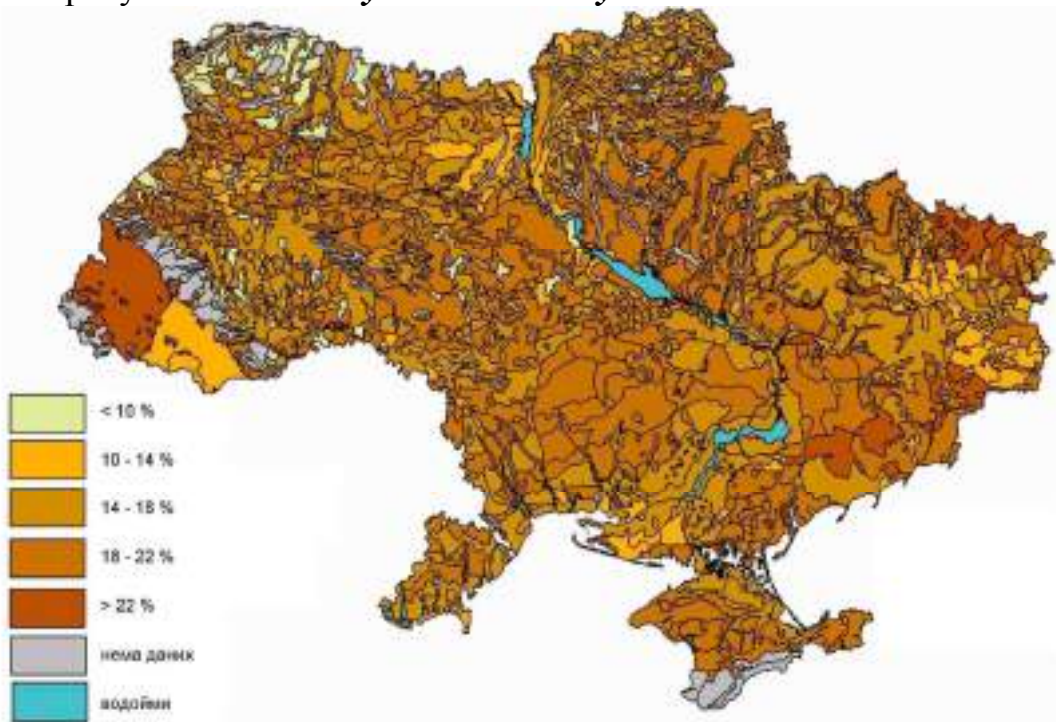


Рис. 9.38. Картохема діапазону активної вологи ґрунтів України (за В.В. Медведєвим).

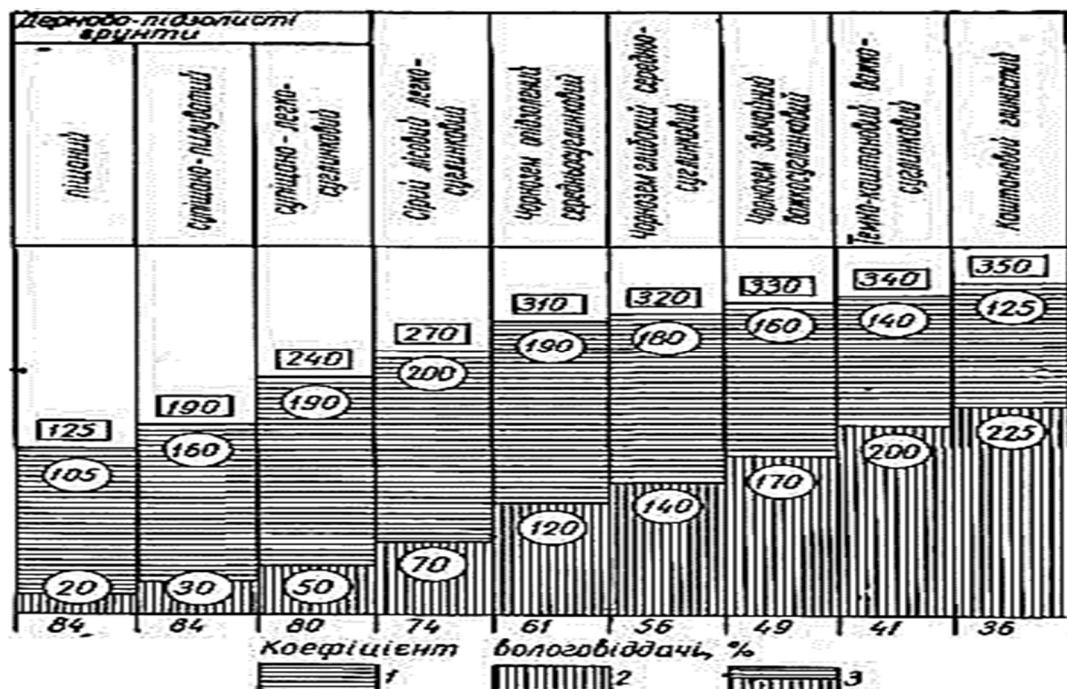


Рис. 9.39. Співвідношення максимально можливих запасів вологи в ґрунтах України в шарі глибиною 0-100 см, мм (1 – доступна вода, 2 – недоступна вода, 3 – найменша вода, що дорівнює сумі доступної і недоступної (за М.Г. Йовенком)).

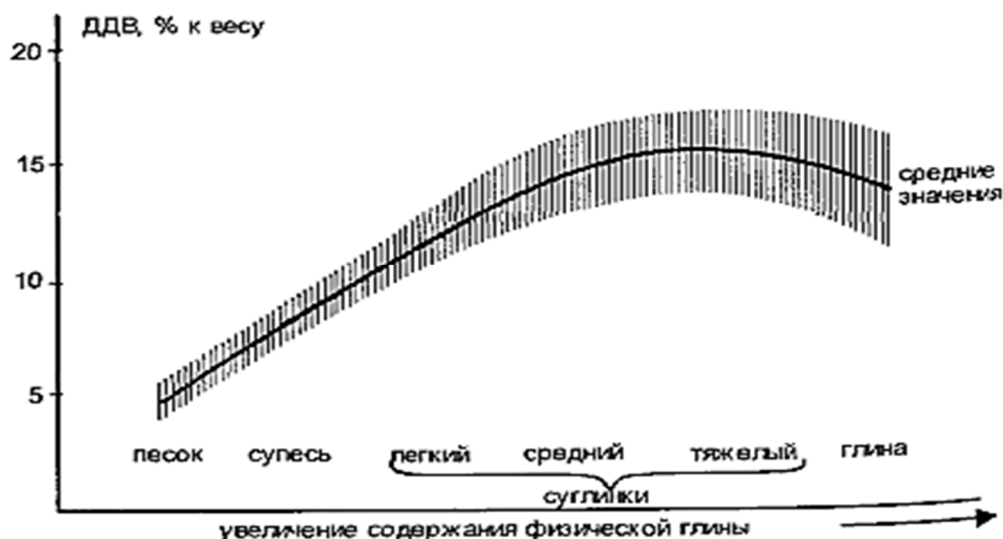


Рис. 9.40. Вміст доступної для рослин (ДАВ) вологи для різних класів ґрунтів по гранулометричному складу (мовою оригіналу).

**Діапазон (НВ-ВВ)** – діапазон продуктивної вологи. У піщаних ґрунтах він досягає 6-8%, в суглинистих – 12-17%. Максимум припадає на середньо-та важкосуглинисті ґрунти.

**Діапазон (НВ-ВРК)** – діапазон легкорухливої, легкодоступної для рослин вологи. Це найбільш ефективна частина доступної вологи. Вода надходить до коріння по капілярах, в основному в рідкому вигляді. Цей діапазон вологості слід підтримувати в кореневмісному шарі, щоб, з одного боку, уникнути непродуктивних втрат вологи на стікання її в нижні шари і в той же час сприяти найбільш ефективній роботі фотосинтетичного апарату рослин.

**Діапазон (ВРК-ВВ)** – діапазон низькопродуктивної вологи для рослин. Важкодоступна. Волога представлена нещільнозв'язаною водою. Пересувається у формі пару. Можливий плівковий механізм пересування води.

**Діапазон (ВВ-МГ)** – діапазон важкодоступної вологи. Рухливість води низька. Малорухлива в формі пару, нерухома.

**Мертвий запас води** – це недоступна для рослин міцно зв'язана вода. Недоступність пояснюється тим, що утримуюча сила поверхні ґрунтових частинок набагато більша, ніж всмоктувальна сила коренів. Мертвий запас води в ґрунтах відповідає приблизно максимальній адсорбційній вологоємності.

Таким чином, продуктивна (корисна) волога в ґрунті знаходиться в інтервалі вологості ВВ-НВ, а найбільш сприятлива, високопродуктивна волога – ВРК-НВ (ВТР-НВ). ВВ – нижня межа (поріг) продуктивної вологи в ґрунті, відповідає 0.8-0.6 НВ (ВВ = 1.5 МГ). НВ – верхня межа продуктивної вологи в ґрунті. ВРК – нижня межа продуктивної вологи в ґрунті.

Ще одним важливим показником, пов'язаним з кінетикою води у ґрунті

є **тиск ґрунтової вологи** – тиск, що виникає в ґрунтовій волозі за рахунок дії в ґрунті сил різної природи, що знижують енергію ґрунтової води в порівнянні з вільною чистою водою при атмосферному тиску на рівні моря, енергія якої прийнята за нуль (рис. 9.41). Вимірюється цей показник в традиційних одиницях тиску (мм.рт.ст., Па та інші). Цей показник, враховуючи його силову характеристику по відношенню до ґрунтової вологи визначає її потенціал у ґрунті, тобто роботу, яку необхідно прикласти, щоб добути одиницю об'єму (маси, ваги) води з ґрунту. Потенціал ґрунтової вологи калькулюється за формулою:

$$\Psi_t = \Psi_p + \Psi_g + \Psi_{osm}$$

де  $\Psi_t$  – повний потенціал ґрунтової вологи

$\Psi_p$  – потенціал тиску (син. тензіометричний потенціал)

$\Psi_g$  – гравітаційний потенціал;

$\Psi_{osm}$  – осмотический потенціал.

В свою чергу складові потенціалу тиску ( $\Psi_p$ ):

$$\Psi_p = \Psi_p^m + \Psi_p^a + \Psi_p^e$$

де:  $\Psi_p^m$  – капілярно-сорбційний потенціал ґрунту;

$\Psi_p^a$  – пневматичний потенціал;

$\Psi_p^e$  – потенціал тиску навколишньої ґрунтової товщі (потенціал навантаження).

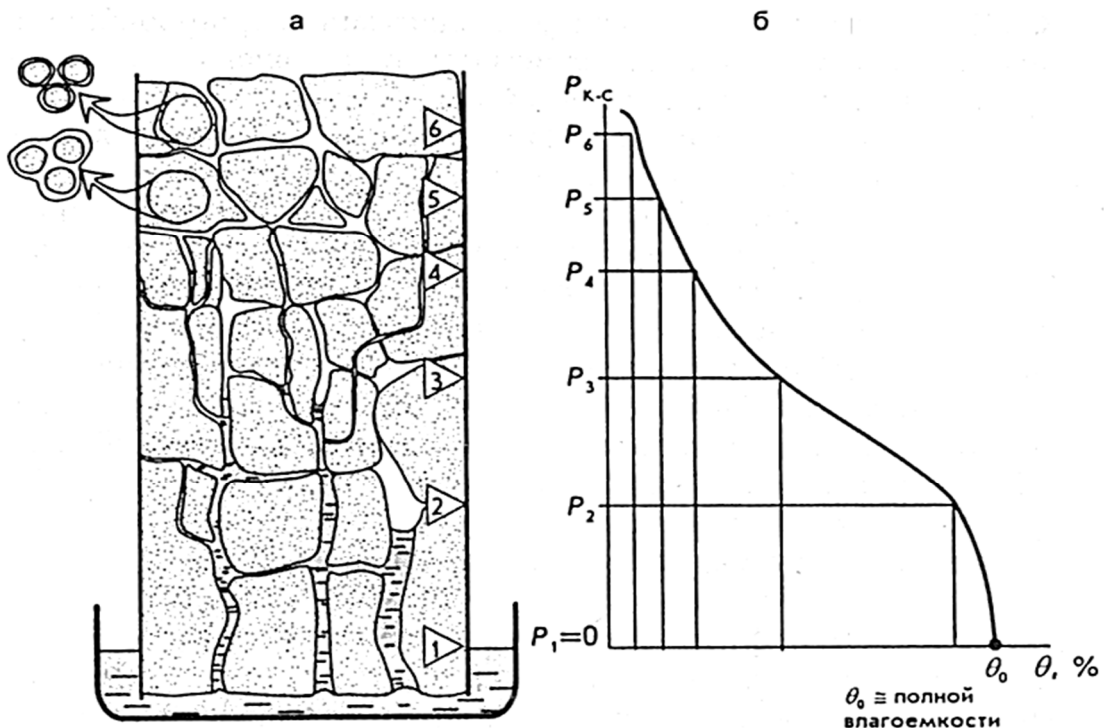


Рис. 9.41. Схема заповнення капілярів ґрунтового моноліта водою (а) і відповідна залежність між капілярно-сорбційним тиском ґрунтової вологи і вологістю ґрунту (б) ( $P_{к-с}$  – капілярно-сорбційний тиск ґрунтової вологи).

Використання показника  $pF$  (*основна гідрофізична характеристика ґрунту*) (рис. 9.42):

1 – порівняльна оцінка зміни фізичного стану ґрунтів, оскільки вона залежить від гранулометричного, мінералогічного, агрегатного складів, щільності ґрунту, мінералізації і складу солей, кількості і якості органічної речовини.

2 – оцінка розподілу обсягів пор за їх діаметром.

3 – математичне моделювання пересування вологи в ґрунті

4 – оцінка фізико-механічних констант вологи в ґрунті.

**Закономірності переміщення вологи в ґрунті.** Знати і враховувати закономірності переміщення води в ґрунті дуже важливо для забезпечення раціонального її використання з метою найбільшого зменшення непродуктивних витрат через фізичне випаровування чи стікання за межі кореневмісного шару.

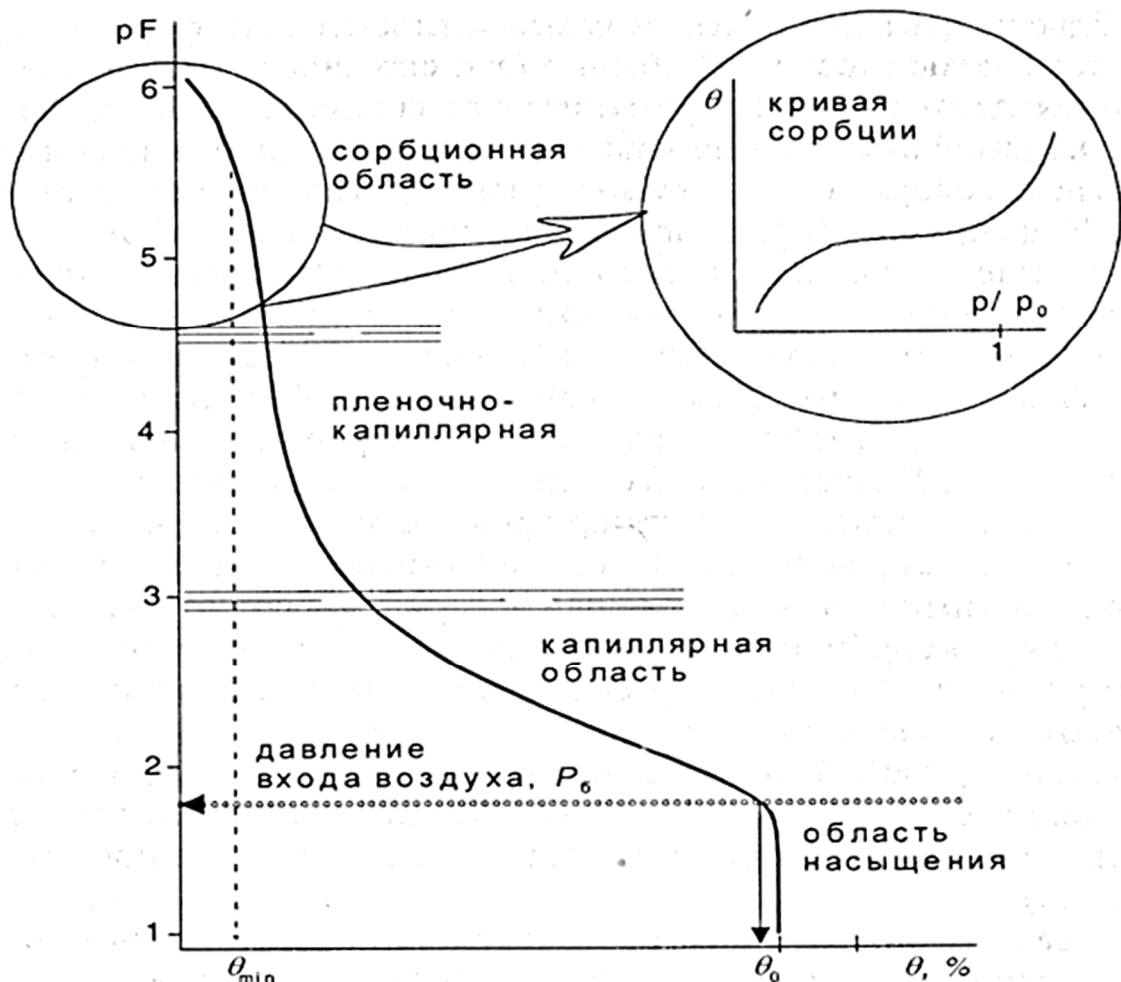


Рис. 9.42. Основна гідрофізична характеристика ґрунту ( $pF$ ) і деякі найбільш характерні області і точки. ( $pF = \lg|P_k-c|$  – десятковий логарифм абсолютної величини капілярно-сорбційного тиску ґрунтової вологи, вираженої в см водного стовпчика) (мовою оригіналу).

У зв'язку з тим, що ґрунтове середовище в різних місцях чи шарах має неоднакові фізичні властивості (вологість, температуру, щільність, осмотичний тиск тощо), то між ними виникають градієнти (різниці між їх показниками), які зумовлюють рух води від одного місця (шару) до іншого. Рухомість ґрунтової вологи поліпшує забезпечення рослин водою, але, крім того, сприяє переміщенню води в зону випаровування, що збільшує її втрати. Для землеробства найбільш цінною є волога, яка утримується в ґрунті при зволоженні його до найменшої вологоємкості. Оскільки в кореневмісному та глибших шарах ґрунту і підґрунті завжди існують градієнти фізичних та інших умов, ґрунтова волога переміщується в тому чи іншому напрямі. Градієнт вологості. Висушування ґрунту внаслідок всисної сили коріння чи випаровування вологи призводить до виникнення градієнтів вологості між даною і сусідньою точками або шаром ґрунту. Внаслідок висушування волога починає переміщуватися від тієї точки, де її більше, до тієї, де вологи менше. Чим більше вологи в ґрунті, тим грубші плівки оточують частинки ґрунту. Основну роль при переміщенні плівкової вологи в ґрунті відіграють молекулярні сили. Вода переміщається від грубших плівок до тонших внаслідок того, що останні перебувають під більшим тиском. Переміщення води в ґрунті під впливом градієнтів вологості має велике значення для забезпечення рослин вологою. Водночас з переміщенням коренів у напрямі вологого ґрунту (гідротропізм) ґрунтова волога переміщується у напрямі до коренів. Відстань, на яку вода може переміщуватися до кореня, становить 20-30 см. Оскільки у більшості рослин коренева система розвинена добре, то і переміщення води на 20-30 см у ґрунті має велике значення.

Слід також відмітити, що волога може переміщуватися від шарів з низькою та нормальною концентрацією мінеральних солей до місць з підвищеною їх концентрацією. Це явище може мати широке поширення в ґрунтах посушливих районів країни. Вивчення механізму переміщення води в ґрунті під час випаровування дає можливість зменшити непродуктивні втрати ґрунтової вологи. Одним з основних механізмів переміщення ґрунтової вологи є капілярне підняття. Підняття вологи по капілярах переважає, коли вологість ґрунту перевищує рівень вологості розриву капілярів. Швидкість переміщення води в ґрунті залежить від кількості капілярних пор і їх розміру. Висота підняття води зростає із зменшенням радіуса капіляра, проте швидкість її підняття при цьому зменшується, оскільки збільшується тертя об стінки капіляра. Капілярна рухомість ґрунтової вологи в землеробстві регулюється зміною будови ґрунту. Так, зменшенню випаровування вологи (коли переважає капілярний механізм її переміщення) сприяє розпушування верхнього шару ґрунту. Це зменшує капілярну пористість і запобігає підтоку води до випаровуючої поверхні. Рухомість води залежить і від агрегатного стану ґрунту. Найвища швидкість капілярного підняття вологи на висоту 10 см у насипних зразках чорнозему південного карбонатного спостерігалась у розпорошеному ґрунті (агрегати



менші за 0,25 мм). Із збільшенням агрегатів до 5-7 мм рухомість води знижується і залишається майже однаковою в більших агрегатах. Така сама залежність спостерігалась і по кількості води, увібраної ґрунтом за одиницю часу при капілярному зволоженні, яка із зменшенням агрегатів до 3-5 мм залишалась близькою, а потім поступово підвищувалась.

Розпорошений ґрунт увібрав найбільше води, однак за відношенням до його маси вологість ґрунту була такою самою, як і в агрегатах розміром 0,5-1 мм. Протягом тривалого періоду був відомий лише капілярний механізм переміщення вологи в ґрунті і тому всі агротехнічні заходи щодо зберігання вологи орієнтувалися на підтримання ґрунту в пухкому стані. Однак дослідження М.М. Абрамової та інших вчених показали, що в процесі випаровування настає момент, коли переміщення вологи до зони випаровування припиняється і тоді випаровування відбувається всередині ґрунту, а волога з ґрунту випаровується у вигляді пари внаслідок дифузії. Такий рівень вологості М.М. Абрамова назвала вологістю розриву капілярів (ВРК). Інтервал між НВ і ВРК залежить від гранулометричного складу та структурного стану ґрунту. Вважається, що ВРК настає при вологості близькій до 70 % НВ. Якщо при випаровуванні переважає дифузний механізм переміщення вологи, розпушування не запобігає зменшенню її втрат з ґрунту, і щоб зменшити рухливість водяної пари, ущільнюють надмірно розпушений ґрунт. Отже, результати досліджень свідчать про наявність двох чітко виражених механізмів переміщення води в ґрунті при випаровуванні: капілярного і дифузного. Перший переважає при високій, другий – при низькій вологості ґрунту. Тому для зменшення випаровування вологи з ґрунту слід застосовувати два протилежних заходи: розпушування або ущільнення. Оскільки в природі капілярний і дифузний механізми руху вологи в ґрунті можуть поступатися один перед одним або діяти одночасно, то найбільш агрономічно цінною будовою орного шару буде така, при якій капіляроізолюючий пухкий шар ґрунту вкритий зверху дещо щільнішим, але таким, що не перетворюється в кірку.

**Випаровування води з ґрунту.** Волога, акумульована в кореневмісному шарі, втрачається з ґрунту внаслідок транспірації рослин і випаровування з ґрунту. Випаровування – це перехід води в стан водяної пари, що зумовлює безпосередні втрати її з ґрунту або через транспірацію. Цей процес залежить від таких факторів: наявності енергії на випаровуючій поверхні, що забезпечує потребу в прихованому теплі для утворення пари; здатності повітря переносити водяну пару від випаровуючої поверхні; наявності води на ефективній випаровуючій поверхні. Швидкість випаровування вологи протягом періоду висушування неоднакова. Спочатку при достатньому зволоженні ґрунту вода випаровується з постійною швидкістю. Завдяки великій рухомості води та кількості її, що випарувалась, відразу поповнюється за рахунок капілярного підняття. При такій вологості ґрунту випаровування відбувається неначе з вільної водяної поверхні, інтенсивність

його визначається лише різницею між пружністю водяної пари на поверхні ґрунту і прилеглого шару повітря, тобто погодними умовами. У природних умовах таке випаровування спостерігається при близькому заляганні до поверхні ґрунтових та підґрунтових вод, що забезпечує безперервне капілярне підняття вологи знизу, і при зрошенні, поки поливна вода повністю не просочилася, а також після великих злив. Втрати вологи на цій стадії можна зменшити за рахунок збільшення водопроникності ґрунту, що запобігає нагромадженню великої кількості води в верхніх його шарах, а також впливаючи на метеорологічні фактори (зменшення швидкості вітру, підвищення вологості повітря тощо). Коли при зниженні вологості ґрунту звільняються найбільші пори і капілярне підняття води сповільниться, випаровування зменшується. Воно залежить не тільки від метеорологічних умов, а й від швидкості підняття вологи до випаровуючої поверхні. Якщо швидкість капілярного підняття недостатня для поповнення втрат на випаровування, абсолютні значення випаровування залежатимуть в основному від швидкості капілярного підняття, тобто визначатимуться водопідіймальною здатністю ґрунту. Для зменшення випаровування ґрунтової вологи на цій стадії потрібно зменшити підтікання її до випаровуючої поверхні. Оскільки на цій стадії переважає капілярний механізм переміщення ґрунтової вологи, для зменшення її втрат треба розпушувати ґрунт, щоб зменшити капілярні пори, по яких вода піднімається до випаровуючої поверхні. При наближенні вологості ґрунту до рівня розриву капілярних зв'язків рухомість води в ньому різко знижується і починає переважати випаровування всередині ґрунту. Внаслідок дифузії та конвекції водяна пара з товщі ґрунту надходить в атмосферу. Випаровування відбувається за рахунок висихання верхнього шару ґрунту, що спричинює поглиблення випаровуючої поверхні. Швидкість випаровування при цьому залежить від інтенсивності дифузії пари через верхній сухий шар ґрунту (випаровування дуже незначне). Навіть при високій температурі і значному дефіциті вологості повітря випаровування не перевищує десятих часток міліметра за добу. Щоб зменшити випаровування ґрунтової вологи на стадії, коли переважає дифузний механізм її руху, ґрунт треба ущільнювати. Це зменшить вільну пористість, по якій переміщується водяна пара. Швидкість випаровування вологи з ґрунту залежить від його структурного складу. При вологості ґрунту, яка дорівнює повній вологоємкості, в умовах середньої рухомості повітря, наприклад, у полі при невеликому вітрі, швидкість випаровування води структурним і розпорошеним ґрунтом майже однакова. При сильному вітрі швидкість випаровування із структурного ґрунту значно вища, ніж з розпушеного.

### 9.3. Основні напрямки регулювання водного режиму та водних властивостей ґрунтів у агрономічній практиці

В Україні більше 80 % земельних територій (понад 24 млн га) характеризуються такими типами водного режиму орних ґрунтів, які формують домінування дефіцитного (або періодично дефіцитного) зволоження. Простежується так званий просторово-часовий дефіцит зволоження, тобто, зростання дефіциту з північного заходу на південний схід і південь. Цей дефіцит часто виникає у вегетаційний період. Особливість режиму зволоження полягає в тому, що у кореневмісному шарі протягом другої половини вегетації відсутня продуктивна волога - волога вище вологи розриву капілярного зв'язку (ВРК) в інтервалі до найменшої вологоємності (НВ) (ВРК-НВ). Саме цей дефіцит не дозволяє реалізувати наявний потенціал ґрунтової родючості, особливо для культур, що дозрівають у кінці вегетаційного періоду. Тому водний режим – ключовий фактор, що лімітує родючість ґрунтів і врожаї сільськогосподарських культур. Виявлені розбіжності між реальною величиною зволоження і потребами рослин у вологозабезпеченні свідчать про необхідність розвитку гідротехнічних (зрошуваних) меліорацій. Особливо потрібні вони в Степу Південному і Степу Сухому, де дефіцит зволоження найбільший. За оцінкою зволоженості ґрунтів під час вирощування с.-г. культур, варто визнати, що тільки в провінціях Полісся та у Західній і Правобережній провінціях Лісостепу зволоження наближається до необхідного рівня. На всіх інших територіях тією чи іншою мірою відчувається нестача вологи. При цьому мова йде про нестачу найбільш доступної рослинам вологи (вище ВРК).

Серед *критеріїв вологозабезпеченості культур корисними є такі:*

– просторовий дефіцит, що показує посилення дефіциту доступної ґрунтової вологи в напрямку від північних і західних провінцій країни, де він майже відсутній, до сходу й півдня, де його просторово-векторне наростання є досить істотним;

– часовий дефіцит, що показує наростання дефіциту від часу сівби культур, коли він практично відсутній, до наступних фаз розвитку, коли його посилення цілком очевидне навіть у традиційних зонах вирощування основних сільськогосподарських культур.

Характеристика вологозабезпеченості культур досягається з врахуванням кількості днів з вологістю в інтервалах від вологості в'янення (ВВ) до ВРК (ВВ-ВРК) і ВРК-НВ, особливо, у період від сівби до появи сходів і під час формування генеративних органів.

*Заходи з оптимізації ґрунтових умов вологозабезпечення* – мінімальні і нульові системи обробітку ґрунту, сівозміни, системи удобрення, мульчування, системи лісосмуг і реанімація зрошувальної меліорації. Залишаються невикористаними способи зменшення негативних наслідків нестачі вологи шляхом застосування новітніх способів обробітку ґрунту.

За сучасними даними суттєвий вплив нульового обробітку на

збереження вологи не викликає сумніву. Так само невиправдано мало уваги приділяється мульчуванню ґрунтів як способу зменшення непродуктивного випаровування вологи з ґрунту і його захисту від дефляції. Мульчування поверхні ґрунту солом'яно призводить до економії поливних вод на 10-20 % без зниження врожайності сільськогосподарських культур.

Крім вищевикладеного, значні резерви зменшення непродуктивних втрат вологи закладено у раціональному використанні добрив (особливо, органічних, фосфорних і калійних, за умов систематичного внесення яких досягається помітне зменшення коефіцієнта транспірації за збільшення величини врожаю).

Діагностика водного режиму здійснюється шляхом визначення (за даними моніторингу) зміни запасів продуктивної вологи в кореневмісному шарі ґрунту впродовж всієї вегетації рослин, проходження основних фаз їх росту й розвитку. За верхню границю оптимального вмісту вологи (ВГОВ) приймають її запаси, що відповідають найменшій вологості (НВ), а за нижню границю (НГОВ) – запаси вологи на рівні вологості розриву капілярів (ВРК= 60-70 % від НВ). Між вологістю розриву капілярів (ВРК) та вологістю в'янення (ВВ) запаси ґрунтової вологи знаходяться в допустимих межах, проте для більшості просапних культур за цих умов, особливо при наближенні запасів до стану ВВ, як правило, настає дефіцит у вологозабезпеченості. Запаси вологи нижче ВВ оцінюються як незадовільні. Діагностують і оптимізують водний режим ґрунту за допомогою графічної моделі (рис. 9.43, табл. 9.9). На осі абсцис відкладають декади кожного місяця вегетаційного періоду, на осі ординат – запаси вологи в кореневмісному шарі (як правило однометровому).

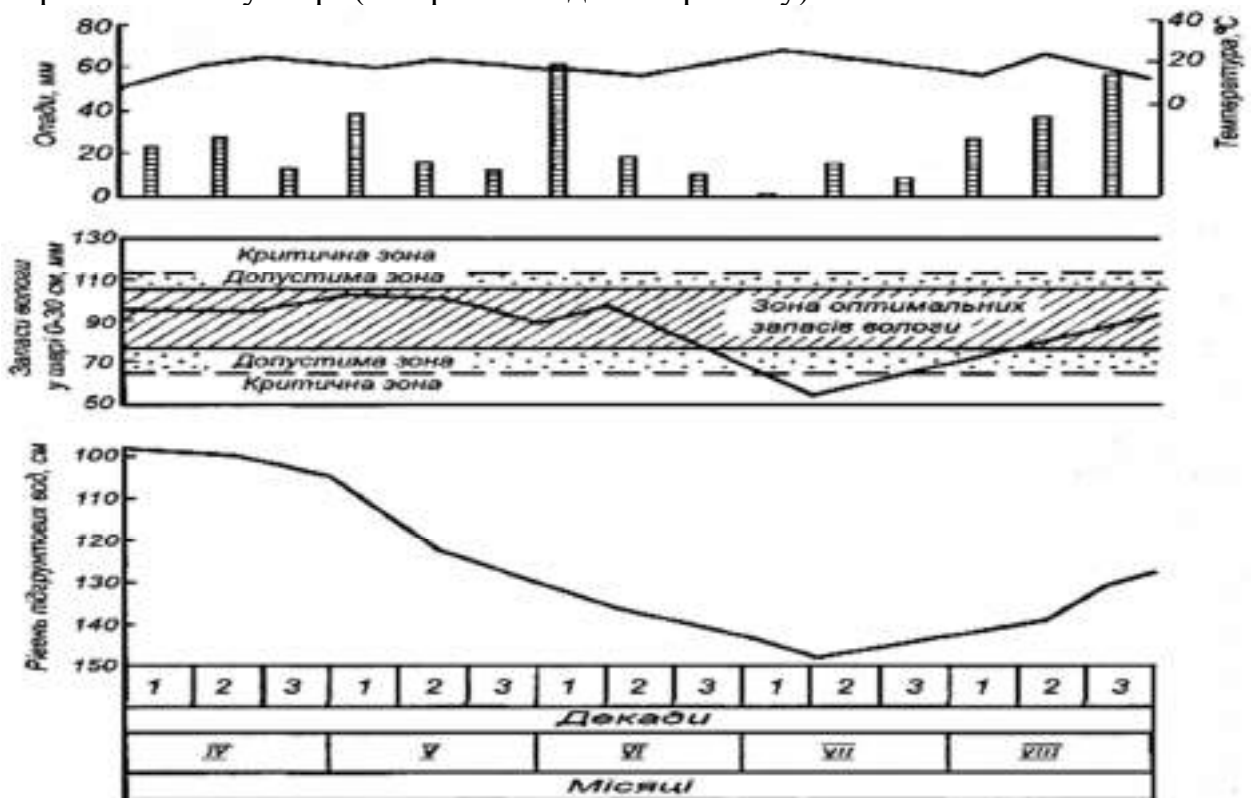


Рис. 9.43. Графічна модель моніторингу водного режиму ґрунту.

Таблиця 9.9

## Параметри оптимального вмісту вологи у кореневмісному шарі ґрунту (0-30 см)

Культура	Верхня границя вмісту вологи (ВГВ), % від ПВ			Нижня границя вмісту вологи (НГВ), % від ПВ		
	опти-мальна	допу-стима	крити-чна	опти-мальна	допу-стима	крити-чна
Зернові колосові, однорічні трави	80	80-85	> 85* 2-3	55	55-45	< 45
Коренеплоди	75	75-80	> 80 0-1	50	50-40	< 40
Картопля	70	70-80	> 80 1-2	50	50-40	< 40
Кукурудза: на силос	75	75-80	> 80 0	55	55-45	< 45
Кукурудза: на зерно	70	70-75	> 75 0	50	50-40	< 40
Овочеві	75	75-80	> 80 0	50	45-50	< 45
Багаторічні трави:						
злакові	85	85-90	> 90 5-20	60	60-50	< 50
бобові	80	80-85	> 85 2-6	55	55-45	< 45
Примітка: ПВ - повна вологоємність ґрунту. Під ризикою - допустима тривалість затоплення посівів, днів						

Для побудови моделі використовують такі вихідні дані: повну і найменшу (польову) вологоємність (ПВ і НВ), щільність твердої фази і щільність будови ґрунту (об'ємну масу) в межах кореневмісного шару, вологість розриву капілярів (ВРК) і вологість в'янення рослин (яку поділяють на дві фази – вологість початкового в'янення ВПВ і вологість стійкого в'янення ВСВ). На підставі названих показників розраховують межі оптимальних, допустимих і критичних вологозапасів у кореневмісному шарі ґрунту, виходячи з нормативів, наведених у таблиці 10. Ці межі наносять на графічну модель, побудова якої здійснюється в процесі моніторингових спостережень.

У процесі моніторингу водного режиму ґрунту і розвитку рослин не виключається необхідність корекції оптимальних і допустимих меж вологозапасів. За умови частого виходу за межі оптимальних параметрів, передусім, за незначних відхилень погодних умов від середньорічних, виникає необхідність поліпшення водного режиму ґрунту шляхом застосування відповідних заходів.

Для *регулювання водного режиму ґрунту* розробляються і застосовуються заходи, які в конкретних зональних умовах сприяють

оптимальному забезпеченню ґрунтовою вологою вирощуваних сільськогосподарських культур. На територіях з недостатнім і несприятливим зволоженням, на яких знаходиться близько 70 % орних земель України застосовуються заходи, що забезпечують більше проникнення в ґрунт води з опадів і зменшення непродуктивних витрат вологи з нього через випаровування. В районах надмірного зволоження ґрунту застосовують заходи, які забезпечують відведення надлишкової води з кореневмісного шару або зниження рівня ґрунтових вод, що сприяє поліпшенню теплового, повітряного і поживного режимів ґрунтового середовища. Усі заходи регулювання водного режиму поділяють на агрохімічні, агротехнічні та агроеліоративні.

**Агрохімічні заходи** спрямовані на поліпшення фізичних і водних властивостей ґрунту. це такі заходи як внесення добрив, особливо органічних, вапнування кислих і гіпсування засолених ґрунтів. Крім того ці заходи сприяють поліпшенню його поживного режиму, що зумовлює економічне використання ґрунтової вологи рослинами з ґрунту і перерозподіл її між культурами при вирощуванні їх у сівозміні впродовж багатьох років.

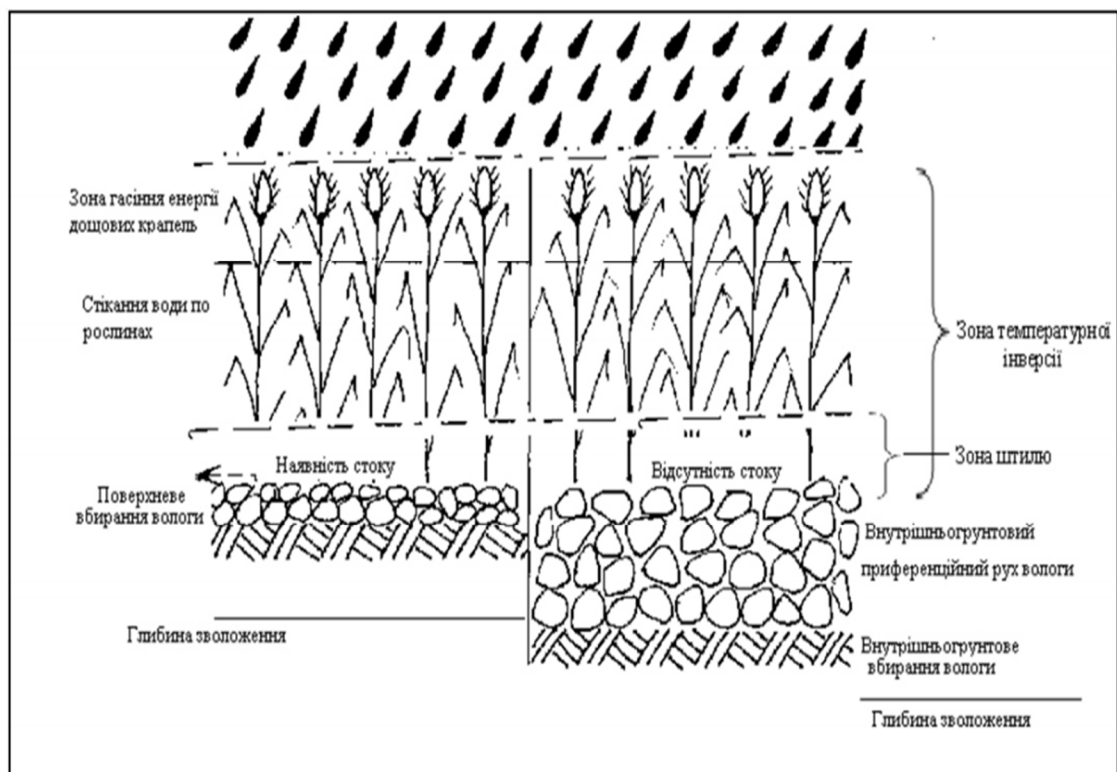


Рис. 9.44. Механізм формування режиму вологості ґрунту в посівах польових культур за різної глибини післяпосівного розпушування ґрунту.

**Агротехнічні заходи регулювання водного режиму ґрунту** можна розподілити на агрофізичні, які забезпечуються обробіткою ґрунту, які спрямовані на накопичення та збереження вологи, та організаційні, які

сприяють раціональному використанню води з ґрунту. Обробіток ґрунту впливає на водний режим через різні способи, глибину і строки його проведення (рис. 9.44-9.45). Перенесення глибокого обробітку (оранки) на весну негативно впливає на баланс вологи в ґрунті. Збільшення глибини зяблевого обробітку веде до інтенсивнішого просочування води в нього та накопичення більших запасів ґрунтової вологи. За посушливих умов збереження вологи сприяє зменшенню глибини поверхневого обробітку, а також знищенню різними заходами обробітку бур'янів. Особливе значення має знищення кірки, яка утворюється після інтенсивних дощів і поливів. Роль правильного чергування культур в сівозміні полягає в тому, що різні рослини забирають з ґрунту неоднакову кількість вологи. Різні культури використовують ґрунтову вологу з неоднакових глибин.

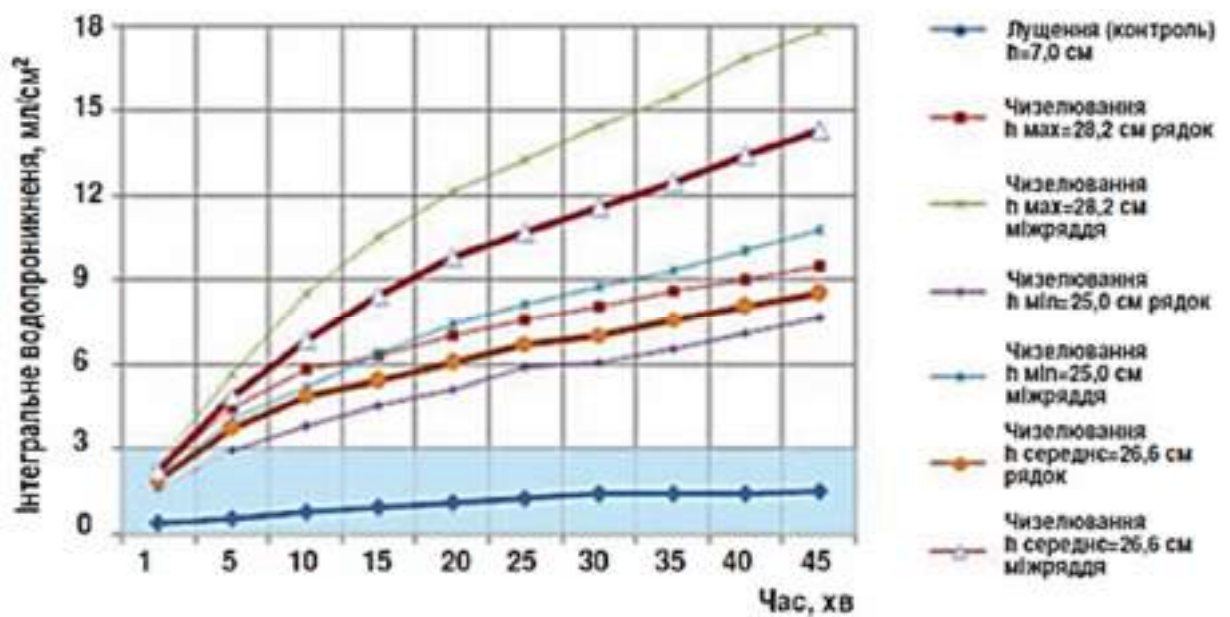


Рис. 9.45. Інтегральне водопроникнення за різних прийомів обробітку ґрунту.

**Агролісомеліоративні заходи** мають зональний характер і застосовуються одні для регулювання водного режиму ґрунту за посушливих умов, інші – на перезволожених ґрунтах. За посушливих умов – зрошення, затримання снігу на полях, талих і дощових вод, а також мульчування поверхні ґрунту. Для затримання снігу використовують куліси з високостеблових рослин, стерньові рослинні рештки, полезахисні лісонасадження.

Основним заходом регулювання водного режиму у перезволожених ґрунтах є їх **осушення**, яке здійснюють відкритим і закритим способами. Навпаки посушливі регіони **зрошують**.

**Осушення ґрунтів і земель** – один із видів меліорації, який полягає у відведенні зайвої води, створення сприятливого для рослин водно-повітряного режиму. Комплекс гідротехнічних заходів, спрямованих на вилучення надлишків вологи з ґрунтів і гірських порід застосовується з метою підвищення родючості ґрунтів, будівництва доріг, технічних споруд, оздоровлення місцевості. Осушення дає можливість освоювати нові землі –

болота, заболочені луки й пасовиська. В Україні найчастіше застосовують такі методи осушення земель:

- прискорення поверхневого стоку дощових і снігових вод;
- дренаж, зниження рівня ґрунтових вод.

З метою осушення земель будують спеціальні осушувальні системи що забезпечує відведення зайвої води з ґрунту до необхідної осушувальної норми. Перші осушувальні канали були прокладені на Поліссі та в окремих районах Прикарпаття і Закарпаття в кінці 19 ст. З 1909 р. осушенню боліт та заболочених земель почали приділяти більше уваги.

Загальна площа боліт, заболочених і перезволожених земель в Україні становить 6,57 млн га, з них осушено 3,1 млн га. Переважна частина земельно-болотного фонду (61 %) зосереджена на Поліссі (Волинська, Житомирська, Рівненська, Львівська, Чернігівська області). На лісостепову групу (Вінницька, Київська, Полтавська, Сумська, Тернопільська, Хмельницька і Черкаська області) припадає близько 19 % цього фонду. Значні площі заболочених земель в Івано-Франківській, Закарпатській та Чернівецькій областях.

Найбільшими сучасними осушувальними системами, які відповідають регулюванню водного режиму на меліоративних землях, є Берегівська (54), Трубізька (37,6), Верхньоприп'ятська (25,1), Латорицька (12,7), Ірпінська (8,2 тис. га), Кортеліська (3,6), Желдецька (14,7) та Замисловицька система (16,1 тис. га) (рис. 9.46).

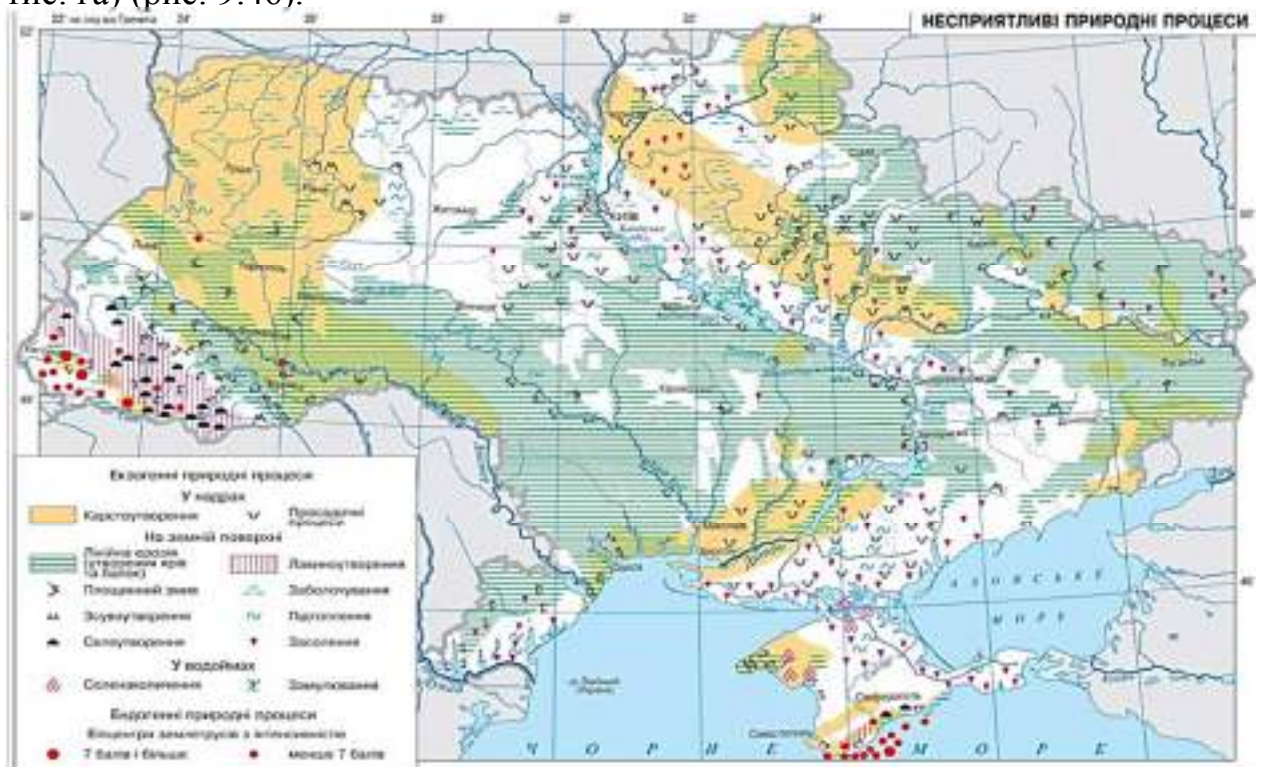


Рис. 9.46. Карта України з несприятливими природними процесами на якій показано заболочені території, які потребують осушення.

**Система зрошення ґрунтів і земель базується на комплексній оцінці умов зволоження території за показником гідротермічного коефіцієнту зволоження Селянінова (ГТК). Він враховує як надходження води у вигляді**



опадів, так і їхню сумарну витрату на випаровування. Доведено, що найкращі умови для одержання високих урожаїв зернових культур за весняних строків сівби створюються тоді, коли ГТК за відповідний період дорівнює 1-1,4. За показника 0,6 і менше рослини страждають від посухи, а при значенні його 1,6 і більше – від перезволоження. Територія України за середньобагаторічним значенням ГТК поділяється на такі зони:

1. **З оптимальним значенням ГТК** – 1,3-1,6. В окремі роки можливе перезволоження, посуха тут – явище рідкісне, вона проходить північніше лінії Житомир-Вінниця-Чернівці.

2. **Слабопосушлива зона** (ГТК – 1–1,3) по лінії північніше Харків-Полтава-Кіровоград.

3. **Посушлива** (ГТК – 0,7-1) обмежена лінією, яка проходить через пункти Маріуполь-Мелітополь-Михайлівка (Запорізька обл.)-Нікополь-частина Одещини. Можливість випаровування вологи тут значно переважає кількість опадів за вегетаційний період.

4. **Дуже посушлива зона** (ГТК – 0,4-0,7) розташована на півдні від лінії Маріуполь-Мелітополь-Миколаїв.

З цих причин розробка й освоєння науково обґрунтованого режиму зрошення – один із найважливіших чинників програмування урожаїв сільськогосподарських культур. **Біологічну основу режиму зрошення** становить сумарне водоспоживання, під яким розуміють кількість вологи, що витрачається на транспірацію рослин і випаровування із поверхні ґрунту.

Таким чином **режим зрошення** – це правильно визначена й розподілена в часі (вегетаційному періоді) кількість зрошуваної води (число, норми й строки поливів), що забезпечує оптимальний для даної культури водний режим кореневмісного шару ґрунту для певних конкретних природних і агротехнічних умов. Режим зрошення кожної культури повинен відповідати потребі рослини у воді на різних етапах її онтогенезу. Поряд з цим режим зрошення повинен сприяти поліпшенню поживного, сольового та теплового режимів ґрунту, збереженню його родючості, запобіганню іригаційної ерозії, заболочуванню та засоленню ґрунту, найбільш ефективному використанню земельних та водних ресурсів (рис. 9.47).

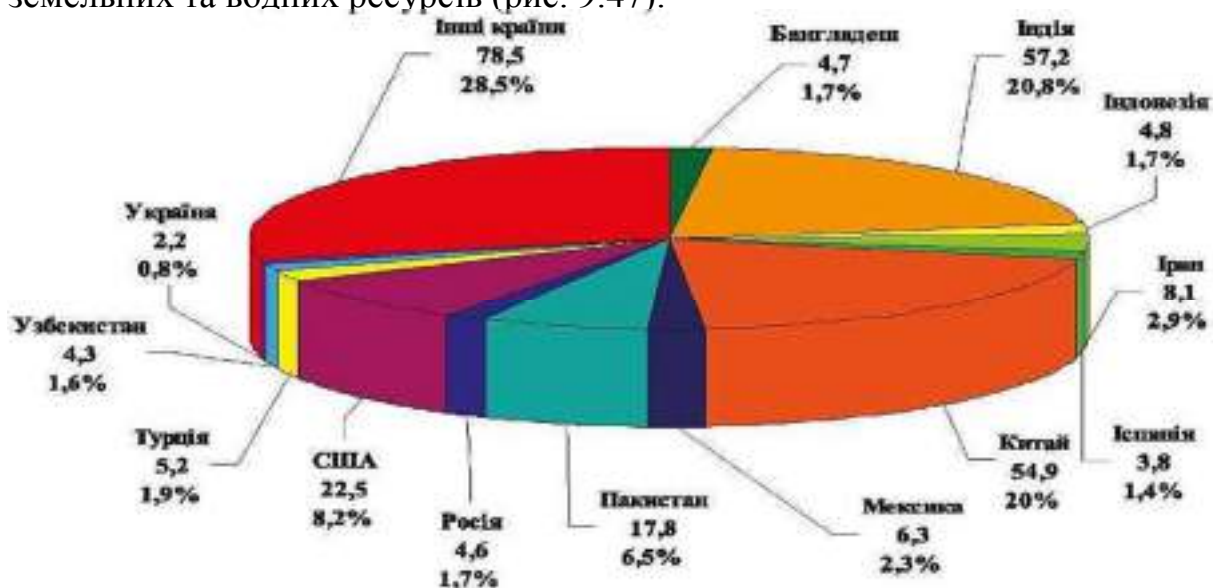
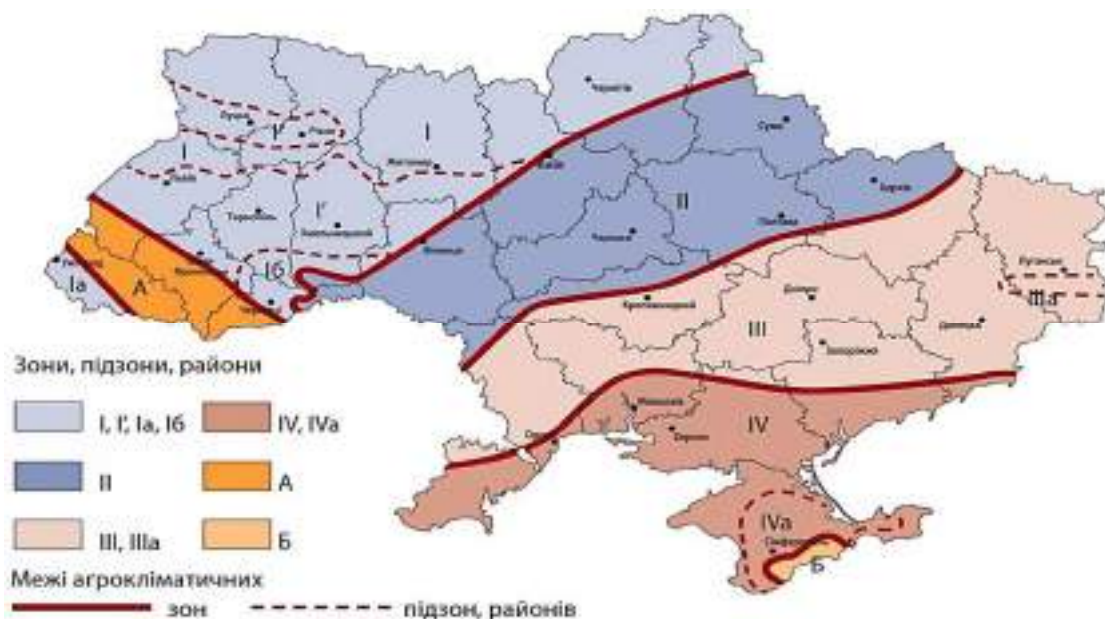


Рис. 9.47. Площа зрошуваних земель в Україні та світі станом на 2019 рік.

Основні вимоги до режиму зрошення сільськогосподарських культур тривалість та норми поливів сільськогосподарських культур необхідно диференціювати таким чином, щоб у ґрунті була сприятлива взаємодія факторів (рис. 9.48):

- достатній вміст води та елементів живлення рослин;
- нормальні умови аерації (аеробні умови).

Кількість всієї зрошувальної води, поданої на поле для поливів сільськогосподарської культури, становить її зрошувальну норму. У практиці зрошувального землеробства зрошувальні норми частіше встановлюють у результаті узагальнення даних досліджень режиму зрошення, проведених дослідними установами в місцевих умовах. Зрошувальні норми диференціюють по групах років з різним ступенем сухості.



	Зони, підзони, райони	Гідротермічний коефіцієнт	Сума температур (у градусах)
I	Волога, помірно тепла зона	2,0–1,3	2400–3100
I'	Підзона достатнього зволоження ґрунту	2,0–1,3	2400–2800
Ia	Закарпатський вологий, теплий район із м'якою зимою	1,8–1,3	2600–3100
Ib	Передкарпатський вологий, теплий район	1,8–1,3	2600–2900
II	Недостатньо волога, тепла зона	1,3–1,0	2500–2900
III	Посушлива, дуже тепла зона	1,0–0,7	2900–3300
IIIa	Донецький недостатньо вологий, дуже теплий район	1,0–1,1	3000
IV	Дуже посушлива, помірно жарка зона з м'якою зимою	0,7–0,5	3300–3400
IVa	Передгірний Кримський посушливий, дуже теплий район із м'якою зимою	0,7–0,8	2800–3300
A	Карпатський район вертикальної кліматичної зональності		
B	Кримський район вертикальної кліматичної зональності		

Рис. 9.48. Агрокліматична карта України.

Зрошення повинно забезпечувати оптимальний водний, поживний, повітряний, тепловий, сольовий і мікробіологічний режими ґрунтів. На території України зрошення використовується в Лісостепу тільки для найбільш вимогливих і економічно вигідних культур, у Степу – зрошення масштабне, а в Сухому Степу – суцільне (рис. 9.48-9.49).

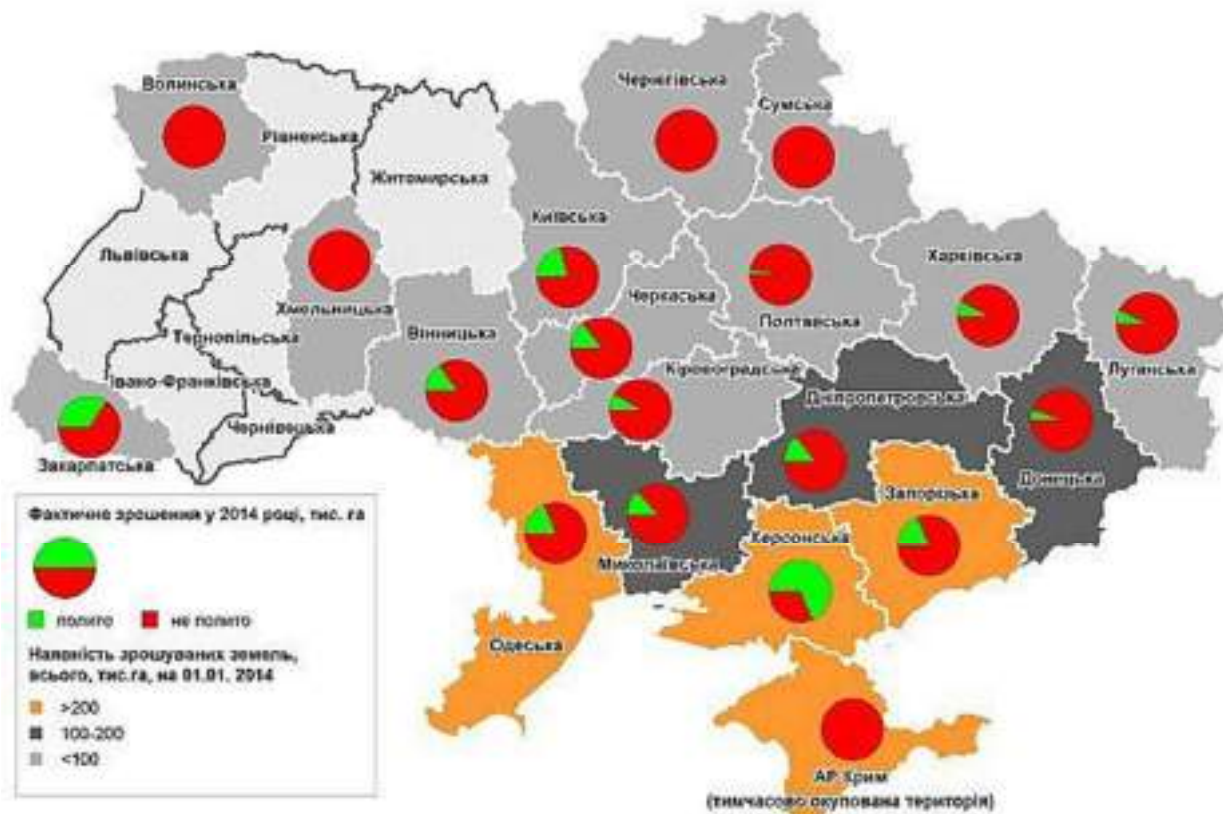


Рис. 9.49. Площі зрошуваних земель в Україні станом на січень 2014 року.

Класифікація зрошувальних заходів проводиться за багатьма параметрами.

**За призначенням і за дією на ґрунт:**

- **зволожувальне** – створює оптимальний водний режим;
- **удобрювальне** – разом із водою у ґрунт вносяться поживні речовини;
- **утеплювальне** – у ґрунт подають теплу воду;
- **окиснювальне** – у ґрунт із надлишком закисних сполук подають річкову воду, збагачену киснем;
- **вологозарядне** – воду в осінній чи зимовий період подають у ґрунт, щоб створити в ньому необхідні запаси вологи в шарі приблизно 2 м;
- **промивне** – воду подають для розчинення й вимивання з ґрунту солей.

**За характером подачі води зрошення буває:**

- **нерегулярне** – протягом року здійснюється звичайно один полив (вологозарядка);
- **регулярне** – впродовж усього вегетаційного періоду систематично подається вода.

**За об'ємом зрошення ділиться на:**

- **вибіркове** – здійснюється полив тільки тих культур, які забезпечують одержання максимальної економічної віддачі й відрізняються підвищеним водоспоживанням;

- **суцільне** – при якому поливаються всі культури на великому масиві.

**За видами поливу:**

- **аерозольне (дрібнодисперсне)** – зволоження рослин, приземного шару повітря й поверхні ґрунту тонкими розпиленими краплями води (туманом);

- **поверхнєве** – зрошення потоком води, яка самостійно надходить на поверхню ґрунту;

- **дощування** – механізоване зрошення, при якому вода подається в атмосферу й звідти вільно падає у вигляді дощу на рослину й ґрунт;

- **внутрішньогрунтове** – вода подається по трубах-зволожувачах, укладених у ґрунт на глибині 0,4-0,9 м;

- **крапельне** – вода за допомогою гнучких трубопроводів через спеціальні крапельниці надходить безпосередньо до коренів рослин;

- **субіригація** – активний підйом ґрунтових вод.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. В яких станах знаходиться вода в ґрунті?
2. В яких формах в ґрунті знаходиться вільна вода?
3. Чим обумовлюються водні властивості ґрунту?
4. Які ви знаєте водні властивості ґрунту?
5. Які є водні режими ґрунту?
6. Що таке ґрунтові гідрологічні константи?
7. Якими силами обумовлюється утримання та пересування води в ґрунті?
8. В яких одиницях визначають вологу ґрунту?
9. Яким показником характеризують потребу рослин у волозі?
10. За якою формулою визначають запаси вологи в ґрунті?
11. Яка волога ґрунту є доступною для рослин?
12. Дайте характеристику вологоємності ґрунту?
13. Охарактеризуйте водопроникність ґрунту?
14. Охарактеризуйте водопідймальну здатність ґрунту?
15. Якими заходами регулюють водний режим ґрунту?
16. Як впливають кисень і вуглекислий газ ґрунтового повітря на біологічні процеси в ґрунті і на життя рослин?
17. Від яких властивостей ґрунту залежать повітроємність, повітропроникність і газообмін ґрунтового повітря?
18. Як досягається регулювання повітряного ґрунту?
19. Яка роль води в ґрунті?
20. Які форми ґрунтової води вам відомі?
21. Дайте характеристику категоріям ґрунтової води.
22. Що собою являють ґрунтово-гідрологічні константи? Назвіть і охарактеризуйте їх.
23. Чим характеризується водний режим і які типи водного режиму вам відомі?
24. Які прийоми застосовують для регулювання водного режиму ґрунту?

# РОЗДІЛ 10. ПОВІТРЯНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПОВІТРЯНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ

## 10.1. Повітряний режим ґрунту

**Ґрунтове повітря або газова фаза** – найважливіша складова частина ґрунту, що знаходиться в тісній взаємодії з твердою, рідкою і живою фазами ґрунту. Ґрунтовим повітрям називається суміш газів і летучих органічних сполук, що заповнюють пори ґрунту, які вільні від води. Наявність достатньої кількості повітря, його сприятливий склад не менш важливі в житті ґрунту і формуванні рослин, ніж забезпеченість ґрунтів водою і поживними речовинами.

Головні джерела газової фази ґрунту – це атмосферне повітря і гази, що утворюються в самому ґрунті. З атмосферним повітрям у ґрунт надходить кисень, необхідний для дихання коренів рослин, ґрунтової фауни й аеробних мікроорганізмів. У процесі дихання кисень споживається з виділенням вуглекислого газу. Більшість рослин не може існувати без постійного припливу кисню до коренів і виводу вуглекислого газу з ґрунту. Якщо ґрунт цілком ізолювати від атмосфери, то кисень у ньому витратиться цілком через декілька діб.

Отже, ґрунтове повітря забезпечує живі організми киснем тільки за умови постійного обміну з атмосферним повітрям. Процес обміну ґрунтового повітря з атмосферним називають газообміном або аерацією.

Склад ґрунтового повітря непостійний. Ґрунтове і атмосферне повітря розрізняються хімічним складом. До складу ґрунтового повітря входять азот, кисень, вуглекислий газ, інертні гази, аміак, водяна пара, а в анаеробних умовах воно містить ще й метан, сірководень та ін. Ґрунтове й атмосферне повітря містить неоднакову кількість кисню і вуглекислого газу. Пояснюється це тим, що в ґрунті відбуваються біологічні процеси, а також процеси окислення і відновлення. Під час розкладу мікроорганізмами органічної маси і дихання корінням інтенсивно поглинається кисень і виділяється вуглекислота. У літній період з 1 м<sup>2</sup> поверхні ґрунту виділяється за добу від 3 до 10 л (або 6-20 г) вуглекислого газу. Кількість вуглекислоти в ґрунті значною мірою залежить від його стану. Заболочені ґрунти звичайно містять менше кисню і більше (до 6%) вуглекислоти. Вміст вуглекислоти в ґрунтовому повітрі досить помірно змінюється навіть протягом вегетаційного періоду (рис. 10.1).

Вміст кисню і вуглекислоти в ґрунтовому повітрі залежить від стану ґрунту, його аерації, складу рослинності, коливання температури, тиску повітря, дії вітру, рівня залягання ґрунтових і підґрунтових вод, внесених

добрив і певною мірою визначається інтенсивністю газообміну. Найбільше впливає на газообмін у ґрунті дифузія газів.

Вміст вуглекислоти в ґрунті також змінюється протягом року. Найбільше її в орному горизонті влітку, коли інтенсивно відбуваються біохімічні процеси. Склад і вміст повітря в ґрунті впливає на врожайність сільськогосподарських культур так само, як і вміст вологи і поживних речовин. Отже, слід завжди дбати про вміст достатньої кількості повітря в ґрунті в період вегетації рослин (правильний обробіток ґрунту, поліпшення структури орного шару тощо). Тільки структурний ґрунт має добру повітропроникність і процеси, які відбуваються в ньому, забезпечені достатньою кількістю кисню. В таких ґрунтах навіть при сильному зволоженні не порушується необхідне для рослин співвідношення між вмістом ґрунтового повітря і вологи. Газообмін і його значення в ґрунті.

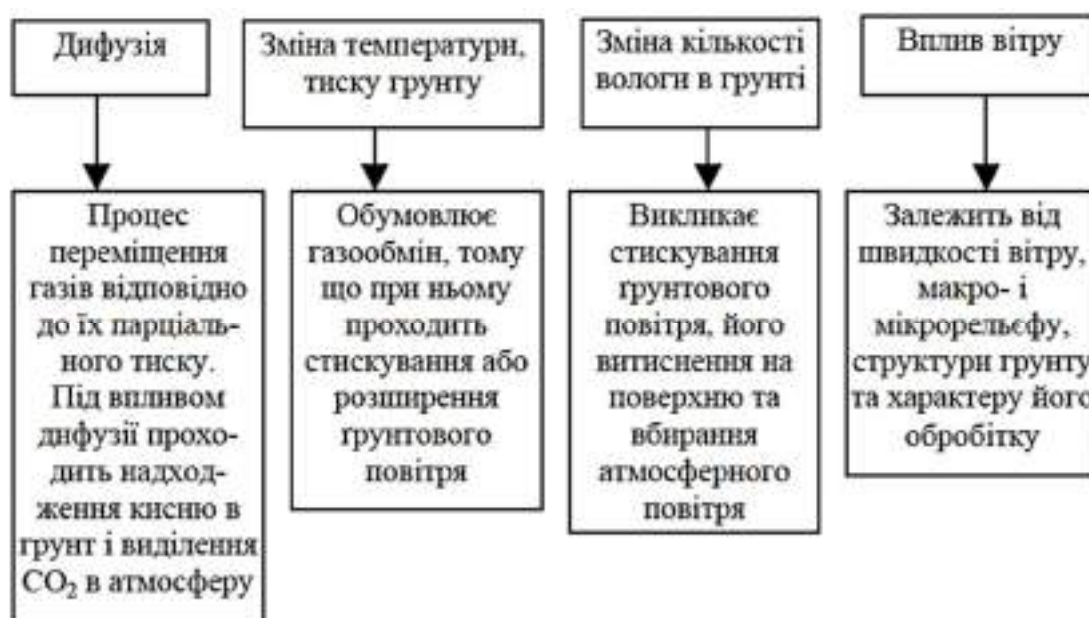


Рис. 10.1. Основні фактори, які впливають на газообмін ґрунту.

Між ґрунтовим і атмосферним повітрям відбувається постійний газообмін, внаслідок чого склад ґрунтового повітря і повітря надземного шару атмосфери певною мірою поновлюється. Інтенсивність газообміну залежить від зміни температури, барометричного тиску, коливання рівня залягання підґрунтових вод, сили вітру та інших причин. Газообмін в ґрунті впливає на більшість процесів, які відбуваються в ньому. Чим інтенсивніший обмін між ґрунтовим і атмосферним повітрям, тим активніше відбуваються біохімічні процеси. Кисень і вуглекислий газ сприяють вивітрюванню й окисленню різних мінералів та утворенню доступних для живлення рослин сполук. В разі нестачі повітря в ґрунті переважають відновні хімічні процеси, при яких рослини не можуть використати навіть доступні поживні речовини. Дослідами встановлено, що без доступу свіжого повітря в ґрунті не

розвиваються корисні мікроорганізми, відбувається шкідливий процес денітрифікації. Кисень також потрібний і для дихання корневих систем рослин. В разі нестачі в ґрунтовому повітрі кисню відбуваються анаеробні процеси з нагромадженням шкідливих органічних сполук, які пригнічують ріст рослин. Це призводить до значного зниження продуктивності або й загибелі їх.

Дослідні дані свідчать, що зменшення вмісту кисню в ґрунті до 10-15% пригнічує ріст і розвиток коріння різних сільськогосподарських рослин. За даними А. А. Кудрявцевої, добова потреба коріння культурних рослин у кисні для утворення 1 г сухої речовини в середньому становить від 0,35 у кукурудзи до 1,56 мг у гороху. Потреба рослин у кисні, як і в усіх інших речовинах, залежить від фази розвитку їх. Виявлено, що багато кисню в ґрунті потрібно під час проростання насіння – в разі зменшення вмісту його до 6–7% різко знижується енергія проростання. Склад повітря певною мірою впливає на ґрунтовий розчин. Колоїди ґрунту і ґрунтовий розчин утворюють складну систему, яка відіграє важливу роль в процесах ґрунтоутворення. Якщо в ґрунтовому повітрі збільшується концентрація вуглекислого газу, то ним насичується і ґрунтовий розчин, що підвищує розчинність солей. Це призводить до збільшення в ньому концентрації катіонів і аніонів (зміна реакції ґрунту). Зміна концентрації тих чи інших іонів у ґрунтовому розчині неминуче порушує рівновагу між вбирним колоїдним комплексом і ґрунтовим розчином. Таким чином, **аерація ґрунту** – найважливіший чинник, що визначає продуктивність ґрунту. Ґрунтове повітря знаходиться в ґрунті в трьох станах: вільному, адсорбованому і розчиненому.

Розрізняють кілька форм ґрунтового повітря:

**Вільне ґрунтове повітря** розміщується в некапілярних і капілярних порах ґрунту, має рухливість, здатне вільно переміщатися в ґрунті й обмінюватися з атмосферним. Найбільше значення в аерації ґрунтів має повітря некапілярних пор, практично завжди вільних від води. У суглинкових і глинистих ґрунтах частина вільного ґрунтового повітря при зволоженні ізолюється пробками води і втрачає суцільність. Таке повітря називають затиснутим, його значення в аерації невелике.

**Адсорбоване ґрунтове повітря** – гази, які сорбовані поверхнею твердої фази ґрунту. Адсорбція газів сильніше проявляється в ґрунтах важкого механічного складу, багатих органічною речовиною. Гази адсорбуються в залежності від будови їхніх молекул, дипольного моменту в такій послідовності:  $N_2 < O_2 < CO_2 < NH_3$  (табл. 10.1).

**Розчинене ґрунтове повітря** – це гази, що розчинені в ґрунтовій воді. Розчинність газів у ґрунтовій воді зростає з підвищенням їх концентрації у вільному ґрунтовому повітрі, а також із зниженням температури ґрунту. Добре розчиняються у воді  $NH_3$ ,  $H_2S$ ,  $CO_2$ . Розчинність  $O_2$  порівняно невелика (табл. 10.2).

Таблиця 10.1

Кількість повітря, адсорбованого різними сорбентами (по В.А. Ковда)

Сорбент	Кількість адсорбованого повітря, см <sup>3</sup> /100г ґрунту
Кварцевий пісок (<0,5 мм)	0,75
Супісь	2,26
Легкий суглинок	4,93
Важкий суглинок	6,99
Чорнозем суглинистий	9,03

Таблиця 10.2

Вміст різних газів в атмосферному і ґрунтовому повітрі

Гази і леткі сполуки	Вміст, %	
	В атмосфері	В ґрунті
N <sub>2</sub>	79,1	68...73
O <sub>2</sub>	21,9	5...21
CO <sub>2</sub>	0,03	0,1...15
H <sub>2</sub>	5 x 10 <sup>-5</sup>	1...8 10 <sup>-6</sup>
CO	1 x 10 <sup>-5</sup>	1...8 10 <sup>-6</sup>
NO	1 x 10 <sup>-5</sup>	1...10 10 <sup>-4</sup>
N <sub>2</sub> O	5 x 10 <sup>-6</sup>	4...40 10 <sup>-5</sup>
SO <sub>2</sub>	-	3 10 <sup>-7</sup>
H <sub>2</sub> S	-	2 10 <sup>-7</sup>

**Склад ґрунтових мікрогазів:** окис азоту – NO; закис азоту – N<sub>2</sub>O; сірководень – H<sub>2</sub>S; окис вуглецю – CO; водень – H<sub>2</sub>; аміак – NH<sub>3</sub>; етилен; ацетилен; метан; меркаптани; ефіри; летючі біологічно активні компоненти: вітаміни, гормони, фітонциди.

Вільне ґрунтове повітря, незважаючи на його постійний зв'язок з атмосферним, характеризується рядом особливостей. Склад атмосферного повітря досить постійний, і вміст його основних компонентів змінюється незначно. Ґрунтове повітря відрізняється динамічністю. Найбільш динамічні в ґрунтовому повітрі O<sub>2</sub> і CO<sub>2</sub> (рис. 10.2). Їхній вміст в ґрунтах сильно коливається відповідно до інтенсивності споживання кисню і продукції вуглекислого газу, а також швидкості газообміну між ґрунтом і атмосферою.

**Вуглекислий газ.** У річному циклі динаміки O<sub>2</sub> і CO<sub>2</sub> в ґрунтовому повітрі максимальний вміст O<sub>2</sub> і мінімальний CO<sub>2</sub> припадає на літній період, а восени і взимку ґрунтова товща звільняється від раніше накопиченого CO<sub>2</sub>. Протягом вегетаційного періоду склад ґрунтового повітря значно змінюється в залежності від погодних умов. При оптимальній вологості з підвищенням



температури ґрунту вміст  $\text{CO}_2$  в ґрунтовому повітрі збільшується, а  $\text{O}_2$  зменшується. При високій температурі і низькій вологості (близької до вологості в'янення) склад ґрунтового повітря мало відрізняється від атмосферного (рис. 10.3).

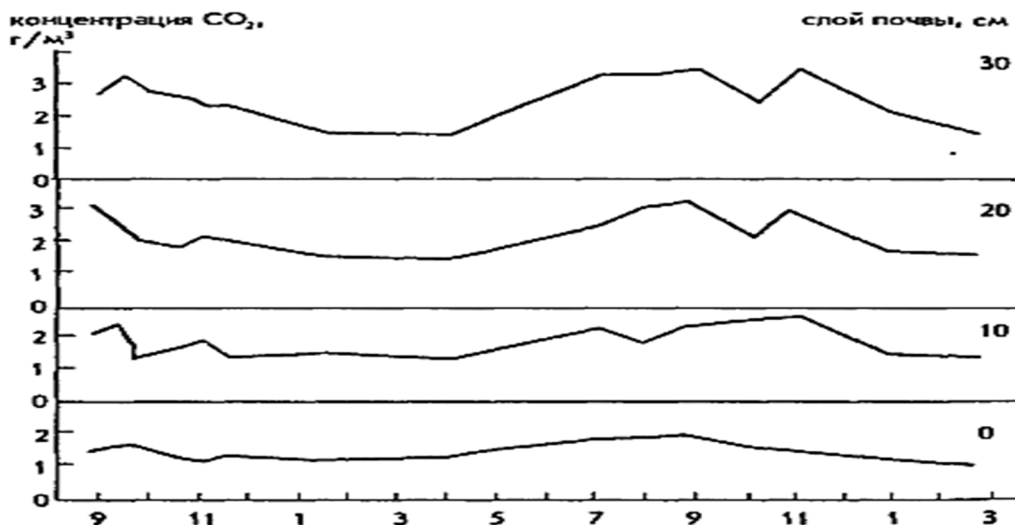


Рис. 10.2. Сезонна динаміка концентрації  $\text{CO}_2$  по шарах ґрунту (по Смагину, 1999).

У ґрунтовому повітрі може утримуватися  $\text{CO}_2$  у десятки і сотні разів більше, ніж в атмосферному повітрі, а концентрація кисню може знизитися з 20,9 до 15-10% і нижче. У ґрунтах, які мають гарну аерацію і сприятливі фізичні властивості, вміст  $\text{CO}_2$  у ґрунтовому повітрі не перевищує 1-2%, а вміст  $\text{O}_2$  не буває нижче 18%. За умов перезволоження в ґрунтах важкого механічного складу вміст  $\text{CO}_2$  може досягти 4-6% і більше, а  $\text{O}_2$  падає до 17-15% і нижче. У заболочених ґрунтах спостерігаються ще більш високі концентрації  $\text{CO}_2$  і низькі  $\text{O}_2$ .

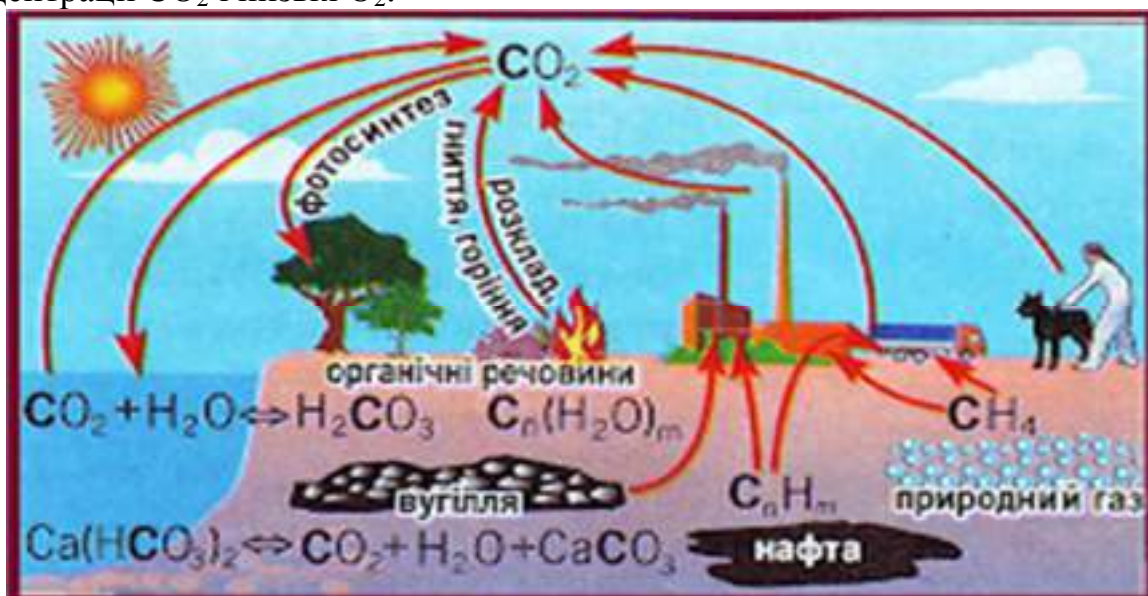


Рис. 10.3. Кругообіг вуглецю у природі.

Вміст вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі підвищується при внесенні органічних добрив. На 1 га удобреного гноєм і добре обробленого поля ґрунт містить до  $2 \cdot 10^{18}$  бактерій, які протягом доби виділяють у повітря 500 кг  $\text{CO}_2$ . Такої кількості його достатньо для живлення рослин на цій площі. Мінеральні добрива, внесені в ґрунт, активізують життєдіяльність мікроорганізмів, що також посилює виділення вуглекислого газу в приґрунтове повітря. Вміст вуглекислого газу в приґрунтовому повітрі залежить від своєчасного обробітку – руйнування кірки, боронування і розпушування міжрядь. Підвищують вміст  $\text{CO}_2$  в приґрунтовому шарі повітря полезахисні смуги і куліси з високорослих рослин (послаблюють силу вітру).

Процеси асиміляції при оптимальному вмісті у повітрі  $\text{CO}_2$  і сонячному освітленні залежать від температури повітря. Найкраще вони відбуваються при температурі 18-25°C. При підвищенні температури інтенсивність асиміляції дещо зростає, але водночас підвищуються процеси дихання. Внаслідок цього інтенсивність нагромадження асимілянтів сповільнюється, а при переході за максимальну температуру – припиняється.

Однак, підвищений вміст вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі має і негативні сторони. Так, підвищення його вмісту до 1-2 % негативно позначається на проростанні насіння і рості кореневої системи, особливо при низьких температурах і утворенні на посівах ґрунтової кірки. Остання значно утруднює газообмін, внаслідок чого проростки задихаються. Тому завжди великої шкоди завдає сходам ґрунтова кірка, особливо на посівах дрібнонасінних культур (моркви, петрушки, селери, цибулі та ін.). Щоб запобігти цьому, треба систематично руйнувати її або створювати агротехнічними заходами умови, які б не допускали її утворення.

**Азот ґрунтового повітря** мало відрізняється від атмосферного. Деякі зміни вмісту азоту відбуваються в результаті зв'язування його бульбочковими бактеріями, прояву денітрифікації. У ґрунтовому повітрі в невеликій кількості ( $10^{-9}$  –  $10^{-12}\%$ ) постійно присутні леткі органічні сполуки різноманітної природи (етилен, метан і ін.). З погіршенням аерації ґрунтів у ґрунтовому повітрі етилен накопичується в концентраціях, що перевищують рівень токсичності для коренів рослин (0,001%). У ґрунтовому повітрі заболочених і болотних ґрунтів можуть знаходитися в помітних кількостях аміак, водень, метан (рис. 10.4).

Ґрунтове повітря неоднорідне за складом і рухливістю, що обумовлюється різноманітністю розмірів пор в ґрунтах. У більш великих порах повітря більш рухливе, менше збагачене  $\text{CO}_2$ , більше містить  $\text{O}_2$ . Основними споживачами кисню в ґрунті є корені рослин, аеробні мікроорганізми і ґрунтова фауна і лише незначна частина його витрачається на чисто хімічні процеси.

В умовах гарної аерації ґрунтів при поглинанні кисню виділяється еквівалентна або декілька менша кількість  $\text{CO}_2$  і коефіцієнт дихання

(відношення  $\text{CO}_2$ , що виділився, до поглинутого  $\text{O}_2$ ) близький до одиниці. Для ґрунтів з утрудненим газообміном коефіцієнт дихання більше одиниці, тому що в таких ґрунтах виникає велика кількість анаеробних мікрозон, де продукується  $\text{CO}_2$  без поглинання кисню.



Рис. 10.4. Кругообіг азоту в природі.

Кількість кисню, використаного рослинами, залежить від їх біологічних особливостей, фази розвитку, умов середовища ( $t$ , вологість, поживні речовини і т.ін.). При збільшенні температури ґрунту з  $5$  до  $30^\circ\text{C}$  інтенсивність поглинання  $\text{O}_2$  і виділення  $\text{CO}_2$  зростає в  $10$  разів. Влітку ґрунти поглинають і виділяють  $\text{CO}_2$  у декілька разів більше, ніж весною і восени. Кисень надходить у ґрунт з атмосфери дифузно, з опадами і зрошувальною водою, по тканинах рослин.

Прямий вплив кисню на рослини виявляється в процесах дихання. При відсутності вільного кисню в ґрунті розвиток рослин припиняється. Непрямий вплив кисню на продуктивність рослин виражається в його впливі на ґрунт. При нестачі  $\text{O}_2$  у ґрунті розвиваються анаеробні процеси з утворенням токсичних для рослин сполук, знижується вміст доступних поживних речовин, погіршуються фізичні властивості, все це в сукупності впливає на ріст рослин.

**Мікрогази.** Поряд з макрогазами в ґрунтовому повітрі містяться газоподібні речовини різної природи, присутні в мікрокількостях. До них відносяться  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}$ , водень, аміак, а також, різноманітні органічні сполуки – етилен, ацетилен, метан, меркаптани, ефіри і т.д. У ґрунтовому повітрі виявлено такі біологічно активні компоненти, як летючі вітаміни, гормони, фітонциди і т.д., які надають специфічні аромати, наприклад аромат «стиглого ґрунту». Вміст мікрогазів в ґрунтовому повітрі невеликий і звичайно не перевищує  $n \dots 10^{-4}$  –  $n \dots 10^{-12}\%$ . Однак в деяких випадках цього

цілком достатньо, для того щоб надати токсичний вплив на кореневу систему рослин і пригнічувати життєдіяльність мікроорганізмів. В повітрі деяких ґрунтів газів, звичайно присутніх в мікрокількостях, накопичуються у високих концентраціях (метан і водень в болотних ґрунтах або сірководень в ґрунтах, на яких обробляють рис).

Іноді в складі ґрунтового повітря можуть бути присутні деякі газів, дифундуючі через товщі гірських порід з місць їх скупчення. В результаті цього явища ґрунти над нафтовими і газовими родовищами бувають збагачені вуглеводнями, над складами радіоактивних елементів – гелієм, радіоактивними еманациями. На цьому засновані спеціальні газові геохімічні методи пошуків родовищ корисних копалин.

***Найбільш часто зустрічаються в ґрунтах окислювально-відновні системи***

- $O_2 - O^{2-}$
- $Fe^{3+} - Fe^{2+}$
- $Mn^{2+} - Mn^{3+} - Mn^{4+}$
- $NO_3^- - NO_2^- - N_2$
- $H_2 - 2H^+$
- $SO_4^{2-} - H_2S$
- $CO_2 - CH_4$
- $Cu^+ - Cu^{2+}$

***Шкала окисно-відновних процесів в ґрунті***

Характер процесів ОВП, мВ

Інтенсивно відновлювальні <200

Помірно відновлювальні 200 ... 300

Слабовідновлювальні 300 ... 400

Слабоокислювальні 400 ... 500

Помірно окислювальні 500 ... 600

Інтенсивно окисні > 600

***Анаеробні процеси*** починають розвиватися при вмісті кисню менше 2,5-5%. При низькій температурі (0-4°C) або низькій вологості (близькій до вологості в'янення), коли біологічні процеси сильно пригнічені, розвиток аеробних процесів можливий навіть при вмісті  $O_2$  0,5%.

Вуглекислий газ знаходиться в ґрунті (головним чином) завдяки біологічним процесам. Частково він може надходити в ґрунтове повітря з ґрунтових вод, а також у результаті його десорбції з твердої і рідкої фаз ґрунту. Деяка кількість його може виникати при перетворенні бікарбонатів у карбонати під час випаровування ґрунтових розчинів і в процесі впливу кислот на карбонати ґрунту, а також хімічного окислювання органічної речовини. Висока концентрація  $CO_2$  у ґрунтовому повітрі (більш 2-3%) пригнічує розвиток рослин.

Виділення  $CO_2$  з ґрунту в нижні шари атмосфери прийнято називати ***диханням ґрунту***.

**Коефіцієнт дихання** – відношення виділеного ґрунтом вуглекислого газу до поглинутого ним кисню

$$КД = [CO_2] / [O_2]$$

При гарній аерації КД близький до 1. При утрудненому газообміні > 1 (анеробіозис)

Вуглекислий газ, який надходить з ґрунту, споживається рослинами в процесі фотосинтезу. Інтенсивність дихання ґрунту залежить від його властивостей, гідротермічних умов, характеру рослинності. Виділення CO<sub>2</sub> ґрунтом посилюється при його окультуренні в зв'язку з активізацією біологічних процесів і поліпшенням умов аерації. Таким чином, інтенсивність дихання – важлива характеристика газообміну й активності біологічних процесів у ґрунті.

**Емісії CO<sub>2</sub>** ґрунтом приділяється увага в зв'язку з «**парниковим ефектом**». Цей ефект полягає в тому, що такі гази, як CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O створюють в атмосфері газоподібний екран, подібний склу або плівці в парнику, який пропускає короткохвильову радіацію, але не пропускає довгохвильову, теплову. Тобто надходження на поверхню ґрунту пропускається, а виділення газів – ні. У результаті парникового ефекту очікується суттєве підвищення температури в Україні (рис. 10.5).

**Газообмін, або аерація**, здійснюється повітряними порами ґрунту, які сполучені між собою і з атмосферою. Газообмін у ґрунті залежить від таких факторів: - температури, яка зумовлює розширення і стискання ґрунтового повітря;

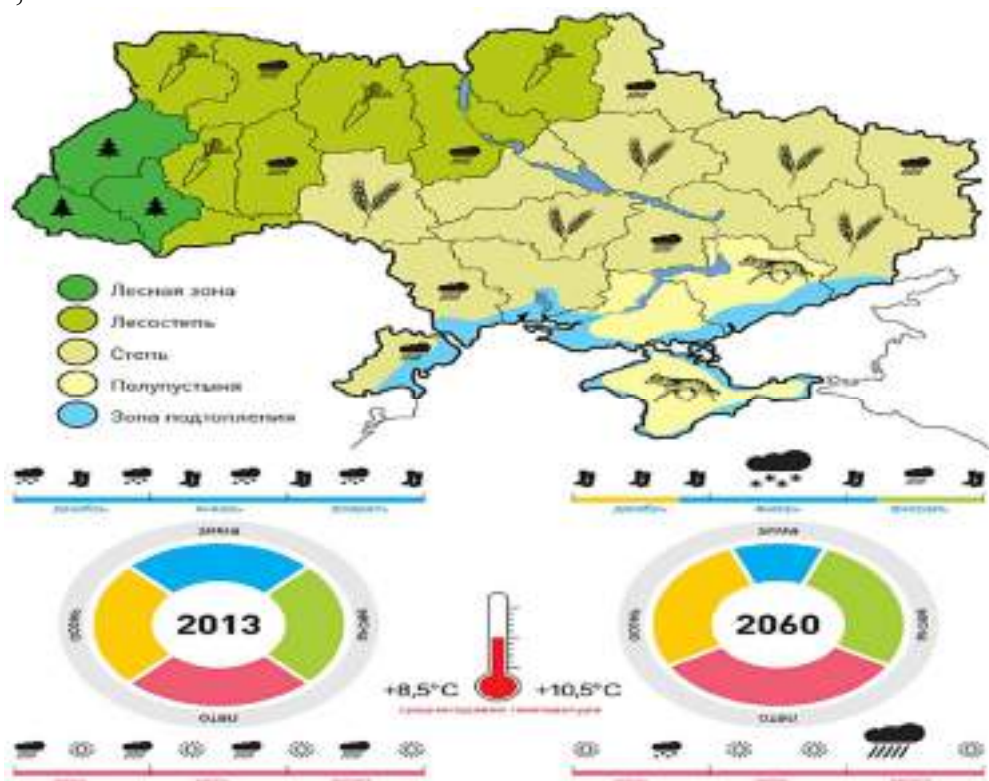


Рис. 10.5. Показники розвитку аграрного сектору та агрокліматичні умови території України у співставленні 2013/2060 роки.

- вітру, який підсилює дифузію;
- коливань атмосферного тиску;
- опадів і випаровування;
- щільності (чим пухкіший ґрунт, тим більше в ньому повітря і тим швидше здійснюється аерація);
- структури ґрунту (у структурних ґрунтах газообмін здійснюється швидко, в безструктурних – дифузія повітря повільніша) (рис. 10.6).

До чинників газообміну відносяться: дифузія, надходження вологи в ґрунт з опадами або при зрошенні, зміна температури ґрунту й атмосферного тиску, вплив вітру, зміна рівня ґрунтових вод або верховодки.

Рух газів в профілі буде визначатися процесами дифузії та конвекції.

**Дифузія** – це переміщення газів відповідно до їхнього парціального тиску. Оскільки в ґрунтовому повітрі  $O_2$  менше, а  $CO_2$  більше, ніж в атмосфері, то під впливом дифузії створюються умови для безупинного надходження кисню у ґрунт і виділення вуглекислого газу в атмосферу.

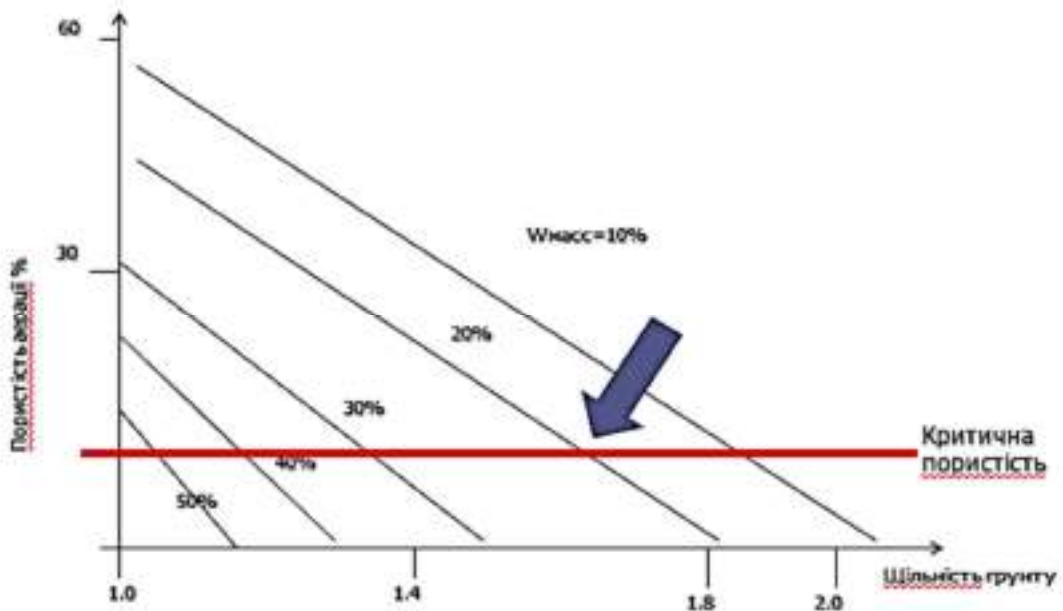


Рис. 10.6. Залежність пористості аерації від щільності ґрунтів і вологості.

**Конвекція** – перенесення ґрунтових газів з масовими потоками повітря і води, що діє силою якого є перепад тиску – пневматичного і суми капілярно-сорбційного і гравітаційного тиску вологи. Перенесення газів в розчинній формі. Процес конвективного переносу, який може включати різноманітні процеси (надходження в розчиненому вигляді з опадами, поливами, «поршневий» рух повітря, що виникає внаслідок всмоктування води, добова зміна температури, пориву вітру над нерівною поверхнею, зміни атмосферного тиску), не робить істотного, стабільного, інтенсивного і довгострокового за дією, впливу на газопереміщення. Тобто, це процес перенесення ґрунтових газів з масовими потоками повітря і води, діючою силою якого є перепад тисків – пневматичного («пневматичний» походить від

грец. слова вітер, дихання) і суми капілярно-сорбційного та гравітаційного тисків. При перенесенні газу у розчиненому стані слід використовувати рівняння Дарсі і/або Річардса для розрахунку перенесення води. Потім, знаючи концентрацію розчиненого газу, можна розрахувати і кількість перенесеного у розчинному стані газу. Значення цього типу перенесення газів невелике. Прості розрахунки це підтверджують. У 1 м<sup>3</sup> води, що поступив у ґрунт, міститься приблизно 6 л О<sub>2</sub>. Середнє використання О<sub>2</sub> корінням рослин складає 0,2 л/год на 1 кг кореневої маси. Відповідно, ця кількість О<sub>2</sub>, яка поступила у ґрунт, буде витрачена за добу.

Конвективний переніс газу із ґрунту з повітрям буде визначатись явищем повітропроникності ґрунту і описуватись рівнянням:

$$q_a^k = \frac{K_a C_a}{\eta} \cdot \frac{dP_a}{dz}$$

, де:  $q_a^k$  – конвективний потік газу, який проходить під дією градієнту пневматичного тиску –  $(dPa/dz)$ ;  $K_a$  – повітропроникність ґрунту [м<sup>2</sup>];  $C_a$  – концентрація відповідного газу у повітрі, що рухається;  $\eta$  – динамічна в'язкість повітря [Па·с].

Причин виникнення перепаду пневматичного тиску може бути кілька:

- 1) зміни атмосферного тиску;
- 2) виникнення тимчасових перепадів за рахунок поривів вітру, нерівностей поверхні;
- 3) випадання опадів, зрошення, які витісняють ґрунтового повітря із шарового простору ґрунту;
- 4) зміни температури ґрунту, що приводять до розширення і стискування повітря у ґрунті.

Розглянемо поступово можливий вплив цих процесів на зміну газів у ґрунті, їх виділення в атмосферу.

Зміни атмосферного тиску. Якщо припустити, що атмосферний тиск зміниться від 760 до 750 мм рт. ст., то за законом Бойля-Маріотта ( $P_1V_1=P_2V_2$ ) об'єм газів у ґрунті зміниться лише на 1/76 частину. Це, звичайно, небагато. І суттєвого значення цей процес на газообмін ґрунтового і атмосферного повітря не має.

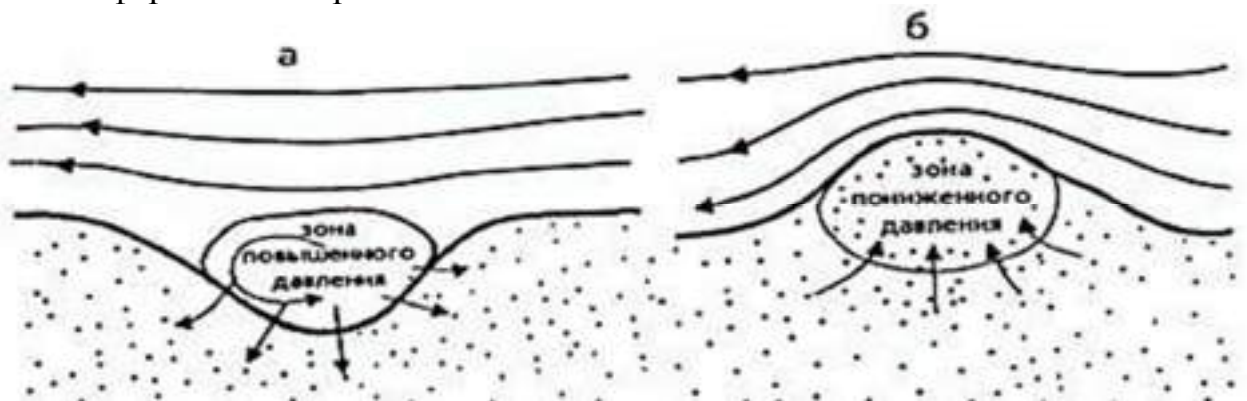


Рис. 10.7. Рух повітря, що створює локальне підвищення(а) і пониження (б) пневматичного тиску над ґрунтом.

Тимчасові перепади тиску можуть виникнути у випадку поривів вітру над поверхнею ґрунту, у випадку руху повітря над нерівностями поверхні. На рис. 10.7 наведені випадки локального підвищення тиску (рис. 10.7 а) або пониження тиску (рис. 10.7 б) за рахунок руху повітря над поверхнею ґрунту.

Пояснити такі локальні підвищення або пониження тисків можна, застосовуючи закон Бернуллі, який говорить, що чим більша швидкість руху рідини або газів, тим менший тиск у потоці. Виходить, що у мікропониженнях тиск буде вищий, ніж над мікропідвищеннями. Ці локальні перепади повинні викликати рух повітря і відповідно конвективне перенесення газів. Проте і це явище тимчасове, пов'язане з поривами вітру, локальне і суттєвого вкладу у процес газообміну не вносить.

**Вплив опадів, зрошення.** Це явище проявляється у тому, що вода, яка поступає у ґрунт, витісняє шпаровий простір. Але чи дійсно вода так інтенсивно “витісняє” повітря? Якщо на поверхню ґрунту поступило 10 мм водяного шару опадів (досить помітні зміни запасів вологи,  $\Delta ZB$ ), то зміни об'ємної вологості становитимуть:

$$\Delta \theta = \frac{\Delta ZB}{h \rho_s}$$

або якщо  $\rho_s$  близьке до  $1 \text{ г/см}^3$  і розглядається шар потужністю ( $h$ ) 10 см, то  $\Delta \theta = 1/(10 \cdot 1) = 0,1$  або всього на 10 %. Відповідно і вміст повітря (шпаруватість аерації) зміниться лише на 10 %. Значення цього явища у газообміні також невелике. Останній фактор конвективного газоперенесення – температура, нагрівання і охолодження ґрунту протягом доби. Зробимо прості розрахунки, враховуючи, що зміни температури лінійно пов'язані з об'ємом газу ( $PV=RT$ , де  $R$  – газова стала, інші позначення – ті ж). І якщо протягом доби температура вдень збільшилась на  $20^\circ\text{C}$ , а вночі знизилась на  $20^\circ\text{C}$ , тобто перепад температур буде значним –  $40^\circ\text{C}$ , то зміниться всього лише  $40/273 \approx 0,15$ , тобто всього 0,15 частини об'єму. І цей процес конвективного перенесення буде незначним. Таким чином процес конвективного перенесення, який може включати різноманітні процеси (надходження у розчинному вигляді з опадами, поливами, “поршневий” рух повітря, який виникає у результаті вбирання води, добові зміни температури, пориви вітру над нерівною поверхнею, зміни атмосферного тиску), не має суттєвого, тобто стабільного, інтенсивного і довготривалого за дією, впливу на газоперенесення.

## **10.2. Повітряні властивості ґрунтів та шляхи регулювання повітряного режиму ґрунтів в агрономічній практиці**

Стан газообміну визначається повітряними властивостями ґрунтів. До повітряних властивостей ґрунтів відносяться повітропроникність і повітроємність.



**Вміст повітря** – величина, яка вказує, скільки повітря (в %) містить одиниця об'єму ґрунту в даний момент. Вона безперервно змінюється залежно від зміни вологості. Тому максимальний вміст повітря має сухий ґрунт.

**Повітропроникність** – здатність ґрунту пропускати через себе повітря. Вона вимірюється кількістю повітря в мл, що проходить під визначеним тиском в одиницю часу через переріз ґрунту  $1 \text{ см}^2$  при товщині прошарку  $1 \text{ см}$  чим повніше виражена повітропроникність, тим краще газообмін, тим більше в ґрунтовому повітрі  $\text{O}_2$  і менше  $\text{CO}_2$ . Повітропроникність залежить від механічного складу ґрунту, його щільності, вологості, структури. Повітря в ґрунті пересувається по порах, не заповнених водою і не ізольованих одна від одної. Чим крупніші пори аерації, тим краще повітропроникність. У структурних ґрунтах, де поряд із капілярними порами є достатня кількість значних некапілярних пор, створюються найбільш сприятливі умови для повітропроникності.

**Повітроємність** характеризує вміст повітря в ґрунті в об'ємних відсотках. Кількість повітря в ґрунті залежить від вологості і пористості ґрунту. Чим вище пористість і менше вологість, тим більше повітря утримується в ґрунті. Максимальна повітроємність характерна для сухих ґрунтів і дорівнює загальній пористості. Проте в природних умовах ґрунт завжди втримує ту або іншу кількість води, тому розмір повітроємності дуже динамічний. У повітряно-сухому стані повітроємність ґрунту дорівнює різниці між загальною пористістю й обсягом гігроскопічної вологи. Особливе значення має повітроємність ґрунту, що відповідає найменшій вологоємності і є аналогом некапілярної пористості.

Повітроємність ґрунту характеризується вмістом повітря в ґрунті в об'ємних відсотках. Кількість повітря в ґрунті залежить від вологості і пористості ґрунту. Чим вище пористість і менша вологість, тим більше повітря міститься в ґрунті. Визначається за формулою:

$$P_{\text{аер.}} = P_{\text{заг.}} - W_d, \text{ де:}$$

$P_{\text{аер.}}$  – пористість аерації, %

$P_{\text{заг.}}$  – загальна пористість ґрунту, % або  $\text{см}^3/\text{см}^3$ ;

$W_d$  – об'ємна вологість ґрунту, % або  $\text{см}^3/\text{см}^3$ .

Оптимальні умови для газообміну створюється при вмісті повітря в мінеральних ґрунтах 20-25%, а в торф'яних – 30-40%.

Цей показник залежить від тих же факторів, що і повітропроникність. Чим вища пористість і менша вологість ґрунту, тим більше повітря міститься в ньому. Максимальна повітроємність характерна для сухих ґрунтів і дорівнює їх загальній пористості. Особливе значення має пористість аерації ґрунту при його найменшій вологоємності (НВ). Її величина не повинна опускатися нижче 15%. Найкращі умови для аерації ґрунту створюються при пористості аерації 20-25% в мінеральних ґрунтах і 30-40% у болотних.

### **Шляхи регулювання повітряного режиму ґрунту**

**Повітряним режимом ґрунту** називають сукупність усіх явищ надходження повітря в ґрунт, пересування його в профілі ґрунту, зміни складу і фізичного стану при взаємодії з твердою, рідкою і живою фазами

грунту, а також газообмін ґрунтового повітря з атмосферним.

Повітряний режим ґрунтів зазнає добової, сезонної, річної і багаторічної мінливості і знаходиться в прямій залежності від властивостей ґрунтів (фізичних, хімічних, фізико-хімічних і біологічних), погодних умов, характеру рослинності й ін.

Структурні ґрунти пухкого складення, що добре інфільтрують воду, мають високу некапілярну і капілярну пористість, характеризуються оптимальним повітряним режимом. Ґрунти з постійним чи тимчасовим перезволоженням, навпаки, – потребують покращення повітряного режиму, тобто його регулювання за допомогою агротехнічних та меліоративних заходів.

Необхідність проведення цих заходів обґрунтовують основними показниками повітряного режиму: повітроємністю, повітропроникністю, швидкістю дифузії, складом ґрунтового повітря, інтенсивністю виділення ґрунтом вуглекислоти. Пористість аерації для забезпечення сприятливих для рослин умов повинна бути не нижче 20-25% від об'єму ґрунту. На переущільнених і безструктурних ґрунтах навіть при оптимальній вологості (НВ) пористість аерації може бути нижчою за критичну величину (15%). Допустимі норми складу ґрунтового повітря дуже залежать від температури ґрунту. Наприклад, у дерново-підзолистому суглинковому ґрунті оптимальний склад ґрунтового повітря має місце тоді, коли вміст  $\text{CO}_2$  не перевищує 2-3%, а концентрація  $\text{O}_2$  – не нижче 18-19%; при загальному вмісті повітря не менше 20% від об'єму ґрунту, якщо температура ґрунту понад  $15^\circ\text{C}$ . Якщо ж температура становить  $10-15^\circ\text{C}$ , сприятливі умови аерації забезпечуються при нижчій пористості аерації – 15-20%. В торфовищах пористість аерації повинна бути не нижчою 30-35% для забезпечення нормального газообміну. Найбільш сприятливий режим складається, коли вміст ґрунтового повітря становить 20-25% від об'єму ґрунту.

На нестачу кисню в ґрунті рослини реагують неоднаково: злакові менше, ніж бобові. Дуже на нестачу кисню реагують картопля, ячмінь, люпин і менше – гречка та рис. Незважаючи на відносно більшу стійкість проти нестачі кисню злакових рослин, все ж таки їх урожай значною мірою знижується. Причиною цього є вплив шкідливих закисних сполук, що утворюються в ґрунті при його недостатній аерації. Кисень необхідний рослинам для дихання. Він є джерелом енергії, що витрачається при надходженні води і поживних речовин у клітини, для росту, синтетичних процесів тощо.

Багато кисню потребують корисні ґрунтові мікроорганізми. Нітрифікація активно відбувається тільки при вільному доступі кисню. У зв'язку з цим вона завжди активізується при розпушуванні ґрунту. В перші дні після розпушування нітрата з'являються іноді в 5-10-кратних кількостях порівняно з їх наявністю до обробітку.

Бульбочкові бактерії, що живуть на коренях бобових рослин, активно діють і засвоюють молекулярний азот тільки при вільному надходженні

кисню. Фіксація азоту відбувається паралельно з використанням бактеріями вільного кисню при окисненні різних джерел вуглецю.

Кисень необхідний для мікроорганізмів, що беруть участь у живленні культурних рослин. Мікориза, а також багато мікробів прикореневої зони тісно пов'язані з вищими рослинами. Вони є аеробними організмами і потребують наявності кисню в ґрунті.

Вищі рослини по-різному реагують на вміст вуглекислоти в атмосферному й ґрунтовому повітрі. За умов концентрації вуглекислоти в ґрунтовому повітрі понад 1% деякі культурні рослини виявляють ознаки отруєння, тоді як підвищення концентрації її у атмосферному повітрі до 1% і більше супроводжується збільшенням врожаю. Встановлена пряма залежність асиміляції багатьох рослин від підвищення вмісту вуглекислоти в повітрі.

Трав'янисті рослини використовують вуглекислоту насамперед з приземного шару повітря, де її концентрація вища. За рахунок ґрунтової вуглекислоти найшвидше поповнюється нестача  $\text{CO}_2$  в нижніх шарах атмосфери. Нестача вуглекислоти тут у денні години легко поповнюється вночі, коли припиняється фотосинтез. При зниженні температури вночі зменшується і продуціювання вуглекислоти в ґрунті, але вночі рослини не використовують  $\text{CO}_2$ , а навпаки, виділяють його під час дихання. Усе це відновлює денні витрати  $\text{CO}_2$ . Це ще більше підсилює газообмін між ґрунтовим і атмосферним повітрям.

У ґрунті  $\text{CO}_2$  нагромаджується в основному під впливом життєдіяльності мікроорганізмів і кореневої системи рослин. Коренева система культурних рослин дуже чутлива до високої концентрації  $\text{CO}_2$  в ґрунті, але мікроорганізми здатні порівняно легко її переносити. Амоніфікуючі й нітрифікуючі бактерії припиняють свою життєдіяльність при вмісті  $\text{CO}_2$  понад 30%. Життєдіяльність ґрунтових бактерій посилюється і виділення  $\text{CO}_2$  збільшується при внесенні переважно органічних добрив, що містять калій, фосфор, сірку. Утворенню  $\text{CO}_2$  сприяє тепло, рівномірна вологість, що становить 40% ПВ ґрунту, розпушування ґрунту, одночасне внесення органічних і мінеральних добрив. Найбільше  $\text{CO}_2$  у верхніх шарах ґрунту, де значно більше мікроорганізмів і де активність їх вища. На глибині 20-30 см кількість бактерій в 1 г ґрунту зменшується в 3-10 разів. На глибині 1 м і більше кількість бактерій зменшується ще більше. Незважаючи на те, що найбільша кількість  $\text{CO}_2$  зосереджена у верхніх шарах ґрунту, концентрація його в глибших шарах менша, а газообмін значно уповільнений.

**Регулюють повітряний режим** за допомогою агротехнічних і меліоративних заходів. Інтенсивність дихання ґрунту – характерний показник повітряного режиму. Розмір дихання ґрунту коливається в широких межах у залежності від властивостей ґрунтів, гідротермічних умов, характеру рослинності.

До таких агрозаходів відносять:

- вапнування і гіпсування;
- застосування органічних і мінеральних добрив;

- поглиблення орного шару і руйнування плужної підшви;
- знищення ґрунтової кірки;
- розпушування міжрядь;
- висів багаторічних трав;
- меліорація заболочених ґрунтів.

Найбільш сприятливий повітряний режим створюється в структурних ґрунтах, які мають пухку будову, здатних швидко проводити і перерозподіляти повітря і воду, які надходять. Добра структурність цих ґрунтів зумовлює їх високу пористість (50-60 %), що сприяє кращій повітропроникності порівняно з дерново-підзолистими та іншими ґрунтами, у яких через надмірне зволоження часто порушується повітряний режим, внаслідок чого знижується продуктивність сільськогосподарських культур. Найсприятливіші умови для росту сільськогосподарських культур створюються тоді, коли близько 60 % ґрунтових пор заповнені водою, а 40% – повітрям. О.М. Ликов, О.О. Коротков, Т.Г. Громакова вважають оптимальним вміст повітря в орних землях такий: для зернових – 15-20%, просапних – 20-30, для багаторічних трав – 17-21% загальної пористості.

Біологічна активність (дихання) ґрунту коливається в широких межах (0,5-10 кг/га за годину). Найвищу біологічну активність ґрунт має в період максимальних приростів кореневої системи і вегетативної маси рослин, якщо цьому сприяють вологість і температура ґрунту. Концентрація  $\text{CO}_2$  в ґрунтовому повітрі може дещо зростати. Різні сільськогосподарські культури мають різні вимоги до аерації ґрунту. Ці вимоги зменшуються в ряду: картопля → кукурудза → зернові → багаторічні трави. Велике значення для рослин має тривалість періоду з несприятливою аерацією, тому для характеристики повітряного режиму ґрунту доцільно знати добову і сезонну (річну) динаміку складу ґрунтового повітря. Добова динаміка визначається добовим ходом температури і атмосферного тиску, зміною швидкості фотосинтезу та іншими факторами. Ці фактори впливають на інтенсивність дифузії, дихання коренів, мікробіологічну активність ґрунту. Добові коливання складу ґрунтового повітря охоплюють, як правило, лише верхню півметрову товщу ґрунту. Амплітуда цих змін для кисню і вуглекислого газу не перевищує 0,1-0,3%. Найбільш істотно протягом доби змінюється інтенсивність дихання ґрунту. Склад ґрунтового повітря може оновлюватися протягом доби на 10-15%. Сезонна (річна) динаміка визначається річним ходом атмосферного тиску, температури, опадів, а також вегетаційними ритмами розвитку рослин, мікробіологічною активністю ґрунту. Максимальний вміст  $\text{O}_2$  (і мінімальний –  $\text{CO}_2$ ) спостерігається в літній період, а восени та взимку товща ґрунту звільняється від накопиченої вуглекислоти. За оптимальної вологості з підвищенням температури ґрунту вміст  $\text{CO}_2$  в ґрунтовому повітрі зростає, а вміст  $\text{O}_2$  – знижується. За високих температур і при вологості близькій до ВСВ склад ґрунтового повітря наближається до атмосферного. Для складу ґрунтового повітря характерна та чи інша вертикальна диференціація в профілі ґрунту. Для більшості ґрунтів звичайним є підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  з глибиною (концентрація  $\text{O}_2$  відповідно знижується).

*Повітряний режим ґрунту регулюють насамперед* за допомогою агрозаходів, спрямованих на відтворення структури ґрунту, підвищення її стійкості. Основними з них є обробіток ґрунту, внесення органічних добрив, вирощування багаторічних трав, відведення надмірної кількості води з ґрунту, застосування штучних структурантів. Найефективніше регулюється повітряний режим за допомогою обробітку ґрунту. Добре розпушені ґрунти (щільність яких не перевищує  $1,2-1,3 \text{ г/см}^3$ ) навіть при порівняно високій вологості вуглекислого газу містять не більше  $0,2-0,6 \%$ , а кисню – не менше  $20\%$ , тобто повітряний режим задовільний. В ущільнених і дуже зволжених ґрунтах вміст  $\text{CO}_2$  досягає шкідливого рівня –  $2$  і навіть  $5-6 \%$ .

Обробіток ґрунту покращує аерацію, підсилюючи інтенсивність газообміну, але це явище має тимчасовий характер. Покращення аерації може бути більш-менш тривалим лише в добре оструктуреному ґрунті. Мінімізація обробітку ґрунту сприяє зниженню амплітуди коливання щільності, збереженню вертикальних пор, що добре фільтрують воду і цим самим теж покращує аерацію ґрунту.

Внесення органічних добрив в гідроморфні ґрунти необхідно поєднувати з покращенням їх повітряного режиму (кротовим дренажем). При глибокому заорюванні на глеєвих безструктурних ґрунтах органіка в анаеробному середовищі трансформується з накопиченням відновлених речовин і виділенням газів ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$  та ін.), що токсично впливають на рослини. Тому треба зменшувати глибину заорювання, застосовувати хімічну меліорацію, безполицевий (глибокий плоскорізний) обробіток ґрунту, мінімізацію системи обробітку, яка підвищує буферність ґрунту до ущільнення.

Велике значення має глибоке розпушування ґрунту. Воно забезпечує проникання повітря в нижні шари, що сприяє проростанню коренів вглиб і посилює посухостійкість рослин. Розпушування верхнього шару ґрунту запобігає утворенню ґрунтової кірки. Однак у посушливих умовах часті розпушування збільшують втрати вологи через випаровування. Несприятливий повітряний режим може створюватися на посівах озимих культур і багаторічних трав взимку, коли утворюється льодова кірка або сніг випадає на незамерзлий ґрунт.

Внесення в ґрунт органічних добрив забезпечує утворення в ньому і видалення в приґрунтовий шар повітря вуглекислого газу, що позитивно впливає на процес фотосинтезу. Ці добрива поліпшують також структуру та інші фізичні властивості ґрунту, що підвищує інтенсивність повітро- і газообміну.

Повітряний режим пов'язаний з водним режимом ґрунту і добре піддається регулюванню на ґрунтах, що мають водотривку дрібногрудочкувату структуру ( $0,25-10 \text{ мм}$ ). Повітря, що переміщується в проміжках ґрунту, аерує його. Проте надлишок вологи (близької до повної вологості або вище від неї) за певних умов призводить до появи щілин з повітрям, які закриті водяними пробками. У зв'язку з відсутністю газообміну в таких щілинах збільшується вміст  $\text{CO}_2$ , а кисень використовується мікроорганізмами та коренями рослин. Це спостерігається,

головним чином, в ущільнених прошарках ґрунту. З висиханням ґрунту водні пробки зникають, відкриваються зв'язок ґрунтових щілин з атмосферним повітрям.

Оновленню ґрунтового повітря сприяють такі фактори: дифузія газів – тепловий рух молекул у напрямі зменшення їхньої концентрації; коливання атмосферного тиску, яке призводить до надходження атмосферного повітря в ґрунт при його підвищенні, а також до виділення ґрунтового повітря при зменшенні тиску; коливання температури, коли при денному нагріванні ґрунтового повітря розширюється і частково виходить з ґрунту, а вночі, охолоджуючись, стискується, відкриває можливість надходженню атмосферного повітря в ґрунті; зміна вологості ґрунту при випаданні опадів та при зрошенні, коли повітря витісняється водою і коли воно надходить у ґрунт при використанні вологи коренями і внаслідок випаровування з ґрунту; вітер сприяє газообміну на полях, не зайнятих рослинами. В реальних умовах поля завжди виявляється комплексна дія цих факторів.

При розробленні заходів щодо поліпшення повітряного режиму ґрунту враховують: забезпеченість ґрунту достатньою кількістю повітря; зміну водного і повітряного режиму; забезпеченість доброго газообміну між ґрунтом і атмосферою; поліпшення складу приземного шару повітря; регулювання правильного співвідношення в ґрунті між аеробним і анаеробним процесами.

При вирощуванні рослин на полях відбувається часткове розпилення та ущільнення ґрунту, що призводить до зменшення повітроємності й потребує поліпшення аерації. У добре обробленому дрібногрудочкуватому ґрунті повітрям заповнені некапілярні пори.

У різних ґрунтово-кліматичних зонах коренева система рослин неоднаково забезпечена водою і повітрям. На Поліссі рослини краще забезпечені водою й повітрям, ніж у Степу. Тому в умовах Полісся доцільно мати в ґрунті більше некапілярних пор – понад 50% загальної щільності. У посушливих умовах краще, коли некапілярні проміжки займають менше половини об'єму загальної пористості.

На повітрообмін також впливає рослинність. На відкритих ґрунтах і при відносно невеликій густоті рослин на площі він посилюється завдяки впливу вітру на верхній шар ґрунту і легше відбувається в приземному шарі, особливо на ґрунтах, що мають велику некапілярну пористість. Рослинність також впливає на коливання температури ґрунту і цим самим – на інтенсивність повітрообміну.

Зрошення, змінюючи термодинамічні умови у ґрунті, істотно змінює як вміст так і склад повітря. При дощуванні нормою 250-300 м/га відбуваються лише слабкі зміни в складі ґрунтового повітря, так що через 2-3 доби система знову повертається до стану динамічної рівноваги. Дощування на чорноземах більш високими нормами (500-600 м<sup>3</sup>/га) викликає істотні зміни в складі ґрунтового повітря, що треба враховувати особливо при вирощуванні овочів, дуже чутливих до аерації.

Осушення надмірно зволжених ґрунтів поліпшує їх повітряний режим, за рахунок чого підвищується врожайність сільськогосподарських

культур. У зонах недостатнього та нестійкого зволоження, де дефіцит повітря в ґрунті трапляється рідко, майже немає необхідності в застосуванні спеціальних заходів збільшення газообміну (не враховуючи зрошуваних земель).

При окультуренні ґрунтів відбувається оптимізація їх повітряного режиму. Застосування органічних і мінеральних добрив, хімічна меліорація, зрошення та осушення – все це активізує біологічні процеси, підвищує інтенсивність дихання ґрунту.

### **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Які особливості ґрунтового повітря в порівнянні з атмосферним?
2. У чому полягає значення ґрунтового повітря в житті ґрунтів і продуктивності рослин?
3. Що таке газообмін, від яких чинників він залежить?
4. Охарактеризуйте повітряні властивості.
5. Які оптимальні умови аерації ґрунтів?
6. Що розуміють під повітряним режимом, які його показники?
7. Дайте визначення повітропроникності.
8. Від чого залежить повітроємність.
9. Коли створюються анаеробні умови.
10. Як можна регулювати повітряний режим ґрунту?
11. Назвіть форми ґрунтового повітря.
12. Дайте визначення повітроємності, повітропроникності, повітровмісту.
13. Порівняйте склад ґрунтового і атмосферного повітря.
14. Чим обумовлений вміст  $\text{CO}_2$  і  $\text{O}_2$  в ґрунтовому повітрі?
15. Перелічіть умови, що визначають газообмін у ґрунті.
16. Дайте визначення дифузії.

# РОЗДІЛ 11. ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ І ТЕПЛОВІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

## 11.1. Тепловий режим ґрунтів та його характеристика

Для розвитку рослин і життєдіяльності мікроорганізмів необхідні певні теплові умови ґрунту.

### *Джерела тепла в ґрунті:*

- променева енергія сонця – головне джерело ( $8,3 \text{ Дж/ (см}^2 \cdot \text{хв)}$ ) – корегується розсіюванням в атмосфері, географічною широтою, порами року, станом атмосфери, експозицією схилу тощо);

- атмосферна радіація – має суттєве значення в районах з нестійкою атмосферою діяльністю (зміна періодів вторгнення теплих і холодних повітряних мас тощо);

- внутрішня теплота земної кулі ( $4,19 \cdot 10^{-4} \text{ Дж/ (см}^2 \cdot \text{хв)}$ ) – значний внесок лише в районах активної вулканічної діяльності;

- енергія біохімічних процесів розкладу органічних решток – має дуже малий внесок і не враховується при розрахунках теплового балансу;

- радіоактивний розпад.

Проте, основне джерело тепла в ґрунті – сонячна енергія, в незначній мірі впливає внутрішня теплота землі і теплота, яка виділяється при окисненні і розкладі органічних речовин.

Лише 50 % сонячної енергії досягає земної поверхні, 30 % розсіюється і відбивається, а 20 % поглинається хмарами і верхніми шарами атмосфери.

Відношення кількості променевої енергії Сонця, відбитої поверхнею ґрунту, що відображена у % до загальної енергії, яка надійшла на цю поверхню називається *альбедо*.

Загалом ґрунт відбиває падаючий на неї світловий потік дуже слабо. Зі збільшенням довжини хвилі падаючого потоку енергії збільшується частка (у відсотках) потужності відбитого потоку (рис. 11.1). Найбільш яскраво виражена спектральна характеристика ґрунтів у червоній частині спектру, в ближньому, середньому і тепловому діапазонах інфрачервоного випромінювання. Якісні та кількісні відмінності спектральних характеристик різновидів ґрунтів у цих діапазонах дозволяють розпізнавати їх і розшифровувати. При мультиспектральних зйомках для розпізнавання і класифікації ґрунтів в цих діапазонах для зручності отримані дані можна представити у вигляді контрастно покращених зображень, тобто провести числову обробку даних.

На спектральне відбивання, поглинання і випромінювання ґрунтів впливають матеріально обумовлені і матеріально не обумовлені параметри, з яких перш за все за значимістю виділяються: мінеральний склад, зернистість



(або розмір часток), вміст сполук заліза і органічних сполук (гумусу), а також структура і вирівняність поверхні ґрунтів. З точки зору різночасного, повторного або фенологічного дистанційного зондування матеріально обумовлені параметри можуть бути представлені у міру їх відносної сталості і за зміною виразності, а також за взаємодією так, як показано на рис.

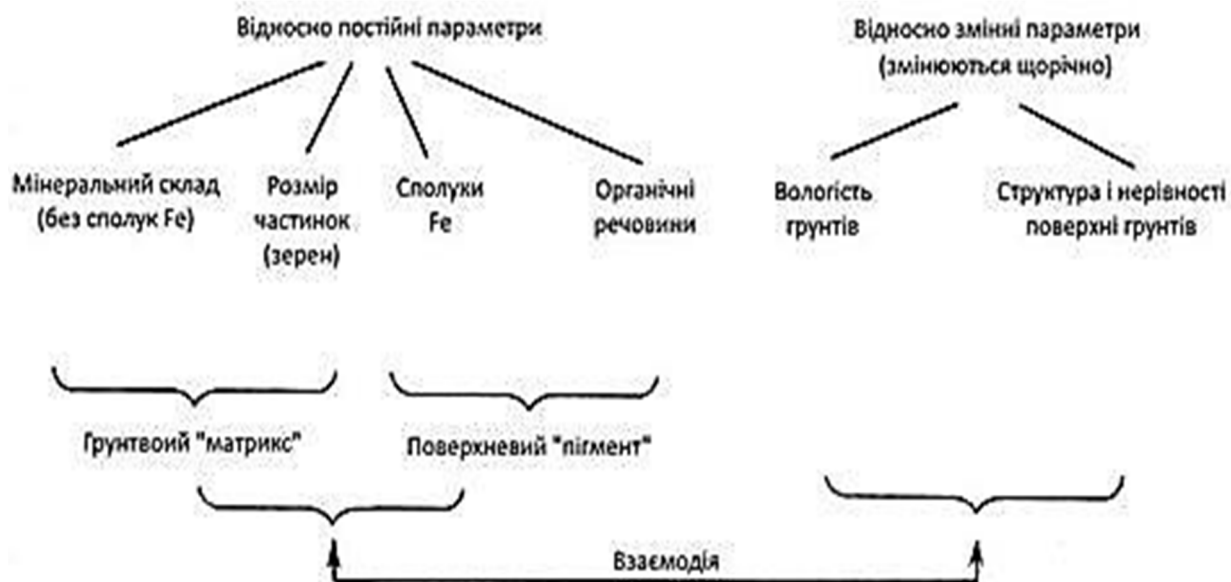


Рис. 11.1. Структура відбитого ґрунтами випромінювання.

Серед матеріально обумовлених параметрів мінеральний склад, який визначає спектральну характеристику ґрунту, займає перше місце. Саме властивостями окремих мінералів, що впливають на коефіцієнти спектрального відбивання і поглинання, визначаються спектральні характеристики ґрунту і величина сигналу. Властивості деяких мінералів (кварцу, польового шпату, карбонатів, слюд і т.д.) розглядалися нами в попередньому розділі цієї глави за опублікованими матеріалами.

Але на відбивання і поглинання енергії падаючого світлового потоку ґрунтами істотно впливають не тільки їх мінеральний склад, але й співвідношення піщаної і глинистої частин ґрунту, вміст оксидів та гідроксидів заліза, вид і кількість органічної речовини.

Дуже великий вплив на співвідношення відбивання і поглинання енергії світлового потоку, за даними опублікованих досліджень, чинять структура верхнього шару ґрунту і розподіл в ньому частинок (окремих зерен або мінеральних агрегатів) різних розмірів. Ці параметри пов'язані з мінеральним складом і впливають на ті властивості ґрунту, які визначають процеси відбивання і поглинання енергії на її поверхні та величину відбивання падаючого світлового потоку.

Частка відбитого потоку енергії змінюється зі зміною розміру зерен, або частинок, ґрунту. Щільна упаковка тонкозернистих мінералів у ґрунті створює відносно рівні поверхні, які відбивають сильніше, ніж грубі, шорсткі

або нерівні поверхні. Більші мінерали або частки ґрунту неправильної форми, навпаки, створюють відносно складну, нерівну шорстку поверхню ґрунту. На цих нерівностях – в порах і просторі між ними – виникає багаторазове відбивання, що призводить до збільшення поглинання енергії падаючого потоку випромінювання і відповідно до зменшення реєстрованої частки відбитого потоку випромінювання. Це характерно як для цілинних ґрунтів, так і в більшій мірі для окультурених ґрунтів сільськогосподарських районів. Тут структури і властивості поверхні ґрунтів залежать від виду їх щорічного використання. У зв'язку з цим можна очікувати, що поверхні глинистих або мулистих, так само як тонкозернистих, ґрунтів будуть нерівними, якщо в цих ґрунтах в посушливий час утворилися провали і структури всихання, які відповідно впливають на процеси відбивання і поглинання енергії сонячної радіації.

При порівнянні даних лабораторних та польових вимірювань очікувалося, що вимірювання спектральної яскравості або величини відбивання непорушених (цілинних) ґрунтів на місцевості і проб аналогічних ґрунтів в лабораторії можна буде порівнювати за величиною. Так, інтенсивність відбивання пісків на місцевості вища, ніж ґрунтів з високим вмістом глинистої або мулистої фракцій. Це стає очевидним навіть на аерофотознімках, так як піски здаються завжди світлішими, ніж глини і багаті глиноземом ґрунти. У лабораторії ж проби піску в спектрі випромінювання від 0,45 до 2,5 мкм показали меншу спектральну яскравість, ніж проби, що містять глинозем. Ґрутуючись на різниці в спектральній яскравості непорушених поверхонь ґрунтів, що спостерігається при натурних і лабораторних вимірах, можна прийти до наступного. Згладжені поверхні тонкозернистих глин в лабораторії відображають промені сильніше, ніж згладжені, але порівняно шорсткі поверхні піщаних ґрунтів. На місцевості поверхні піщаних ґрунтів в порівнянні зі структурою поверхні розмитих і потім висохлих глинистих і мулистих ґрунтів виглядають більш гладкими, вирівняними. Тому піски відбивають відносно сильніше, ніж нерівні поверхні глин і суглинків. З цього прикладу очевидно, що обумовлені складом і навколишнім середовищем параметри дуже по-різному впливають на спектральні характеристики ґрунтів і відповідно їх поверхонь. Цю взаємозумовленість і можливість додавання або віднімання вищеназваних параметрів необхідно враховувати при проведенні вимірювань дистанційними методами.

Сильно впливають на співвідношення відбивання і поглинання та на колір ґрунтів вміст і вид у них органічної речовини і сполук заліза. Вільні оксиди заліза і його гідроксиди в короткохвильовій частині видимого діапазону зменшують, а в довгохвильовій і ближній інфрачервоній – збільшують відбивну здатність (спектральну яскравість) ґрунтів.

Зменшений вміст гумусу (особливо в межах від 0 до 8%) також знижує інтенсивність спектрального відбивання ґрунтів у зоні більш 0,6 мкм. Але

такий вплив гумусу може зменшуватися високим вмістом глинистих мінералів або глинозему. Вмістом органіки, крім того, визначається здатність ґрунтів утримувати, накопичувати і зберігати вологість. Вологість сама по собі впливає на характер спектрального відбивання (і спектрального випромінювання) на різних ділянках ґрунту.

Сильний вплив на спектральні характеристики ґрунту в видимій і ближній інфрачервоній частинах оптичного діапазону чинить вологість, тобто вміст в ньому води. З підвищенням вологості збільшується спектральна яскравість всіх ґрунтів незалежно від довжини хвилі випромінювання (рис. 11.2).

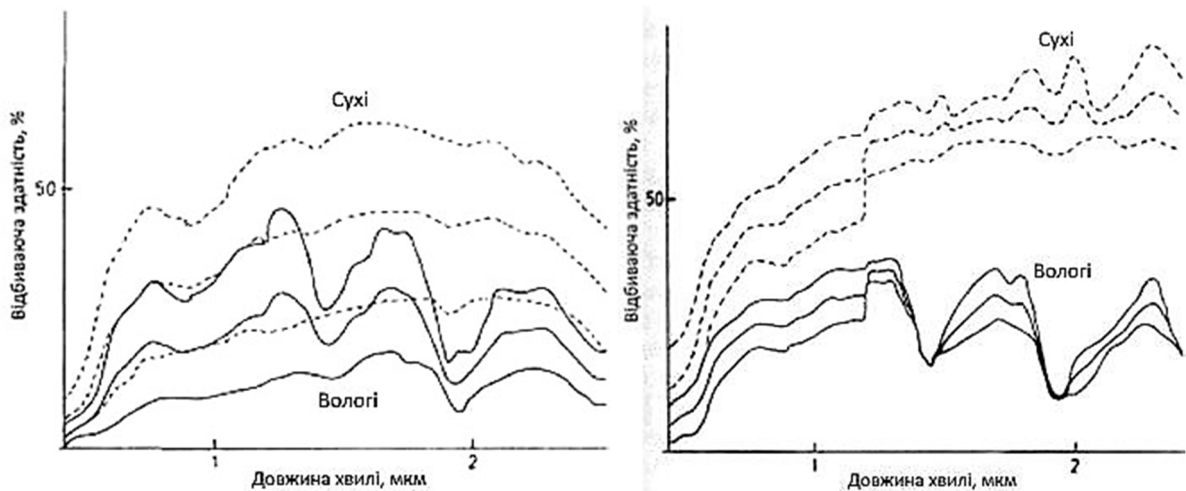


Рис. 11.2. Спектральна відбивна здатність ґрунтів: зліва – сухих і вологих суглинків у видимому, ближньому ІЧ та середньому ІЧ-діапазонах; справа – сухих і вологих піщаних ґрунтів.

У сухих ґрунтах порожнини між частками ґрунту заповнені повітрям. Для відбивання з поверхні сухих ґрунтів має значення коефіцієнт заломлення на граничній поверхні повітря-частка. Збільшення вологості призводить до заповнення пор водою. Для відбивної здатності поверхні вологого ґрунту важливий показник відбивання на граничній поверхні вода-частка. Так як величина такого розрахункового показника на граничній поверхні вода-частка менша, ніж показник поверхні повітря-частка, то частка відбитої енергії потоку випромінювання зі зменшенням вмісту води буде зменшуватися. Вологі і мокрі ґрунти на багатозональних зображеннях завжди мають більш темні тони, ніж аналогічні сухі ґрунти. Цей взаємозв'язок між вмістом води в ґрунті і їх спектральною яскравістю використовується в дистанційному зондуванні. Ділянки сухих і вологих ґрунтів розпізнаються і по величині спектральної яскравості. З розподілу сухих і вологих ґрунтів на місцевості можна за сукупністю з іншими критеріями зробити висновки про властивості нижнього ґрунтового шару і його ґрунтоутворюючої породи, або субстрату (пористості, проникності, міцності), і про можливість його

інженерного використання, про його дренажність, а також про вміст в ньому ґрунтових вод.

**Кількість енергії, яка надходить у ґрунт залежить від:**

- ґрунтово-кліматичної зони;
- погодних умов;
- рельєфу і експозиції схилів;
- присутності рослинного покриву;
- забарвлення ґрунту, його фізичних і теплових властивостей.

Коливання температури є важливим компонентом ґрунтового мікроклімату. Оскільки, температура ґрунту знаходиться у прямій залежності від річного циклу коливань температури повітря, і має суттєвий вплив на значну кількість процесів, що відбуваються в ґрунті (рис. 11.3-11.6).

З тепловим режимом ґрунту пов'язаний початок і закінчення вегетаційного періоду, просторове розташування рослин, характер розподілу корневих систем, швидкість надходження до коріння поживних елементів.

Температура ґрунту впливає на швидкість надходження води до коріння рослин, на транспірацію та продуктивність рослинності.

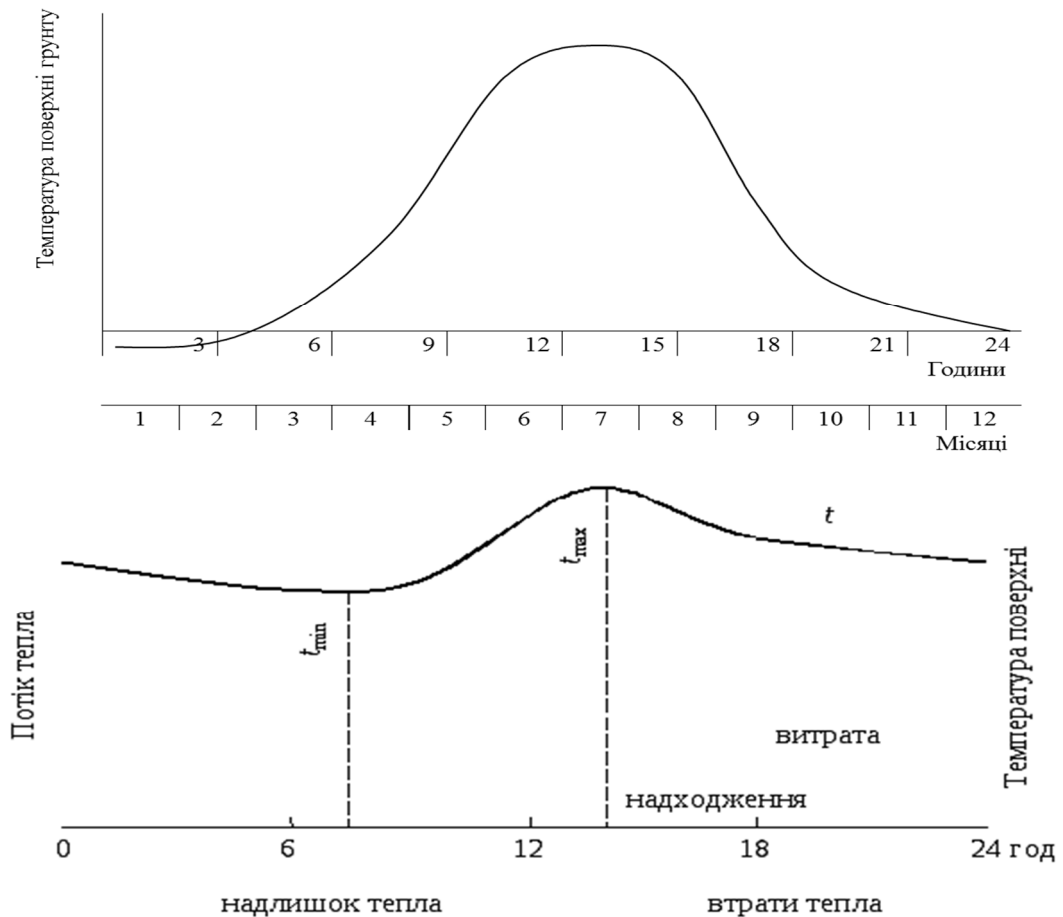


Рис. 11.3. Добовий хід температури ґрунту: максимум – опівдні (влітку о 13 год.) мінімум – перед сходом Сонця.

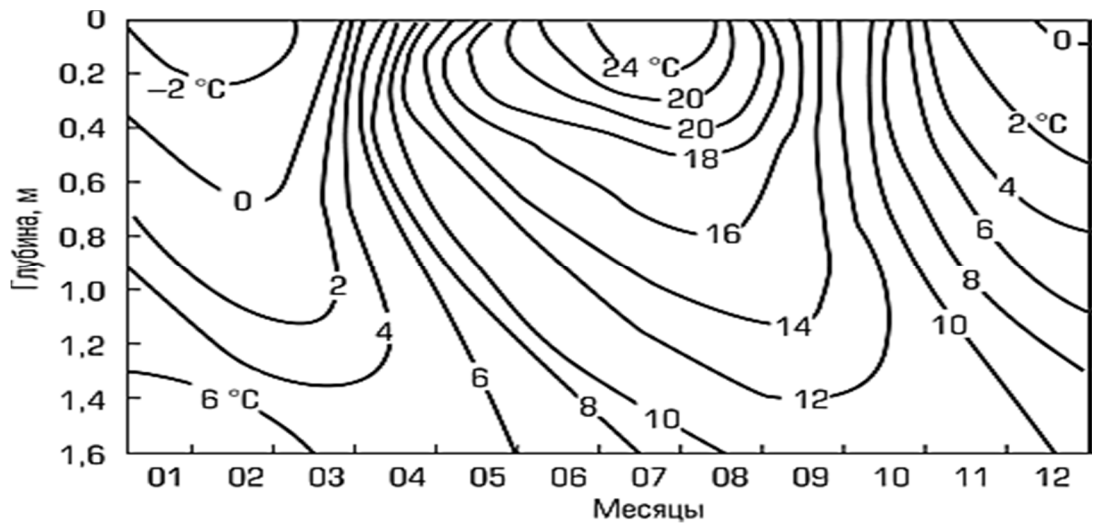


Рис. 11.4. Термоізоплети річного ходу температури ґрунту (м.Харків).

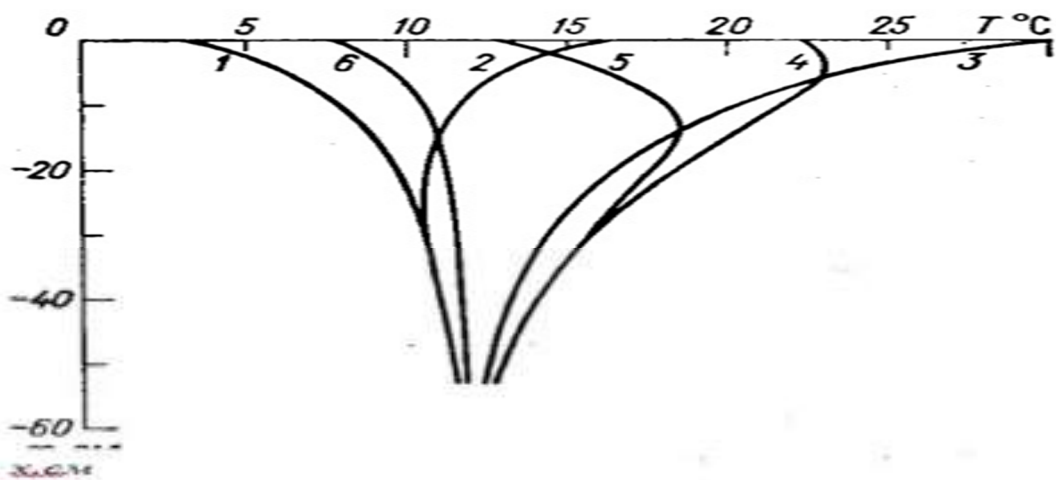


Рис. 11.5. Добовий хід вертикального профілю температури ґрунту: 1 – 6 год.; 2 – 10 год.; 3 – 14 год.; 4 – 18 год.; 5 – 22 год.; 6 – 2 год.

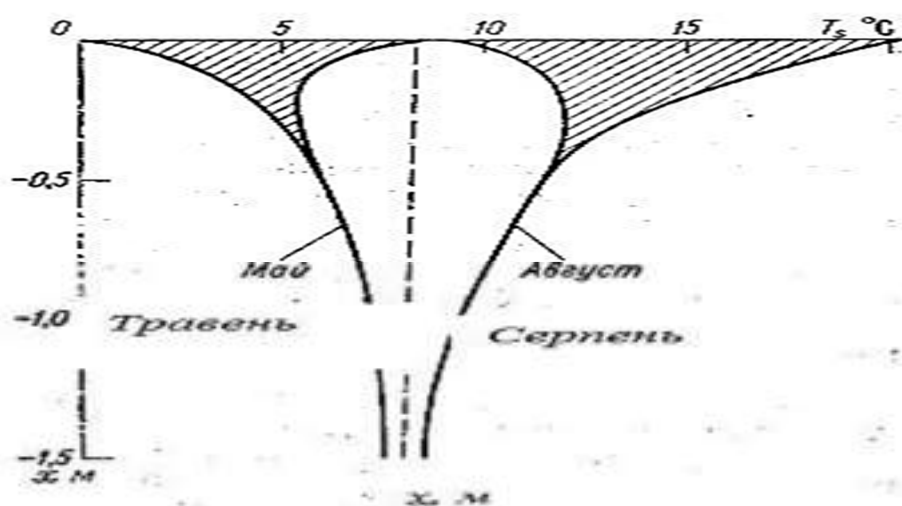


Рис. 11.6. Профілі температури ґрунту за різні періоди вегетації.

*На добову температуру ґрунту та її амплітуду впливає:*

- пора року;
- географічна широта;
- рельєф місцевості;
- рослинний покрив;
- теплоємність і теплопровідність ґрунту;
- колір ґрунту;
- хмарність.

Роль теплового режиму для рослин і біологічних процесів визначається кількістю тепла, вологи та повітря в ґрунті. Найкращий ріст кореневих систем рослин спостерігається в інтервалі 10-25°C. Зі збільшенням кількості тепла відбувається розмноження бактерій, підвищується їх біологічна активність, а отже, переробка органічної речовини, посилюється процес газообміну і переміщення вологи в ґрунті. При зниженні температури всі процеси сповільнюються, а при падінні температури нижче 0°C починається замерзання ґрунту. Слід зазначити, що ґрунтова волога, як правило, при 0°C не замерзає. При температурах нижче -10°C замерзає майже вся волога, за винятком міцнозв'язаної. В цей час відбувається пересування вологи до поверхні з нижніх горизонтів. При промерзанні ґрунту вологість верхніх горизонтів може перевищувати повну вологоємність через роз'єднання ґрунтових частинок кристалами утвореного льоду. В окремих горизонтах може накопичуватися до 100 мм опадів.

**Промерзання ґрунту** (табл. 11.1) має як позитивне, так і негативне значення. Позитивне значення промерзання виражається в утворенні ґрунтової структури, міграції ґрунтових тварин в нижні шари, що сприяє розпушуванню ґрунту і поліпшенню його водопроникності, затримці початку вегетації для рослин, що бояться заморозків. Негативне значення промерзання полягає в зниженні водопроникності і, отже, посиленні стоку, затримці мікробіологічних і хімічних процесів, вичавлюванні рослин з ґрунту і затримці їх розвитку.

Таблиця 11.1

Температура початку замерзання ґрунтів різного механічного складу

Ґрунти	Температура початку замерзання ґрунту $T_z$ , °C, при концентрації порового розчину $z_m$ , д. од.					
	0,000	0,005	0,010	0,020	0,030	0,040
піщані	0	-0,6	-0,8	-1,6	-2,2	-2,8
пилувато-глинисті і супіщані	-0,1	-0,6	-0,9	-1,7	-2,3	-2,9
суглинки і глини	-0,2	-0,6	-1,1	-1,8	-2,5	-3,2

Промерзання ґрунту і його глибина залежать від товщини снігового покриву, лісової підстилки, щільності і потужності надґрунтового покриву. У лісі ґрунти часто промерзають на значно меншу глибину, ніж в полі.

Відтавання ґрунту залежить від кількості тепла в ґрунті і в атмосфері, а також від товщини снігового покриву. Відтавання може йти трьома шляхами: знизу за рахунок ґрунтового тепла, знизу і зверху за рахунок швидкого сходу снігу і тепла ґрунту, і тільки зверху, якщо ґрунт промерзає до шару вічної мерзлоти. Після відтавання ґрунт виявляється більш пухким і вологим, а якщо відтаювання відбулося до активного сніготанення, ґрунт поглинає талу воду і насичується нею до великої глибини. При подальшому прогріванні створюються сприятливі умови для росту рослин, розвитку мікробіологічних процесів – ґрунт переходить в стан стиглості.

Шар ґрунту, температура якого має добовий і річний хід, називається **активним шаром**.

Температурний режим регулює чисельність мікроорганізмів та їх активність, мінеральні перетворення і процеси розкладу органічних решток і трансформації ґрунтового гумусу.

Температура ґрунту контролює фазові переходи в системі ґрунт – ґрунтовий розчин – ґрунтове повітря, процеси розчинення солей та газів, швидкість вивітрювання.

Температура ґрунтів впливає на швидкість хімічних реакцій. За правилом Ван Гоффа визначається пришвидшення хімічних реакцій в 2-3 рази при підвищенні температури на 10°C. В регіонах із високими середньорічними температурами процеси обміну речовиною відбуваються значно швидше ніж у широтах з холодними кліматами. Це зумовлює різну швидкість гіпергенезу і формування різних типів кори вивітрювання і як наслідок, різноманітний хімічний склад ґрунтів. Від температури залежить ступінь дисоціації хімічних сполук у водних розчинах.

Температура впливає на розчинення газів в ґрунтовому розчині, підвищує процеси коагуляції та пептизації.

Таким чином, швидкість і характер практично всіх хімічних, біологічних і фізико-хімічних процесів зумовлюються тепловим режимом ґрунту, який сформувався на даній території.

Теплові умови ґрунтоутворення в планетарному масштабі дуже різноманітні і зумовлені величинами радіаційного балансу та показниками середньорічних температур, суми активних температур тощо. Все це складає термічні групи кліматів, які розташовуються на планеті широтними смугами і характеризуються відповідними типами рослинності та ґрунтів, тому ці смуги отримали назву ґрунтово-біокліматичних поясів (табл. 11.2).

Термічний (тепловий) режим ґрунтів також залежить від суворості клімату, його континентальності, що досить чітко проявляється в полярному, бореальному та суббореальному типах клімату.

**Тепловий режим** – визначена послідовність явищ теплообміну в системі «приземний шар повітря + рослини + ґрунт + ґрунтоутвірна порода», а також сукупність процесів теплопереміщення, теплоаккумуляції та тепловіддачі у ґрунті. Тепловий режим ґрунту визначається наступними

величинами: середньорічною температурою повітря, середньорічною температурою ґрунту (0,5 м, 0,2 м) (табл. 11.3-11.4).

Таблиця 11.2

Планетарні ґрунтово-біокліматичні пояси

Пояс	Середньо-річна температура повітря, °С	Радіаційний баланс, кДж/(см <sup>2</sup> /рік)	Сума середньодобових активних температур (>10°С) за вегетаційний період, °С
Холодні (полярні)	- 23 – 15	21-42	<600
Холодно помірні (бореальні)	- 4 + 4	42-84	600-2000
Тепло помірні (суббореальні)	+ 10	84-210	2000-3800
Теплі (субтропічні)	+ 15	210-252	3800-8000
Жаркі (тропічні)	+ 32	252-336	>8000

Температура ґрунту – динамічна величина. Рівновага між температурою атмосфери і 0,5 м шару ґрунту встановлюється протягом декількох хвилин. При цьому зауважимо, що тепловий і водний режими тісно взаємопов'язані: переходи води з однієї фази в іншу залежать від теплового режиму.

Таблиця 11.3

Оцінка теплозабезпеченості ґрунтів

Сума активних температур ґрунту на глибині 0,2 м, °С	Теплозабезпеченість ґрунтів	Сума активних температур ґрунту на глибині 0,2 м, °С	Теплозабезпеченість ґрунтів
0-400	Низька	2100-2700	Вище середньої
400-800	Дуже слабка	2700-3400	Добра
800-1200	Слабка	3400-4400	Дуже добра
1200-1600	Нижче	4400-5600	Висока
1600-2100	Середня	5600-7200	Дуже висока

За градацією В.Н.Дімо виділяються наступні класи та групи теплових режимів ґрунтів (рис. 11.7).



## Теплові режими ґрунтів

Класи	Групи
Промерзаючі	Мерзлотні
	Тривало-сезонно-промерзаючі
	Сезонно-промерзаючі
Непромерзаючі	Непромерзаючі охолоджувані
	Непромерзаючі теплі
	Непромерзаючі жаркі

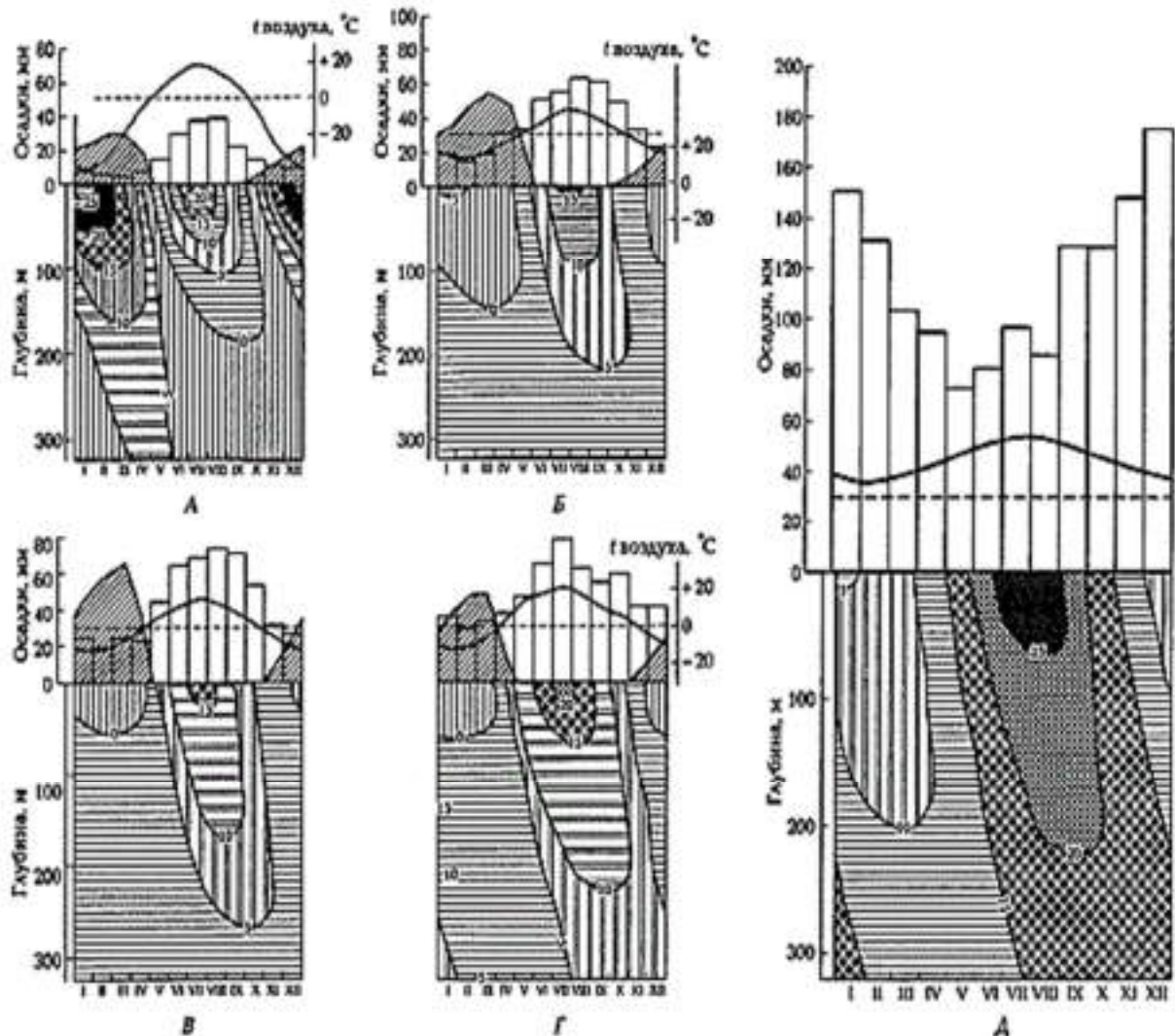


Рис. 11.7. Термоізолінії ґрунтів для різних типів температурного режиму (А – мерзлотного, Б – тривало-сезонно-промерзаючого; В, Г – сезонно-промерзаючого; Д – непромерзаючого).

**Мерзлотні режими** типові для ґрунтів зони багаторічної мерзлоти. Середньорічна температура таких ґрунтів має від'ємні значення. Температура найтеплішого місяця (липень) на глибині 0,2 м не перевищує  $+15+20^{\circ}\text{C}$  (ґрунти Євразійської полярної та Східносибірської мерзлотнотайгової областей).

**Тривало-сезонно-промерзаючі**, такі, в яких до п'яти місяців переважають додатні значення середньорічних температур ґрунтового профілю. Температура найтеплішого місяця (липень) на глибині 0,2 м сягає  $+25^{\circ}\text{C}$ . Глибина промерзання більше 1 м, але вона не зникається з вічною мерзлотою.

**Сезонно-промерзаючі** ґрунти мають додатні значення середньорічних температур. Час промерзання не більше 2-х місяців. Ґрунотвірні породи не промерзлі. Температура найтеплішого місяця (липень) на глибині 0,2 м сягає  $+20+30^{\circ}\text{C}$  – чорноземи, сірі лісові, каштанові ґрунти.

**Непромерзаючі** (охладжувальні, теплі, жаркі) ґрунти мають впродовж року додатні значення середньорічних температур ґрунтового профілю, охоплюючи і температури найхолоднішого місяця (січень) – бурі лісові, субтропічні, тропічні ґрунти.

На основі врахування температурних параметрів, в кожному ґрунтовому типі можуть бути виділені підтипи, для яких вводяться відповідні позначення: жаркі, теплі, помірно теплі, холодні, помірно холодні, промерзаючі, не промерзаючі ґрунти та ін. Наприклад, чорнозем періодично промерзаючий звичайний дуже теплий (поширені на півдні України, у Молдові тощо); дерново-підзолисті помірно холодні тривало-промерзаючі ґрунти (Полісся).

Річний режим температури ґрунтів має велику амплітуду коливань і виражений на більшу глибину, ніж добовий. Зона активної дії сезонної динаміки температури ґрунту обмежена 3-4 метровою товщею і залежить від загальнокліматичних величин метеоелементів.

Добова динаміка температури різко виражена у приповерхневих горизонтах ґрунтів. Вдень тепловий потік спрямований від поверхні до породи, а вночі – навпаки. Максимальні значення температури спостерігаються на поверхні ґрунту вдень, близько полудня (12-13 годин), мінімальні значення спостерігаються перед сходом сонця. З глибиною амплітуда добових коливань температури знижується і на глибині 50 см добова динаміка практично відсутня. На добовий режим ґрунтів суттєво впливають погодні умови та мікрокліматичні показники місцевості, вологість ґрунтів, їх гранулометричний склад, стан поверхні, кількість органічної речовини, забарвлення, рельєф, наявність снігового покриву тощо. Так, значні амплітуди висот, форми рельєфу, чергування підвищень та знижень тощо сприяє локальному (місцевому) перерозподілу тепла і вологи в ґрунтах. Рослинний покрив (лісова, трав'яниста рослинність, ззеліненість) і гранулометричний склад варіюють добові амплітуди коливань температури

та впливають на перерозподіл вологи в ґрунтах.

Тепловий режим має значний вплив на ґрунтоутворення і визначає інтенсивність процесів у ґрунтах, життєдіяльність мікроорганізмів, продуктивність рослин. Крім цього, із тепловими режимами пов'язують також і теплові властивості ґрунтів.

Характер формування та коливання температури ґрунту підпорядковується законам Фур'є:

**Зако́ни Фу́р'є:**

1. Із збільшенням глибини періоди добового і річного коливання температури ґрунту не змінюються.

2. Якщо глибина ґрунту збільшується в арифметичній прогресії, то амплітуда зменшується в геометричній прогресії:

а) глибина на якій починається затухати добова амплітуда називається шаром постійної добової температури і він завжди знаходиться нижче 70-100 см (табл. 11.5);

б) глибина на якій затухає річна амплітуда називається шаром постійної річної температури та знаходиться на глибині 15-20 м (на широті Києва +7°).

3. Час настання максимальної чи мінімальної температури з глибиною запізнюється:

а) запізнення максимальних чи мінімальних температур за добу становить 2,5 -3,5 год. на кожні 10 м;

б) час настання максимальних чи мінімальних температур за рік запізнюється в середньому на 20-30 діб на кожен метр глибини.

Таблиця 11.5

Залежність добової амплітуди температури ґрунту від глибини

Глибина	Добова амплітуда
0 см	30 °С
20 см	5 °С
40 см	5/6° » 1° С
60 см	5/36° » 0° С
80 см	0 °С
100 см	0 °С

Математично тепловий режим ґрунту характеризується з допомогою *радіаційного і теплового балансів*.

**Радіаційний баланс** (рис. 11.9) – це співвідношення між кількістю сонячної радіації поглинутої і випроміненої ґрунтом.

**Тепловий баланс** (рис. 11.8, 11.10) складається з показника радіаційного балансу (Тб), витрат тепла на транспірацію і фізичне випаровування вологи

(Тт), на теплообмін між поверхнею ґрунту і його більш глибоких шарів (Тп), нагрівання повітря (Тк) і має наступний вигляд:

$$T_b = T_t + T_p + T_k$$

Від особливостей теплового режиму залежать:

- тривалість вегетаційного періоду рослин;
- видовий склад і продуктивність рослинного покриву;
- водяний і повітряний режими;
- чисельність і активність мікроорганізмів;
- швидкість розкладання органічних і перетворення гумусових речовин;
- темпи вивітрювання та інтенсивність хімічних реакцій тощо.

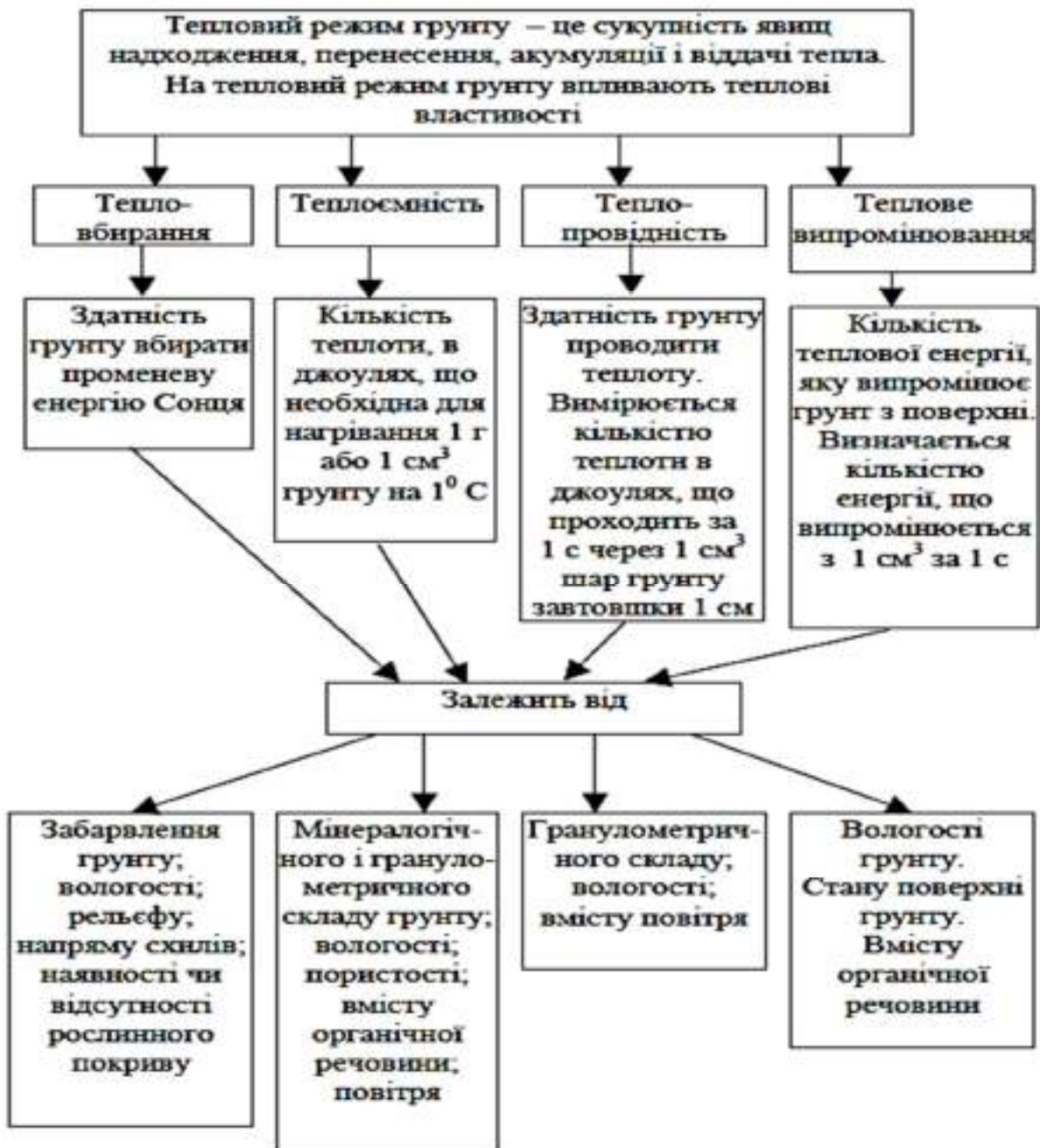


Рис. 11.8. Факторні складові теплового режиму ґрунту.



Рис. 11.9. Схема радіаційного балансу ґрунтової поверхні.



Рис. 11.10. Схема теплового балансу ґрунтової поверхні (мовою оригіналу).

## 11.2. Теплові властивості ґрунтів та регулювання їх теплових режимів у агрономічній практиці

У ґрунті природного складу першопричиною процесу теплообміну є присутній завжди і повсюдно вертикальний температурний перепад, який змінює знак з дня до ночі. Завдяки цьому виникає процес теплопровідності, який обумовлює обмін теплом всередині ґрунту між різними глибинами.

Ґрунт представляє собою двофазну (суху) або трьохфазну (вологу) систему, яка складається із кістяка, що представляє собою сукупність величезної кількості твердих часток ґрунту, розділених між собою проміжками, які заповнені газом, вологою або тим та іншим одночасно.

Теплообмін у ґрунті здійснюється наступними механізмами:

–теплопровідністю уздовж окремої частки – елемента твердого кістяка матеріалу; передачею тепла завдяки теплопровідності від однієї частки до сусідньої в місцях їхнього безпосереднього контакту; молекулярною теплопровідністю в середовищі, що заповнює проміжки між частками;

–теплопередачею на границі твердих часток із середовищем;

–випромінюванням від частки до частки; конвекцією газу і вологи, які містяться між частками.

Поток тепла в ґрунт  $B_z$  через одиницю поперечного перерізу його в одиницю часу описується відомим рівнянням

$$B_z = -\lambda \frac{\partial T_z}{\partial z},$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К);  $T_z$  – температура ґрунту, °С;  $z$  – вертикальна координата, спрямована вниз. Оскільки перенесення тепла під впливом температурного градієнту пов'язано не тільки з теплопровідністю, але, як зазначено вище, й з іншими механізмами, величину  $\lambda$  також називають коефіцієнтом ефективної теплопровідності.

Таким чином, до теплових властивостей ґрунтів відносяться теплопоглинальна здатність, теплоємність, і теплопровідність. Вони, насамперед, визначаються гранулометричним складом ґрунту, структурністю та складенням (рис. 11.11).

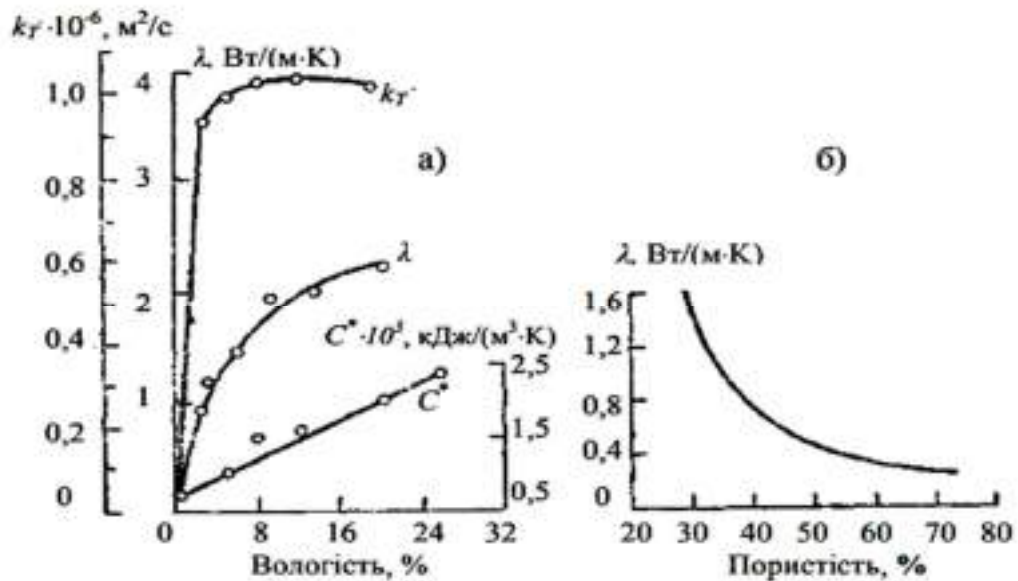


Рис. 11.11. Залежність теплофізичних характеристик від вологості (а) і пористості (б) ґрунту (А.Ф. Чудновський, В.З. Богомолів).

В міру зволоження ґрунту, тобто заміщення повітря водою, теплопровідність ґрунту  $\lambda$  збільшується, однак не пропорційно вологості.

При збільшенні вологості ґрунту від 2 до 8 % теплопровідність різко підвищується (рис. 11.11 а), при наступному ж збільшенні вологості ґрунту ріст теплопровідності сповільнюється. Це пояснюється тим, що при малій вологості розходження між теплопровідністю води і ґрунтових частинок

великі; при значному зволоженні ґрунту теплопровідність його поступово наближається до теплопровідності води. Зі збільшенням пористості теплопровідність ґрунту зменшується (рис. 11.11 б).

Об'ємна теплоємність ґрунту (для органічної речовини вона дорівнює  $2,7 \cdot 10^3$  кДж/(м<sup>3</sup>·К) залежить від його вологості, вмісту в ньому повітря і від пористості. Так як теплоємність води ( $4,2 \cdot 10^3$  кДж/(м<sup>3</sup> К) у 2 рази більше теплоємності твердих мінеральних частин ґрунту ( $2,1 \cdot 10^3$  кДж/(м<sup>3</sup> К), то об'ємна теплоємність ґрунту  $c^*$  збільшується з підвищенням його вологості (рис. 3.4а), причому, чим більша пористість, тим більше ця різниця. Збільшення вмісту повітря у ґрунті зменшує його теплоємність. Коефіцієнт температуропровідності залежить від вологості ґрунту і вмісту в ньому повітря. Температуропровідність повітря значно більше, ніж води (для порівняння  $21 \cdot 10^{-3}$  м<sup>2</sup>/с і  $0,16 \cdot 10^{-3}$  м<sup>2</sup>/с). При малих значеннях вологості ґрунту коефіцієнт температуропровідності  $kt$  росте (рис. 3.4 а), потім при збільшенні вологості ріст сповільнюється. Це пов'язано з тим, що зміна температуропровідності є результатом спільної зміни теплопровідності та теплоємності. Об'ємна теплоємність зростає одночасно зі збільшенням вологості. Теплопровідність при малій вологості росте; при сильному зволоженні її ріст сповільнюється. Унаслідок цього на перших етапах зволоження ріст теплопровідності ґрунту відбувається більш інтенсивно, чим ріст теплоємності, а, отже, температуропровідність зростає. При подальшому збільшенні вологості ґрунту ріст теплопровідності відносно сповільнюється, у результаті чого температуропровідність його зменшується (табл. 11.6).

Таблиця 11.6

Значення питомої теплоємності абсолютно сухого ґрунту при позитивній температурі (Д.А. Куртнер, А.Ф. Чудновський, 1979)

Ґрунт	Питома теплоємність, кДж/(кг·К)	Ґрунт	Питома теплоємність, кДж/(кг·К)
Звичайний	1,05	Суглинок	0,96
Супісок	0,84	Торф	2,18
Пісок	0,75	Каштановий	0,84

Теплові потоки в ґрунті змінюються під впливом рослин. Дані розрахунку добового ходу теплового потоку в ґрунт (табл. 11.6) показують, що теплообмінні процеси на ділянці із сільськогосподарською культурою протікають менш інтенсивно, чим на оголеній ділянці. При цьому одним з головних факторів є густота посадки рослин, яка визначає ступінь розвитку рослинного покриву. Добова амплітуда скорочується, весь тепловий режим на ґрунті з рослинами стає більш згладженим, хоча всі особливості добового ходу зберігаються такими ж, як і на оголеному ґрунті: максимум у денні години, перехід через нуль двічі на добу – зранку і ввечері.

Деталізуємо основні теплові властивості ґрунтів.

**Теплопоглинальна здатність** – здатність ґрунтів поглинати та утримувати енергію сонця (табл. 11.7-11.8). Характеризується величиною альбедо – кількістю сонячної радіації, відбитої поверхнею ґрунту і вираженої в % від сумарної сонячної радіації. Альбедо коливається від 8 до 30%. Залежить від кольору ґрунтів, їх структурного стану, вологості, характеру поверхні. Темні ґрунти поглинають більше енергії, ніж світлі, вологі більше, ніж сухі.

**Тепловипромінювання** – це віддача ґрунтом теплоти в атмосферу. Залежить від:

- вологості ґрунту (чим більше в ньому води, тим сильніше він втрачає теплоту, і навпаки);
- гумусованості ґрунту (ґрунти, які містять багато гумусу, випромінюють менше тепла, ніж бідні на нього ґрунти);
- рослинного покриву (він зменшує втрату теплоти);
- снігового покриву (також зменшує втрату теплоти).

**Теплоємність** – здатність ґрунту поглинати тепло; кількість тепла в калоріях, необхідна для нагрівання 1 граму або 1 см<sup>3</sup> ґрунту на 1°C. Теплоємність залежить від мінералогічного і гранулометричного складу ґрунту, вмісту в ньому органічної речовини, вологості. Вологий ґрунт має більшу теплоємність, ніж сухий, а глинистий більшу, ніж піщаний. Залежить, насамперед, від вологості (чим вологіший ґрунт, тим більше теплоти треба для його нагрівання. Саме тому, піщані ґрунти тепліші, ніж глинисті, також вони повільніше охолоджуються. Весною піщані ґрунти можна обробляти на 2-3 тижні раніше, ніж суглинисті ґрунти.

Складові частини ґрунту мають різну теплоємність: вода – 1; гумус – 0,477; глина – 0,233; кварц – 0,198. Найменша теплоємність у ґрунтового повітря.

Теплоємність буває **питома** (1 г на 1 °C) та **об'ємна** (1 см<sup>3</sup> на 1 °C). Їх значення пов'язані рівнянням:

$$T_v = T_x d_v$$

де:  $T_v$  – відповідно об'ємна (Дж/(см<sup>3</sup>/°C) і  $T_x$  – питома (Дж/г/°C) теплоємність;  $d_v$  – щільність складення ґрунту, г/см<sup>3</sup>.

Ґрунти України умовно поділяються на ґрунти високої, середньої та низької теплоємності. До першої групи належать середньогумусовані чорноземи важко суглинкового та глинистого гранулометричного складу (холодні ґрунти). Ґрунти низької теплопровідності (піщані, супіщані) називаються теплими ґрунтами. Але слід пам'ятати, що так звані холодні ґрунти мають вищу теплотасвоюваність, ніж теплі, бо коефіцієнт теплотасвоюваності за А.П. Чудновським дорівнює середньому геометричному показникові двох величин – теплопровідності та об'ємної теплоємності. На переважаючій частині території України, тепловий режим складається сприятливо для росту і розвитку рослин. Ґрунти не потребують спеціальних теплових меліорацій. Лише на піщаних, торф'яних та лучних



грунтах інколи вдаються до заходів покращення теплових властивостей ґрунтів та мікрокліматичних умов вирощування рослин.

**Теплопровідність** – здатність ґрунту проводити тепло. Теплопровідність залежить від гранулометричного, хімічного складу, гумусованості, щільності, пористості, ступеня зволоження ґрунту. Мінеральна частина ґрунту ліпше проводить його, ніж органічна, вода – ліпше, ніж повітря. Найменшу теплопровідність має повітря, трохи більшу – вода, найбільшу – мінеральні речовини ґрунту. Гумус – поганий провідник теплоти. Чим більше гумусу і повітря у ґрунті, тим гірше він проводить тепло, тобто тим довше він утримує акумульовану сонячну енергію. І навпаки, ґрунти, які містять мало гумусу, безструктурні, щільні, з невеликим вмістом повітря, сильно зволожені (рис. 11.12), втрачають тепло дуже швидко.

На передачу тепла від шару до шару ґрунту витрачається час. Тому настання максимальних і мінімальних добових температур запізняються на кожні 10 см приблизно на 3 години. Кожний шар ґрунту поглинає деяку кількість тепла. Чим глибше шар, тем слабкіші в ньому коливання температури. Амплітуда добових коливань температури з глибиною зменшується на кожні 15 см у 2 рази. Періоди коливання температури залишаються незмінними на всіх глибинах (12 год.).

Таблиця 11.7

Теплофізичні характеристики ґрунту за різного зволоження

Ступінь зволоження ґрунту	Об'ємна теплоємність МДж/м <sup>3</sup> К	Коефіцієнт теплопровідності Вт/м·К	Температуро- провідність ґрунту, м <sup>2</sup> /с
Сухий	1,3397	0,2093	0,001610 <sup>-4</sup>
Слабко зволожений	1,5907	0,4605	0,0029 10 <sup>-4</sup>
Добре зволожений	1,9254	0,8375	0,0043 10 <sup>-4</sup>
Мокрий	2,4283	1,4654	0,0060 10 <sup>-4</sup>

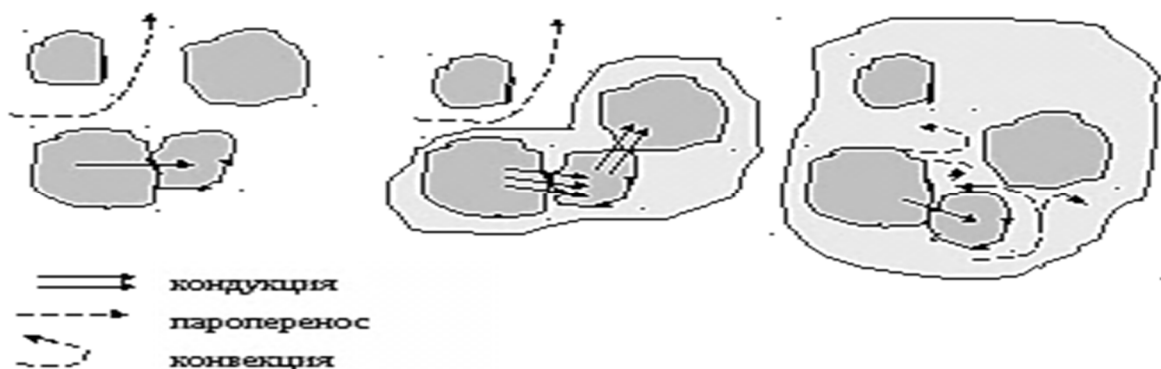


Рис. 11.12. Схема теплопровідності ґрунту при різній його вологості.

## Значення теплофізичних величин ґрунтів

Тип Ґрунту	Темпе- ратура, °С	Коефіцієнт теплопро- відності, Вт/(мК)	Теплоємність, Дж/гК
Глина	20	0,9...0,7	0,840
Пісок річний дрібний сухий	0...160	0,30...0,38	0,800
Пісок річний дрібний вологий	20	1,13	2,090
Глина	20	-	0,880
Піщаний ґрунт	20	-	1,1-3,2
Земля волога	20	-	2,000
Земля суха	20	-	0,840
Земля утрамбована	20	-	1,0...3,0
Піщаник глиновапняковий	20	-	0,960
Глина	-	-	0,795
Піщаник	0...100	-	0,921
Пісок	20...100	-	0,795
Пісок	-	-	0,835
Ґрунт	-	-	0,800
Ґіпс	-	-	1,090
Глина	-	-	0,7...0,93
Глина	0...100	-	0,920
Пісок сухий	0...100	-	0,800
Пісок сухий	-	0,326	-
Пісок вологий	-	1,128	-
Пісок	-	-	0,79
Глина	-	-	0,84...1,05
Суглинки і глина (талі)	-	1,280	-
Суглинки і глина (мерзлі)	-	1,390	-
Супісок з домішками ґрунту (талій)	-	1,740	-
Супісок з домішками ґрунту (мерзлий)	-	1,860	-

**Основні заходи регулювання теплового режиму ґрунту:**

Заходи активного впливу на тепловий режим ґрунту ділять на:

- 1) меліоративні (осушення-зрошення);
- 2) агро меліоративні (обробіток (агротехнічні), мульчування, гребнювання, залишення стерні на зиму, лісомеліорація);
- 3) агрометеорологічні (заходи, що знижують випромінювання тепла з ґрунту, заходи по боротьбі з заморозками, димові завіси тощо.)

До *групи агротехнічних прийомів* відносяться наступні способи обробітку ґрунту: глибоке розпушування, прикочування, гребнювання, залишення стерні, мульчування.

*Агро меліоративні прийоми* включають лісонасадження, боротьбу з

посухою, зрошення, осушення.

*Агрометеорологічні прийоми* спрямовані на зниження випромінювання тепла з ґрунту, боротьбу із заморозками і т.д.

До *агротехнічних заходів, що впливають на тепловий режим ґрунту*, належать зміна рослинного покриву, обробіток ґрунту, використання експозиції рельєфу, мульчування, поливи, осушення та інші. Всі ці заходи, спрямовані на зміну температури, впливають на інші властивості ґрунту, насамперед на водний і повітряний режими. Рослинний покрив, затінюючи ґрунт, стає термоізолятором, спричинюючи його охолодження. Саме тому можна значною мірою змінювати температуру ґрунту регулюванням густоти травостою. Заходи регулювання теплового режиму ґрунту передбачають не тільки зміну його температури, а й краще використання рослинами джерел тепла. Так, для повнішого використання сонячної радіації у північних районах теплолюбиві рослини слід висівати на рівних ділянках та південних схилах, а холодостійкі – в низинах або на північних схилах.

На тепловий режим значною мірою впливає обробіток ґрунту, за допомогою якого змінюється співвідношення між водою і повітрям, а отже, його теплоємність і теплопровідність. Різниця температур обробленого ґрунту і необробленого може досягати 5° і більше. Глибоко зораний і розпушений ґрунт навесні краще прогривається, ніж ущільнений. Розпушений ґрунт вдень більше вбирає сонячної енергії, а вночі більше її випромінює, ніж ущільнений. Коткування розпушеного ґрунту підвищує його температуру на глибині 3 см на 2-4 °С. Кафедрою землеробства Уманського сільськогосподарського інституту доведено, що оброблений ґрунт взимку промерзає неглибоко і температура його на глибині 20-40 см на 2°С вища, ніж в ґрунті, який протягом 3 років утримувався під багаторічними травами і не оброблявся. Глибина обробітку ґрунту суттєво впливає на її тепловий режим. При глибокій оранці створюється різка неоднорідність ґрунту по глибині: змінюються щільність і вологість, загальна пористість і пористість аерації. Все це впливає на зміну теплопровідності і теплоємності. Прикочуванням ґрунту можна викликати підвищення його середньодобової температури на 3 - 5 °С в 10-сантиметровому шарі, що залягає нижче ущільненого прошарку. Це пояснюється більш високою теплопровідністю ущільненого шару.

Застосування великих доз органічних добрив викликає підвищення температури ґрунту. Створення поверхні гребнями сприяє кращому прогріванню ґрунту, забезпечує велику акумуляцію розсіяної радіації. Температура ґрунту на гребневих поверхнях більш висока. Це особливо важливо для північних областей, так як на гребені протягом дня температура ґрунту вище на 3-5 °С, ніж на вирівняних ділянках.

Для поліпшення теплового режиму холодні вологі ґрунти необхідно осушувати. На таких ґрунтах ефективно гребеневі посіви. Температура верхнього шару на поверхні гребенів на 3-5°С вища, ніж на рівних ділянках.

Температуру ґрунту можна регулювати також мульчуванням, тобто покриттям поверхні торфом, соломою, листям, гноєм, деревною тирсою, полімерними і пластмасовими шинками тощо. Залежно від кольору мульчі температура ґрунту може зменшуватися (світла мульча) або збільшуватися (темна мульча). Добові коливання температури ґрунту при мульчуванні зменшуються. Мульчуюче покриття змінює відбивний і випромінювальний елементи радіаційного балансу, тобто альбедо і константи випромінювання поверхні ґрунту. Чорна мульча зменшує альбедо ґрунту на 10-15%. Біла мульча може служити засобом зниження надлишкового нагрівання ґрунту. Застосування в якості мульчуючого покриття прозорих плівок призводить до більш інтенсивного нагрівання ґрунту, ніж використання темних плівок. Це відбувається тому, що прозорі плівки пропускають видиму частину сонячного спектра і інфрачервону радіацію до поверхні ґрунту і зменшують витрату тепла.

Для захисту озимих від вимерзання велике значення має затримання снігу. Він має низьку теплопровідність, тому температура ґрунту під снігом знижується значно менше. Якщо сніг випадає на незамерзлий ґрунт і є загроза випрівання озимих, його слід ущільнити для підвищення теплопровідності і посилення промерзання ґрунту.

На температуру ґрунту і повітря впливає зрошення. Після вологозарядкових поливів ґрунт промерзає на меншу глибину, а після вегетаційних температура поверхневих шарів ґрунту знижується приблизно на 10°C. Зрошення знижує відбиту радіацію на 20%. Після поливу також зменшується випромінювана радіація. Все це збільшує прихід теплової енергії до ґрунту. Зрошення збільшує теплопровідність ґрунту, що сприяє більш рівномірному її прогріванню і зменшенню температурних коливань.

В овочівництві для поліпшення температурного режиму ґрунту застосовують біопаливо, електричний, паровий та водяний обігрів.

До найпростіших прийомів регулювання теплового балансу відносять створення димових завіс, затінення поверхні ґрунту за допомогою щитів, білої мульчі та ін. Слід пам'ятати, що для агронома важливіший температурний, а не взагалі тепловий режим ґрунту.

Слід вивчати динаміку температурного поля, котра відбиває реальний термічний стан, що складається протягом вегетаційного періоду на різних глибинах ґрунту. Температурний режим має важливе значення у системі управління продуктивністю ґрунту, але він залишається найменш піддатливим до управління. З ним пов'язані терміни початку та закінчення польових робіт, згубна дія заморозків, мікробіологічна активність ґрунту та мінералізація гумусу, склад ґрунтового повітря, інтенсивність дихання ґрунту, швидкість та інтенсивність прояву різних процесів ґрунтоутворення, тощо. Якщо водний режим є основним транспортним агентом елементів живлення, то тепловий – основним енергетичним джерелом біологічного кругообігу речовин у системі «ґрунт – рослина».

Теплові характеристики ґрунтів легкого гранулометричного складу покращуються під впливом органічних добрив, сидератів, внесення мінерального мулу; торф'яних – під впливом добавок мінерального ґрунту (глинування, піскування); важких глинистих ґрунтів – при піскуванні, мульчуванні, внесенні деревної тирси (подрібнених галузок) та регулярному внесенні матеріалів, що містять кальцій. До заходів, що максимально знижують пагубну дію низьких температур на стан посівів належать: снігозатримання (snow trapping), добре підживлення ґрунту органічними добривами, мульчування ґрунту, гребеневі технології, утеплювальні посіви, влаштування димових завіс, тощо.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Чим обумовлюються теплові властивості ґрунту?
2. У чому полягає значення теплових властивостей в житті ґрунтів і продуктивності рослин?
3. Що таке теплоємність, від яких чинників вона залежить?
4. Охарактеризуйте теплові властивості ґрунту.
5. Значення температури в процесах ґрунтоутворення.
6. Що розуміють під повітряним режимом, які його показники?
7. Дайте визначення теплопровідності ґрунту.
8. Від чого залежить теплопровідність ґрунту.
9. Дайте визначення теплопоглинальної здатності.
10. Як змінюється температура ґрунту протягом доби?
11. Дайте визначення теплового режиму ґрунту.
12. Наведіть систематику теплових режимів ґрунту.
13. Назвіть основні заходи регулювання теплового режиму ґрунту.
14. Чинники, які змінюють тепловий режим ґрунту?
15. Чому в агроґрунтознавстві терміни тепловий і температурний режим є синонімами?
16. Які є теплові властивості ґрунту та від яких факторів вони залежать і як? Визначення коефіцієнта температуропровідності ґрунту.
17. Чому його агрономічне значення більше ніж теплопровідності ґрунту?
18. За яких умов вологості ґрунту коефіцієнт температуропровідності має найбільше значення та як це слід враховувати у практиці зрошувального землеробства?
19. Що таке ефективна теплоємність ґрунту та як її можна розрахувати?
20. Поясніть добовий та річний цикли зміни температури ґрунту. Як вони впливають на характер та ефективність землеробства?
21. Які з українських ґрунтів потребують найбільшої уваги до регулювання їх теплового режиму і як це регулювання забезпечують?
22. Охарактеризуйте відомі вам агротехнічні заходи регулювання теплового режиму ґрунту.
23. Яким сучасним показником найчастіше оцінюють температурний режим ґрунту?

## РОЗДІЛ 12. РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ ТА ЇЇ СКЛАДОВІ

### 12.1. Родючість ґрунту та її види

Основною властивістю ґрунтів що їх відрізняє від гірської породи і робить головним засобом сільськогосподарського виробництва та об'єктом застосування праці є їх родючість.

Родючість – це здатність ґрунту забезпечувати життєдіяльність рослин всіма необхідними їм умовами.

Факторами родючості ґрунту є достатня кількість води, поживних речовин, відповідні температурні умови, складення ґрунту, певна кількість повітря для дихання коріння рослин, окислення мінеральних сполук і життєдіяльність мікроорганізмів.

Питанням формування ґрунтових умов родючості у стінах Вінницького національного університету займався В.І. Барвінченко, професор, доктор сільськогосподарських наук. У своїй монографічній праці він узагальнив погляди різних дослідників і наукових шкіл на цю важливу складову в оцінці ґрунтів та їх природнього потенціалу. Відповідно до його публікацій довгий час родючістю ґрунту займався В. Р. Вільямс, він визначив це поняття як суттєву властивість ґрунту, як здатність ґрунту постійно протягом життя забезпечувати рослини одночасно максимальною кількістю води та поживних речовин. Подальші розробки цього питання завершувались включенням у його формулювання додаткових чинників життєдіяльності рослин і навіть здатності ґрунту «забезпечувати ріст і відтворення рослин всіма необхідними для них умовами». У зарубіжних наукових публікаціях також відсутнє єдине розуміння цього явища і тому кожен дослідник притримується свого визначення родючості. Для визначення цінності ґрунту, як середовища для створення урожаю, різні дослідники використовують показники його окремих властивостей: кількісний і якісний склад гумусу, профіль ґрунту та умови живлення рослин, або притримуються визначення даного І. С. Каурічевим.

Зокрема Дж. Кук, за автором, розглядає окремо родючість цілиного ґрунту як його здатність підтримувати угруповання рослин і тварин на поверхні, а також флору та фауну самого ґрунту, а після освоєння сільськогосподарським виробництвом земель, родючістю ґрунту є його здатність створювати урожай бажаних культур.

Пропозиція В. І. Вернадського розглядати родючість як загальнопланетарну функцію, а також Б. О. Нікітіна поширити чинники родючості на біосферу показує повне нерозуміння сутності родючості.

Ґрунт дійсно виконує загальнопланетарні функції і є дієвою складовою біосфери. Проте зведення сутності ґрунту лише до однієї його властивості, причому, властивості яка може існувати поза межами ґрунту, потребує визнання родючості як окремого чинника з його матеріально-енергетичним забезпеченням.

Розвиваючи цю ідею, Б. А. Нікітін запропонував п'ятиступеневу схему ранжування різних категорій родючості. До типів родючості віднесено

природну, штучну та змішану, до видів – повну, потенціальну та ефективну. Категорія «повна родючість» в схемі не має продовження, що ставить під сумнів необхідність її наявності. Потенціальна – має продовження до категорії «різновиди» де вона і завершується без подальшого розвитку. Ефективний вид родючості має розвиток у формах родючості, проте цілинна та можлива форми не мають подальшого розвитку, тому наявність у схемі таких категорій не має сенсу.

Запропонована Б. Г. Розановим типізація базується на тому, що ґрунти виробничого використання мають два види родючості – природну та штучну, які утворюють потенціальну та ефективну форми. Дальший розвиток цієї схеми іде по шляху поділу штучної родючості на ґрунтові меліорації, а ефективної - на агротехнічні заходи. У цій схемі слід відмітити наявність непослідовності використання окремих категорій. Так штучна родючість – це вид який приймає участь у прояві дії ефективної родючості, а агротехнічні заходи разом з ґрунтовими меліораціями є технологією вирощування агрофітоценозу, а в більш широкому розумінні – си стемою землеробства конкретної території. Відносно цих класифікацій слід зауважити, що в обох випадках автори, говорячи про природну та штучну категорії родючості, мають на увазі не властивість ґрунту - його родючість, а сам ґрунт. Штучна родючість, ґрунт і його штучні антропогенні властивості в польових умовах не створюються, а тому категорія змішаної родючості є досить проблематичною, що ставить під сумнів необхідність розробки класифікацій родючості.

Труднощі кількісного виміру «родючості ґрунту» полягають у відсутності розуміння цього явища а саме, за якими критеріями та в яких одиницях проводити таке визначення.

У Ґрунтовому інституті ім. В. В. Докучаєва вважають, що родючість є складовою урожаю, а урожайність є функцією чинників, що об'єднуються в групи природних, економічних та науково-організаційних.

У МДУ ім. М. В. Ломоносова родючість визнають чинником урожаю який, зі свого боку, є функцією незалежних, проте пов'язаних між собою чинників, а саме: рослини, ґрунту, стану атмосфери та стану біоти.

В Інституті ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського пропонують визначати родючість у двох формах: величиною окремих властивостей ґрунту та величиною продуктивності культурних рослин, яка залежить від погоди, особливостей рослин і технологічних заходів їх вирощування і виражається кількістю одержаної біомаси або урожаем. Розгляд родючості як складової поняття «родючість ґрунту» показує, що дослідники для з'ясування ролі ґрунту у формуванні урожаю біомаси включенням у цей процес крім ґрунту, погодних умов, особливостей рослин і технологічних заходів виходять за межі поняття «родючість ґрунту». Проте усталеність того, що родючість є основною властивістю ґрунту, гальмує правильне розуміння цього явища.

У зв'язку з тим, що родючість ґрунту утворюється під дією природних і соціально-економічних факторів, вона належить до розряду природних і економічних категорій. О.М. Грінченко (1984) вважав за необхідне виділити і використовувати у господарській діяльності три категорії ґрунтової родючості: *природну, ефективну і економічну.*

**Природна родючість ґрунту.** Ґрунт як природно-історичне тіло володіє визначеною родючістю, яка називається "природною родючістю". Вона є результатом розвитку ґрунтоутворюючих процесів, які призвели до утворення даного ґрунту як природного тіла, до якого не доторкалась рука людини. Вона притаманна лише цілиним землям. Характеризується комплексом взаємозв'язаних механічних, фізичних, хімічних, фізико-хімічних і біологічних властивостей, які обумовлюють життєдіяльність рослинних організмів. Водночас, рослинність і мікроорганізми також діють на зміну і напрямок ґрунтових процесів, а, отже, і на родючість ґрунту (рис 12.1, 12.2).

Земельні ресурси України значно диференціюються за родючістю. В умовах важкого економічного стану більшості сільгоспприємств вимоги рослин задовольняються практично за рахунок тільки природної родючості ґрунтів. Її параметри стосовно провідних сільськогосподарських культур визначаються генетичними особливостями ґрунтів, їх гранулометричним складом, ступенем зволоження та попередниками і мають значні відмінності в зонально- регіональному плані. Для прикладу, за даними Полупана та ін. (2002) агропотенціал озимої пшениці після зайнятого пару за природної родючості ґрунтів в середні за зволоженням роки і при високому рівні агротехніки коливається від 7-9 до 34-38 ц/га (рис. 12.2). Врожайність 7-9 ц/га властива дерновим опідзоленим піщаним ґрунтам, 10-15 ц/га – дерновим "опідзоленим зв'язно-піщаним, буро-підзолистим кислим поверхнево-оглеєним легко- і середньосуглинковим, ясно-сірим та сірим поверхнево-оглеєним недренованим легко- і середньосуглинковим; ясно-сірим та сірим поверхнево-оглеєним; 16- 21 ц/га – дерново-підзолистим автоморфним і глеюватим легкосупіщаним (11-15% фізичної глини), каштановим та темно-каштановим середньо- і важкосуглинковим та легкоглинистим; 23-26 ц/га – дерново-підзолистим автоморфним і глеюватим важкосупіщаним (16-20% фізичної глини), чорноземам південним важкосуглинковим і легкоглинистим, чорноземам звичайним важкосуглинковим східної частини центрального Степу; 27-30 ц/га – чорноземам звичайним глибоким важкосуглинковим; 31-33 ц/га – сірим лісовим, темно-сірим опідзоленим, чорноземам опідзоленим та чорноземам типовим північної частини Лісостепу з вмістом фізичної глини 26-40%; 34-38 ц/га – темно-сірим, чорноземам опідзоленим середньосуглинковим вологої частини Лісостепу; темно-сірим опідзоленим, чорноземам опідзоленим та чорноземам типовим важкосуглинковим і легкоглинистим південної частини Лісостепу, чорноземам звичайним глибоким легкоглинистим Північного Степу. При внесенні добрив та проведенні меліоративних заходів в оптимальних об'ємах параметри родючості зростають на 10-30% для ґрунтів Сухого Степу, Степу та південної частини Лісостепу, 30-50% – північної та вологої частини Лісостепу, до 100-200% – на ґрунтах Полісся, до 300% – на поверхнево-оглеєних ґрунтах. Аналогічна диференціація за параметрами природної та ефективної родючості властива ґрунтам також стосовно інших культур.



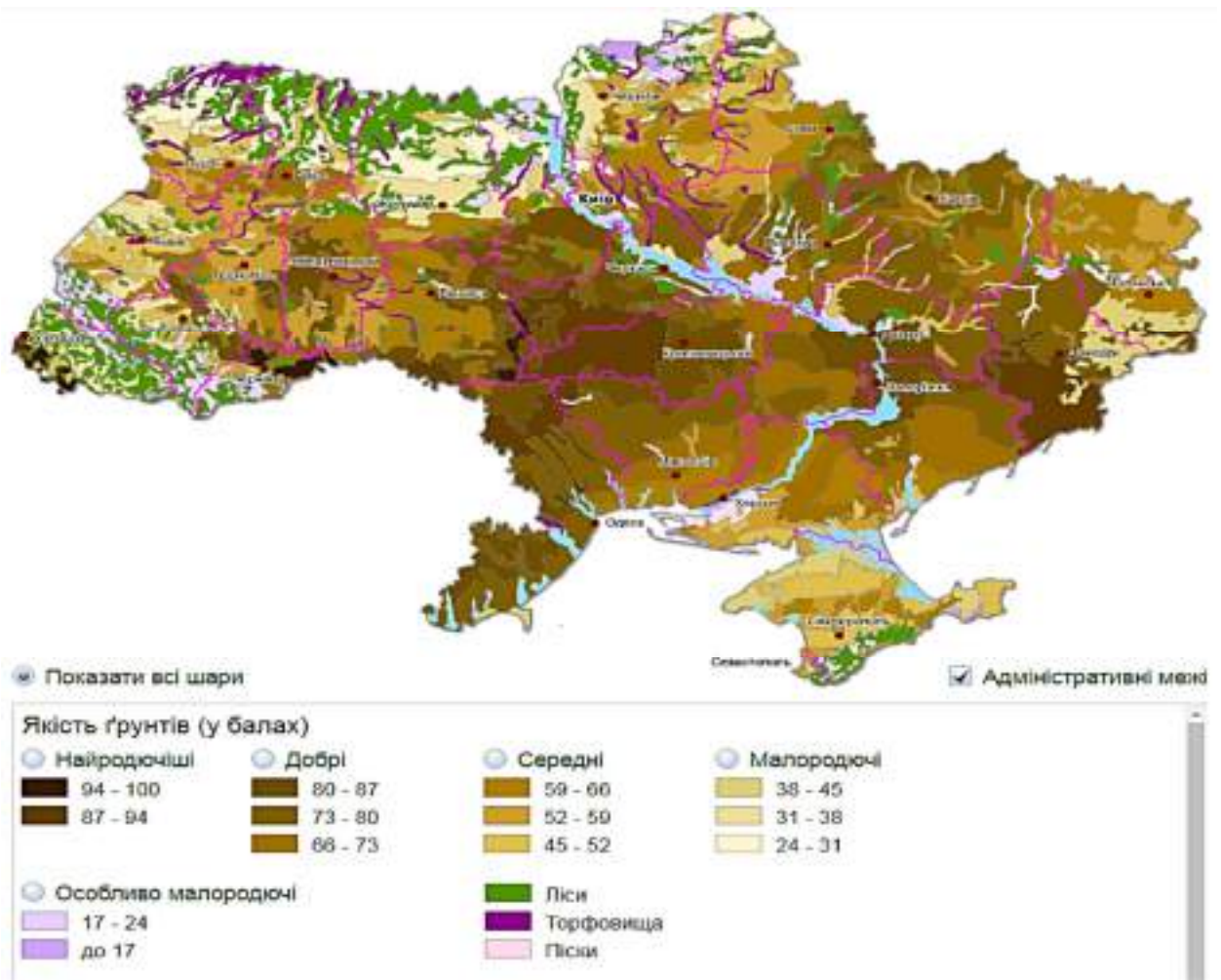


Рис. 12.1. Рівень родючості ґрунтового покриття України.

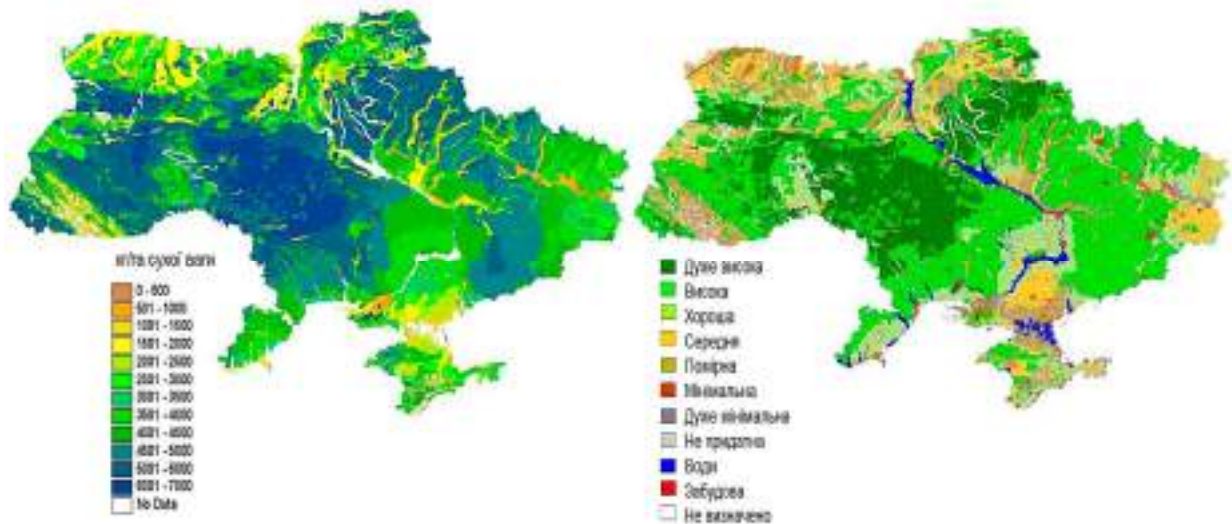


Рис. 12.2. Ліва позиція: Класи придатності для озимої пшениці в умовах природного зрошення з врахуванням фону природної родючості ґрунтів (середній рівень затрат ресурсів виробництва). Права позиція: середня досяжна урожайність озимої пшениці за рахунок природних рівнів родючості ґрунту для умов природного зрошення (середній рівень затрат ресурсів виробництва) (за В.В. Медведєвим, 2002).

№ з/п	Область	Обстежена площа, тис. га	Реакція ґрунтового розчину, од. рН	Уміст поживних речовин у ґрунті					Еколого-агрохімічний бал	
				гумус, %	рухомі сполуки фосфору, мг/кг	рухомі сполуки калію, мг/кг	азот легкогдролізований, мг/кг	рухомі сполуки сірки, мг/кг		
										за методом Чирикова
1	АР Крим	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Вінницька	1040,7	5,50	2,70	87,0	108,0	80,0	-	46,0	
3	Волинська	390,1	6,10	1,56	118,0	47,8	122,3	5,27	41,0	
4	Дніпропетровська	1432,5	7,23	3,77	129,6	144,3	131,8	9,00	55,0	
5	Донецька	39,5	7,20	3,80	98,1	114,6	83,1	5,80	60,9	
6	Житомирська	845,8	5,70	2,01	117,0	49,0	83,0	7,86	39,0	
7	Закарпатська	238,6	5,16	2,56	81,5	86,4	79,9	9,86	40,0	
8	Запорізька	1326,1	7,42	3,40	123,3	175,6	83,6	8,54	46,0	
9	Івано-Франківська	290,6	5,40	3,28	79,0	89,0	86,0	4,26	40,0	
10	Київська	765,0	6,02	2,98	121,0	103,0	124,0	6,70	48,7	
11	Кіровоградська	1103,2	6,00	4,11	86,0	132,0	116,0	8,00	67,0	
12	Луганська	639,5	7,90	3,91	78,0	104,0	104,0	-	52,0	
13	Львівська	497,6	6,01	2,67	135,6	88,0	128,0	-	42,9	
14	Миколаївська	1473,2	7,30	3,24	110,0	195,0	93,0	7,10	52,0	
15	Одеська	1155,0	7,30	3,77	82,0	138,0	-	7,80	54,6	
16	Полтавська	774,3	6,50	3,18	125,0	111,9	109,7	13,51	48,7	
17	Рівненська	496,6	6,00	2,27	121,0	54,0	127,0	8,20	39,0	
18	Сумська	785,0	5,70	3,50	105,0	99,0	93,0	2,70	43,0	
19	Тернопільська	497,7	5,90	3,13	106,0	119,0	129,0	6,55	57,0	
20	Харківська	1178,8	5,80	4,10	103,0	86,1	110,0	12,84	66,0	
21	Херсонська	1300,1	6,47	2,45	147,0	193,0	-	9,30	34,0	
22	Хмельницька	953,6	6,40	2,96	116,0	109,0	103,0	5,80	48,0	
23	Черкаська	805,3	6,01	3,06	129,4	85,6	118,0	6,40	56,5	
24	Чернівецька	236,0	5,80	2,60	52,0	62,6	105,5	9,90	48,0	
25	Чернігівська	653,0	5,46	2,41	108,0	76,0	97,0	10,93	45,0	
<b>Всього по Україні</b>		<b>18917,8</b>	<b>6,39</b>	<b>3,16</b>	<b>110,30</b>	<b>120,50</b>	<b>105,40</b>	<b>8,09</b>	<b>49,5</b>	

Рис. 12.3. Показники родючості ґрунтів України за X тур агрохімічного обстеження (2011-2015 рр.)

Розрахунки показують, що за рахунок природної родючості ґрунтів щорічно можливо здобути 41,7 млн. т. зернових і зернобобових, а за внесення добрив в оптимальних обсягах – 64,2 млн. тонн. Реалізація вказаних її рівнів досягається лише за умови високої агротехніки, якісного насінневого матеріалу тощо. За умови раціонального науково обґрунтованого ґрунтокористування, відповідно до представленої карти оцінки потенціалу родючості її ґрунтів, володіючи величезним резервом родючості ґрунтів, може бути одним із безперечних світових лідерів у виробництві високоякісних продуктів харчування.

Проте рівень використання угідь досі значно нижчий, ніж у країнах Європейського Союзу. Це зумовлено надмірною розораністю земельного фонду, недотриманням сучасних систем землеробства, ігноруванням агрономічних норм землекористування і екології, відсутністю належної системи управління процесами родючості ґрунтів, що спричиняє розвиток деградаційних процесів.

Деградація – майже неминучий супутник людства протягом багатьох століть його розвитку. Відмінності в цьому процесі, звичайно ж, існують, і залежать вони від рівня розвитку суспільства, розуміння ним закономірностей формування ґрунтів, стану економіки.

Нині вже створені теоретичні передумови управління ґрунтовою родючістю як відносно простого, так і розширеного відтворення, при цьому система контролю і управління родючістю ґрунту має будуватися на основі ґрунтово-екологічного районування з врахуванням спеціалізації і концентрації сільськогосподарського виробництва.

**Ефективна родючість ґрунту.** Як тільки людина починає використовувати ґрунт (землю) з господарською метою, він стає засобом виробництва. Людина господарською діяльністю (обробітком та іншими технологічними процесами) впливає на розвиток і зміну родючості ґрунту; його родючість проявляється у величині врожаю культурних рослин. Цю категорію виділяють як ефективну родючість. Її рівень залежить не тільки від природної родючості ґрунту, але й більше від процесу і характеру сільськогосподарського використання та культури землеробства. Застосування обробітку, добрив, меліоративних заходів проявляється і на напрямку ґрунтоутворення: змінюється природна родючість, створюється її штучний ступінь. Але це не нова категорія родючості, а та сама природна родючість, яка за допомогою штучних заходів набуває більш високого ступеня розвитку. Штучний ступінь родючості і природна родючість зв'язані між собою і впливають на врожайність. Ефективна родючість та її новий штучний ступінь тісно зв'язані з розвитком соціально-економічних умов. Рівень ефективної родючості ґрунтового покриву у співставленні до потенціалу природної родючості представлено на рис. 12.4.

**Рівень ефективної родючості ґрунту,** що встановлюється за рівнем урожаю вирощуваних сільськогосподарських культур, залежить не тільки від ґрунту, але й від метеорологічних умов, біологічних особливостей рослин, дії людини. Рівень ефективної родючості визначають:

Зона, підзона	Урожайність сільськогосподарських культур, ц/га															
	озима пшениця		озиме жито		ячмінь		горох		кукурудза		кукурудза МВС		цукрові буряки		соняшник	
	1 <sup>1)</sup>	2 <sup>2)</sup>	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Полісся	20 <sup>3)</sup>	34	22	35	15	31	18	30	-	-	165	375	-	-	-	-
	7-29 <sup>4)</sup>	22-42	28-38	21-43	6-23	21-43	10-22	25-33	-	-	90-250	300-550	-	-	-	-
Закарпаття	27	40	-	-	33	43	15 <sup>5)</sup>	22 <sup>5)</sup>	55	77	300	470	-	-	-	-
	26-28	38-43	-	-	28-36	40-50	13-18	20-25	45-60	65-90	250-350	450-520	-	-	-	-
Передкарпаття і Лісостеп вології	13	33	-	-	13	30	-	-	-	-	130	300	-	-	-	-
	10-16	30-37	-	-	10-15	28-35	-	-	-	-	100-150	200-430	-	-	-	-
Лісостеп північний	34	45	-	-	27	38	21	27	41	53	300	410	285	450	-	-
	30-38	39-60	-	-	21-32	30-42	15-25	20-32	28-47	42-63	250-340	340-460	200-370	280-540	-	-
Лісостеп південний	35	43	-	-	25	38	22	26	42	48	270	350	270	380	22	24
	31-38	38-45	-	-	23-27	36-42	18-26	22-30	35-44	40-56	250-310	320-430	210-300	330-400	19-24	20-27
Степ північний	32	39	-	-	23	36	21	24	41	45	235	275	258	320	22	25
	26-39	31-45	-	-	20-24	30-39	20-22	23-25	35-45	40-50	190-260	230-300	230-290	300-350	19-25	22-26
Степ південний і сухий	22	27	-	-	16	23	15	18	21	27	140	160	-	-	9	12
	18-25	21-32	-	-	13-18	19-26	13-17	16-20	11-26	16-33	90-160	110-190	-	-	8-11	11-14
Середня в Україні	28	38	-	-	21	33	19	24	36	43	225	300	275	400	17	20

Примітка: <sup>1)</sup> 1 - за природної родючості; <sup>2)</sup> 2 - за ефективної родючості; <sup>3)</sup> над ризикою - середній урожай; <sup>4)</sup> під ризикою - коливання залежно від генетичної природи ґрунту та його гранулометричного складу; <sup>5)</sup> - соя.

Рис. 12.4. Природна та ефективна родючість ґрунтів України.

- поживний, водно-повітряний, тепловий режими ґрунту, вміст фізіологічно - активних речовин, реакція ґрунтового розчину, наявність у ґрунті фітотоксичних сполук тощо;
- метеорологічні умови вегетації рослин (сонячна радіація, кількість та розподіл атмосферних опадів, температурні умови, відносна вологість повітря, вміст у ньому CO<sub>2</sub>, тривалість вегетаційного періоду);
- рослина: сорт, репродукція, якість насінневого матеріалу і ін. ;
- фітосанітарні умови: бур'яни, шкідники та хвороби культурних рослин;
- антропогенна дія: обробіток ґрунту, технологія вирощування рослин, сівозміни, система добрив, меліоративні заходи, заходи захисту рослин тощо.

Результативно економічна оцінка родючості ґрунтів складається з багатьох показників. Серед властивостей, що впливають на його потенціал, слід відмітити такі як:

- гранулометричний або механічний склад;
- глибину або потужність гумусового горизонту;
- кількісний вміст рухомих поживних речовин – N, P, K;
- кількісний вміст мікроелементів;
- наявність забруднюючих речовин (важкі метали, пестициди, радіонукліди тощо);
- показник рН (реакція ґрунтового розчину);
- наявність «плужної підшви», або підорного горизонту та ступінь його ущільнення;
- структура орного шару ґрунту та інші (табл 14.1). Фактично вказані показники входять до порядку бонітування ґрунтів і угідь та визначають бонітетну оцінку ґрунтового покриву України (рис. 14.5).

Комплекс взаємопов'язаних і взаємообумовлених властивостей, що визначає природну родючість має певні відмінності на різних типах ґрунтів. Конституційні властивості ґрунтів (хімічний, мінералогічний, гранулометричний склад, щільність твердої фази і ін.) практично не піддаються суттєвим змінам у порівняно короткі проміжки часу, тоді як динамічно-функціональні (фізико-хімічні, агрохімічні, біологічні і ін.) досить мінливі під впливом антропогенного фактору. У зв'язку з цим вони здійснюють неоднаковий вплив на формування урожаю на різних ґрунтах. Наприклад, агрохімічний фактор у Поліссі за умови оптимального поєднання з іншими блоками системи землеробства забезпечує 50-70% приросту врожаїв (Г.А.Мазур, 2002). Тому рівень ефективної родючості може бути практично однаковим на різних ґрунтах за різного рівня потенційної родючості.

Зіставлення даних про спрямованість та інтенсивність зміни показників природної та ефективної родючості дозволяє прогнозувати характер розвитку ґрунтової родючості й визначати необхідні заходи антропогенної дії. Звідси випливає необхідність виділення категорії економічної родючості ґрунту.

Економічна родючість ґрунту. В підручниках і працях деяких учених економічна родючість як категорія не виділяється, вона ототожнюється з поняттям "ефективна родючість". Це поняття "економічна родючість" доцільно виділяти як окрему категорію ґрунтової родючості, адже в

суспільному виробництві ґрунт виступає предметом і знаряддям праці. В процесі застосування праці, знарядь і знань, при правильному ставленні до ґрунту він поліпшується; при цьому змінюється природна і підвищується ефективна родючість, перетворюючись в економічну, яка реалізується у визначеній кількості споживчих вартостей.

Таблиця 14.1

Критерії та показники якісного стану родючості ґрунтів

Перелік критеріїв якості ґрунту	Показники якості ґрунту згідно із проектом Постанови Кабінету Міністрів України «Про нормативи якісного стану ґрунтів» і родючості ґрунту за ДСТУ4362:2004	Показники якості ґрунту згідно з ДСТУ «Якість ґрунту. Показники родючості ґрунту»
Загальні	Потужність гумусового шару ґрунту; грубізна профілю для силових ґрунтів; гранулометричний склад	Тип ґрунту; глибина гумусового профілю; гранулометричний склад ґрунту; фізична глина
Агрофізичні	Щільність ґрунту; агрегатний склад; найменша вологоємність; запаси продуктивної вологи	Щільність ґрунту; максимально можливий запас продуктивної вологи
Агрохімічні	Вміст гумусу; вміст поживних речовин; вміст мікроелементів	Вміст гумусу; вміст азоту, що легко гідролізується, вміст азоту за нітрифікаційною здатністю, рухомих сполук фосфору, калію,
Фізико-хімічні	Реакція ґрунтового розчину; склад увібраних катіонів	pH вод; pH сол; гідрологічна кислотність; сума увібраних основ
Ступінь засоленості ґрунтів	Катіонний склад водної витяжки; аніонний склад водної витяжки	Тип засолення; ступінь засолення
Ступінь солонцюватості	Вміст обмінного натрію; вміст обмінного калію	
Забруднення	Важкими металами; залишками пестицидів; радіонуклідами	Вміст важких металів (кадмію, свинцю, ртуті); залишки пестицидів (дихлордифенілтрихлоретан, гексахлоран); щільність забруднення радіонуклідами (цезій-137, стронцій-90)

Таким чином, **економічна родючість** – це здатність землеробства, зумовлена соціально-економічними факторами, використовувати і підвищувати природну родючість ґрунту.

На ґрунтах, які розорюються, природний ґрунтоутворювальний процес підпорядковується вже свідомій діяльності людини. Цей «культурний» процес, який має значний і домінуючий вплив на родючість ґрунтів, залежить від культури землеробства, ступеня розвитку науки й техніки.

В Україні розорено близько 80% території.

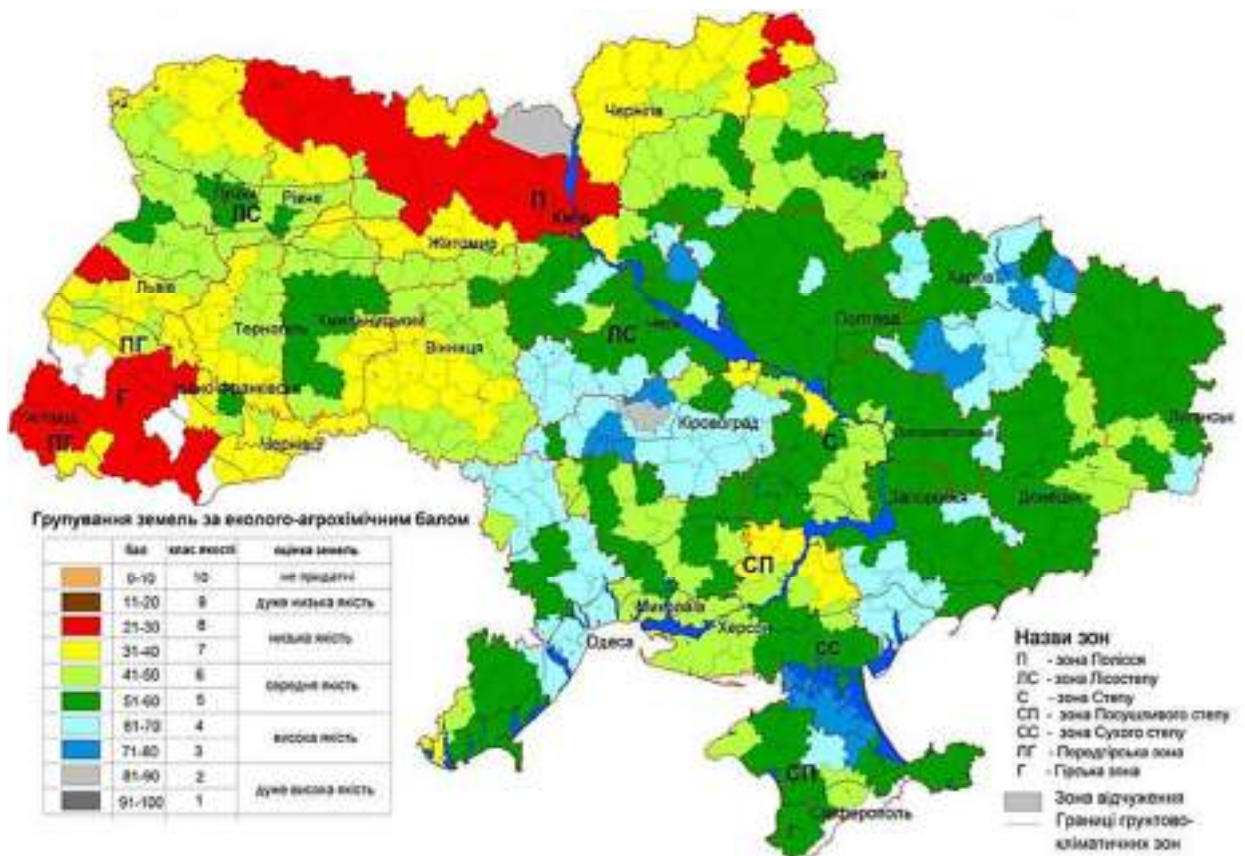


Рис. 12.5. Групування земель та ґрунтового покриття України за еколого-агрохімічним балом бонітету.

Ґрунти, на які людина впливає засобами виробництва, крім природної, набувають штучної родючості. Природна й штучна родючість нерозривно зв'язані між собою.

**Відносний характер родючості ґрунтів.** У природних біогеоценозах ґрунт і рослини тісно пов'язані й взаємно обумовлюють один одного. Ріст і продуктивність рослин залежать від родючості ґрунту й ґрунтових властивостей, що впливають на нього, а рослини, визначаючи ємність і характер біологічного кругообігу речовин, у свою чергу впливають на властивості ґрунту.

Тому просторова зміна ґрунтових умов завжди супроводжується зміною природного рослинного покриття, а зміну рослинності супроводжує зміна ґрунтів. У результаті тривалого природного відбору в природних біогеоценозах складається динамічна рівновага, при якій властивості ґрунту екологічно відповідають біологічним властивостям його рослинного покриття, навіть якщо ґрунт має дуже кислу або лужну реакцію, заболочений, засолений тощо. І такі ґрунти, що мають несприятливі властивості, використовуються рослинністю, що займає певну екологічну нішу, тобто це досить специфічна рослинність, біологічні властивості якої відповідають екологічним властивостям ґрунту.

Так, наприклад, болотна рослинність пристосована до болотних ґрунтів, темнохвойна лісова – до кислих підзолистих ґрунтів, солестійка рослинність - до солонців тощо. Із цього можна зробити дуже важливий висновок, що майже всі ґрунти, якими б не були їхні властивості, мають різний рівень природної родючості, але родючості не взагалі, а відносної – щодо певних видів рослин і рослинних асоціацій. Той же самий ґрунт може бути родючим для одних рослин і мало родючим або зовсім неродючим для інших.

Болотні ґрунти, наприклад, високородючі для болотних рослин, але на них не можуть рости степові або інші види рослин; кислі, малогумусні підзоли родючі відносно лісової рослинності; чорноземи - відносно лучно-степової рослинності тощо. Отже, необхідно мати на увазі, що різні ґрунти мають різний рівень потенційної й ефективної родючості відносно різних видів рослин і рослинних асоціацій

## 12.2. Складові елементи родючості ґрунтів

Як специфічна властивість ґрунту, його родючість формується у процесі утворення самого ґрунту й визначається не одним або двома властивостями, наприклад вмістом елементів живлення, гумусу або фізичних властивостей, а усією сукупністю властивостей ґрунту.

Родючість ґрунту визначається не тільки корененаселеним верхнім шаром, а суттєво залежить від будови його профілю й характеру товщі, що його підстилає, або підґрунтя.

Помилкою землеробства минулого було ототожнення ґрунту тільки з його верхнім гумусовим або орним шаром, у той час як на використовування рослинами води й поживних елементів великий вплив мають і більш глибокі ґрунтові горизонти та ґрунтові води.

Отже, родючість ґрунту визначається характером і особливостями усього ґрунтового профілю. Особливо значимими є властивості підґрунтя для багаторічних рослин із глибокою кореневою системою, зокрема деревних.

Маючи на увазі забезпечення рослин усіма факторами життя, до елементів родючості ґрунту варто віднести весь комплекс фізичних, біологічних і хімічних властивостей ґрунту та їх річну динаміку.

З них найважливішими є властивості, що є визначальними для ряду їх супідрядних властивостей:

**Гранулометричний склад ґрунту.** Від нього залежить тепловий і водний режим, водно-повітряні властивості й поживний режим ґрунту. *Легкі супіщані й піщані ґрунти* прогріваються раніше важких і їх відносять до «теплих» ґрунтів. Вони мають високу повітряно- і водопроникність. У результаті високої аерації органічна речовина рослинних залишків і добрив у таких ґрунтах швидко мінералізується, а процеси гуміфікації, навпаки,



ослаблені. Низька вологоємність перешкоджає накопиченню в них вологи й призводить до вимивання елементів живлення. При невисокому вмісті тонких глинистих часток легкі ґрунти мають незначні запаси елементів живлення, низькі – поглинальну здатність і буферність.

*Важкосуглинкові й глинисті ґрунти*, навпаки, довше прогріваються, вони «холодні», оскільки тонкі пори їх заповнені не повітрям, а дуже теплоємною водою. Вони слабо водо- і повітропроникні, погано поглинають атмосферні опади. Значна частина ґрунтової вологи й запасів елементів живлення важких ґрунтів недоступні рослинам. У періоди сезонного перезволоження у них бракує повітря й розвиваються глеєві процеси.

Кращими для росту більшості культурних рослин є ґрунти *суглинисті*, тобто проміжні між глинистими та піщаними.

**Структурність і водно-фізичні властивості ґрунту.** Щільність ґрунту, його фізичні властивості й пов'язані з ними водний, повітряний, тепловий і поживний режими залежать від його структурності, і, тим самим, від неї залежить ріст і розвиток рослин. Безструктурний ґрунт не може забезпечувати рослини одночасно водою й повітрям. У залежності від характеру погодних умов - у вологі або сухі періоди, його тонкі пори зайняті водою чи повітрям. У структурних ґрунтах у капілярних порах утримується вода, а наявність великих пор між структурними агрегатами забезпечує газообмін ґрунту з атмосферою - видалення надлишку вуглекислоти й забезпечення мікроорганізмів та коріння рослин киснем.

Газообмін ґрунту з приземним шаром повітря й емісія з нього ґрунтової вуглекислоти має винятково важливе значення для процесу фотосинтезу й росту рослин. Недолік вуглекислоти лімітує ріст і розвиток рослин, тому що при вмісті  $\text{CO}_2$  у атмосферному повітрі близько 0,03% інтенсивність фотосинтезу дуже низька. Вона значно зростає при збільшенні концентрації  $\text{CO}_2$  до 0,3% і більше.

**Теплові властивості ґрунту.** Здатність ґрунту поглинати й відбивати променисту енергію сонця, проводити й утримувати тепло, багато в чому безпосередньо визначає ріст і розвиток рослин, а також біологічні процеси, з якими пов'язана родючість ґрунту.

Тепловий режим як сукупність надходження, віддачі й передачі тепла залежить від кольору й водно-повітряних властивостей ґрунту.

**Вміст органічної речовини.** В органічній речовині ґрунту утримується основна частина запасів азоту (близько 80%), сірки, фосфору (60%). Елементи живлення, пов'язані з органічною речовиною, не вимиваються із ґрунту, але при цьому можуть поступово використовуватися рослинами. Органічна речовина ґрунту є джерелом енергії для мікроорганізмів, що мобілізують елементи живлення для рослин. Визначено, що деякі органічні речовини ґрунту можуть безпосередньо засвоюватися рослинами й містять стимулятори росту останніх. З якісно-кількісним складом органічної

речовини пов'язане також утворення водостійкої структури й формування сприятливих для рослин воднофізичних і технологічних властивостей ґрунту.

**Біологічна активність ґрунту.** Визначається чисельністю, складом і активністю ґрунтових мікроорганізмів і ґрунтової фауни, активністю ферментів, які безпосередньо беруть участь у трансформації недоступних рослинам елементів живлення й рослинних залишків у доступні їм сполуки. З біологічною активністю ґрунту пов'язане утворення в ньому мікробних продуктів, що стимулюють ріст рослин, або, навпаки, що мають на них токсичну дію. Мікробні метаболіти й популяції, що відмирають, маса яких може досягати 6 т/га, відіграють важливу роль у процесах утворення гумусу. У біомасі мікроорганізмів що відмирає, утримується близько 12 % азоту, 3 % фосфору й 2 % калію. При її розкладанні біля однієї третини азоту використовується мікроорганізмами, а дві третини – рослинами. Біологічна активність ґрунту визначає фіксацію атмосферного азоту й утворення вуглекислоти, що беруть участь у процесі фотосинтезу рослин.

**Поглиняльна здатність ґрунту.** Обумовлює ряд життєво важливих для рослин властивостей ґрунту – його поживний режим, хімічні й фізичні властивості. Завдяки їй елементи живлення утримуються ґрунтом і менше вимиваються опадами, залишаючись у той же час легкодоступними для рослин. Важливу роль при цьому грає ємність поглинання ґрунту. Від складу поглинених катіонів залежать: реакція ґрунту, його дисперсність, здатність до агрегування й стійкість поглинаючого комплексу до руйнівної дії водою. Поглинений водень, алюміній і особливо натрій обумовлюють руйнування його поглинаючого комплексу, знижують здатність ґрунту утримувати й закріплювати гумусові речовини. Насиченість поглинаючого комплексу кальцієм навпаки забезпечує рослинам сприятливу, близьку до нейтральної реакцію ґрунту, запобігає руйнації поглинаючого комплексу, сприяє агрегуванню ґрунту й закріпленню в ньому гумусу. Тому кальцій називають «охоронцем родючості ґрунту».

**За сучасними уявленнями родючий ґрунт повинен відповідати насамперед таким вимогам:**

□ містити достатню кількість поживних речовин і води, з максимальною ефективністю вбирати, акумулювати і віддавати рослинам воду та поживні речовини, а також забезпечувати оптимальний повітряний і тепловий режими ґрунту;

□ бути придатним для використання сучасних високопродуктивних машин та знарядь, застосування найновіших технологій вирощування сільськогосподарських культур, бути стійким до різних факторів руйнування;

□ характеризуватися добре виявленим фітосанітарним ефектом, тобто здатністю якомога швидше усувати явище “ґрунтовоми” при вирощуванні культур у вузькоспеціалізованих сівозмінах, бути чистим від бур'янів.

Зміна природних властивостей ґрунту з метою створення і постійного підтримання високого рівня родючості, усунення негативних для рослин властивостей під впливом виробничої діяльності людини називається

**окультуренням ґрунту.** Воно здійснюється за рахунок застосування агротехнічних та меліоративних заходів, кінцевою метою яких є створення в ґрунтах властивостей, які б забезпечували високі та стійкі врожаї сільськогосподарських культур.

Окультуреним слід вважати ґрунт, чистий від бур'янів, збудників хвороб і шкідників, з глибоким орним шаром, доброю структурою і будовою, сприятливим водним, поживним, повітряним та тепловим режимами. Окультурений ґрунт, як правило, містить більше гумусу, поживних речовин (насамперед доступних форм). Такий ґрунт має кращу реакцію і фізичні властивості. **Окультуреність ґрунту** визначається рівнем його ефективної родючості, врожайністю вирощуваних на ньому сільськогосподарських культур. Показники родючості та окультуреності ґрунту.

**Показники родючості ґрунту** – це кількісно визначені його властивості, які відіграють важливу роль у повному забезпеченні рослин факторами життя і створенні умов для такого забезпечення. Їх умовно поділяють на **біологічні, агрохімічні, агрофізичні та меліоративні** (рис. 14.6).

До **біологічних показників** належать вміст органічних речовин у ґрунті, їх якісний склад, біологічна активність ґрунту, Чистота його від насіння та вегетативних органів розмноження бур'янів, шкідників та хвороб сільськогосподарських культур. Органічні речовини є найважливішою складовою частиною ґрунту. Роль їх у процесах ґрунтоутворення і формування родючості дуже велика і багатогранна. Частина органічних речовин, розкладаючись у ґрунті, перетворюється в складні органічні сполуки специфічної природи і стає джерелом утворення гумусових речовин – високомолекулярних азотовмісних сполук. Вони становлять 85-90 % загальної кількості органічних речовин у ґрунті. Гумусовий фонд створюється в результаті тривалих різнобічних процесів трансформації органічних речовин, які узагальнено називаються процесом їх гуміфікації.

Це розкладання, продукування та консервація речовин рослинного і мікробного походження. Роль гумусу у створенні ґрунтової родючості надзвичайно важлива і різнобічна. Він є джерелом практично всіх елементів мінерального живлення рослин, які вивільнюються в процесі розкладання й мінералізації гумусових речовин. Крім того, процеси розкладання й мінералізації, які здійснюються мікроорганізмами, супроводжуються продукуванням вуглекислого газу, необхідного рослинам для фотосинтезу, а також різних біологічно-активних речовин (ферментів), які стимулюють процеси життєдіяльності рослинних організмів (рис. 12.7). Гумусові речовини поліпшують фізичні властивості ґрунту, створюючи агрономічно цінну водостійку структуру. Згідно з класифікацією Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. А.Н. Соколовського гумусованість ґрунтів оцінюють такими рівнями, % : дуже високий вміст гумусу понад 5,6; високий – 4,6-5,5; підвищений – 3,6-4,5; середній – 2,6-3,5; низький – 1,6-2,5; дуже низький – менш як 1,5.



Рис. 12.6. Згруповані параметри та причинно-наслідкові аспекти формування видів ґрунтової родючості.

Вміст гумусу в ґрунтах коливається в широких межах. Найбільше його в чорноземах, найменше – в сіроземах та дерново-підзолистих ґрунтах. Він уповільнює процеси вимивання поживних речовин з кореневмісного шару, підвищує ефективність мінеральних добрив, поліпшує структуру вологоємність, водо- і повітропроникність, тепловий режим ґрунту. У ґрунтах з високим вмістом гумусу рівноважна щільність орного шару не перевищує  $0,9-1,2 \text{ г/см}^3$ , тобто майже оптимальна. Підвищується також; вміст водостійких агрегатів, ефективність високих доз мінеральних добрив. Такі ґрунти під час обробітку менше ущільнюються машинами і агрегатами. При посиленій життєдіяльності мікроорганізмів у збагачених органічними речовинами ґрунтах швидше розкладаються і знешкоджуються внесені пестициди (у досліді Г. Муромцева з симазином – у 4 рази), що дуже важливо в умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва.

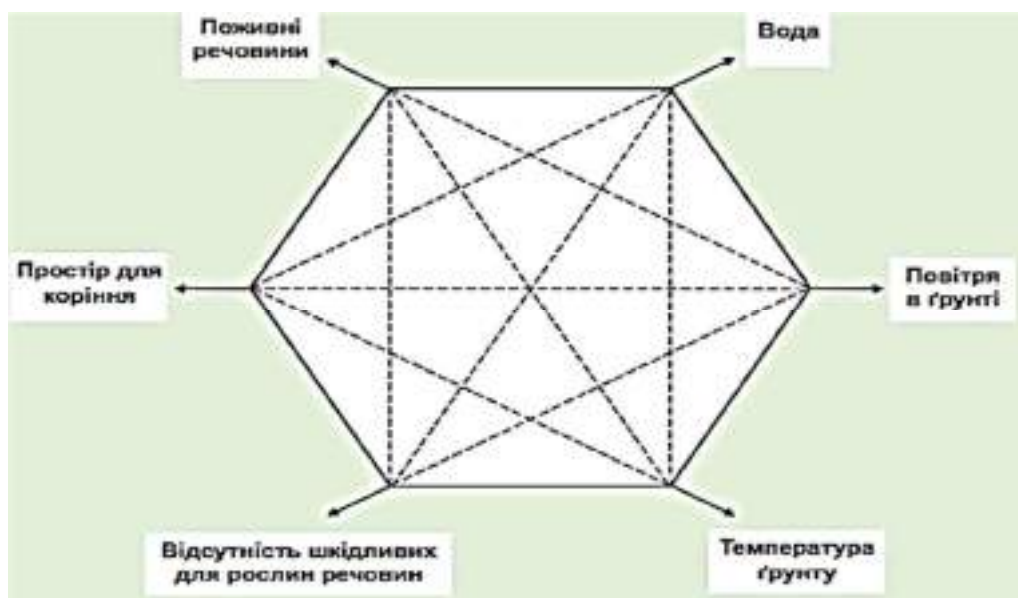


Рис. 12.7. Фактори родючості у її моделюванні (за О.Н. Соколовським).

Від вмісту гумусу залежить рівень урожайності сільськогосподарських культур. За даними О.М. Грінченка, Р. Г. Дерев'янка, О.О. Бацули та інших вчених, у Лісостепу України із збільшенням вмісту гумусу в ґрунті від 3 до 5 % урожайність озимої пшениці підвищувалась на 4–5 ц/га, цукрових буряків – 75-98, кукурудзи – на 3,7-10,7 ц/га.

Дуже важливо й те, що продукція, вирощена на збагачених гумусом ґрунтах, має вищу якість. На таких ґрунтах рослини характеризуються підвищеною стійкістю до хвороб та шкідників. Оскільки зберіганню та збагаченню на органічні речовини орних земель поки що приділяється недостатньо уваги, на Україні за 100 останніх років втрати гумусу в ґрунтах Полісся досягли 18,9 %, у Лісостепу – 21,9, Степу – 19,5%, а середньорічні втрати становили відповідно 0,18, 0,37 і 0,3 т/га.

Джерелом підвищення вмісту органічних речовин у ґрунті є залишені на полі рештки рослин (корені, частинки стебел, опале листя) та органічні добрива. Дослідження в Уманському сільськогосподарському інституті показали, що найбільше рослинних решток залишається після багаторічних бобових трав та озимих зернових, значно менше – після просапних культур.

Польові культури, які вирощують без внесення органічних добрив, за винятком багаторічних трав, не можуть забезпечити бездефіцитний баланс гумусу. Так, за даними Г.І. Райченка, М.М. Глушука, на не удобрених ділянках у стаціонарних дослідках в Лісостепу України середньорічні втрати гумусу становили 1,1 т/га, а за рахунок надходження рослинних решток утворювалося лише 0,3-0,4 т/га.

Для збагачення ґрунту на органічні речовини застосовуються різні заходи: внесення органічних та мінеральних добрив, травосіяння, правильне чергування культур у сівозміні, раціональний обробіток ґрунту, боротьба з ерозією та ін. Основним з них є внесення органічних добрив. Для підтримання бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті на Поліссі треба

вносити: 13-14 т/га, в Лісостепу – 11-13, в Степу – 8-9, а при зрошенні – 11-13 т/га органічних добрив у середньому за рік ротації сівозміни. Результати багатьох досліджень свідчать про те, що існує тісний зв'язок між родючістю ґрунту і його біологічною активністю (сукупністю біологічних процесів, що відбуваються в ґрунті), її рівень визначається комплексом показників, до яких належать кількість мікроорганізмів, ферментативна активність, целюлозо-розкладальна і нітрифікуюча здатність, інтенсивність дихання тощо. Для підтримання гумусованості ґрунту на сталому і достатньо високому рівні та забезпечення високої біологічної активності ґрунтового середовища крім систематичного поновлення його органічними речовинами застосовують ще такі заходи: правильне чергування культур, вирощування в сівозмінах багаторічних трав, внесення разом з органічними і мінеральних добрив, раціональний обробіток ґрунту, заходи боротьби з ерозією, вапнування кислих і гіпсування засолених ґрунтів для забезпечення їх на кальцій та поліпшення фізичних властивостей тощо (рис. 12.8).

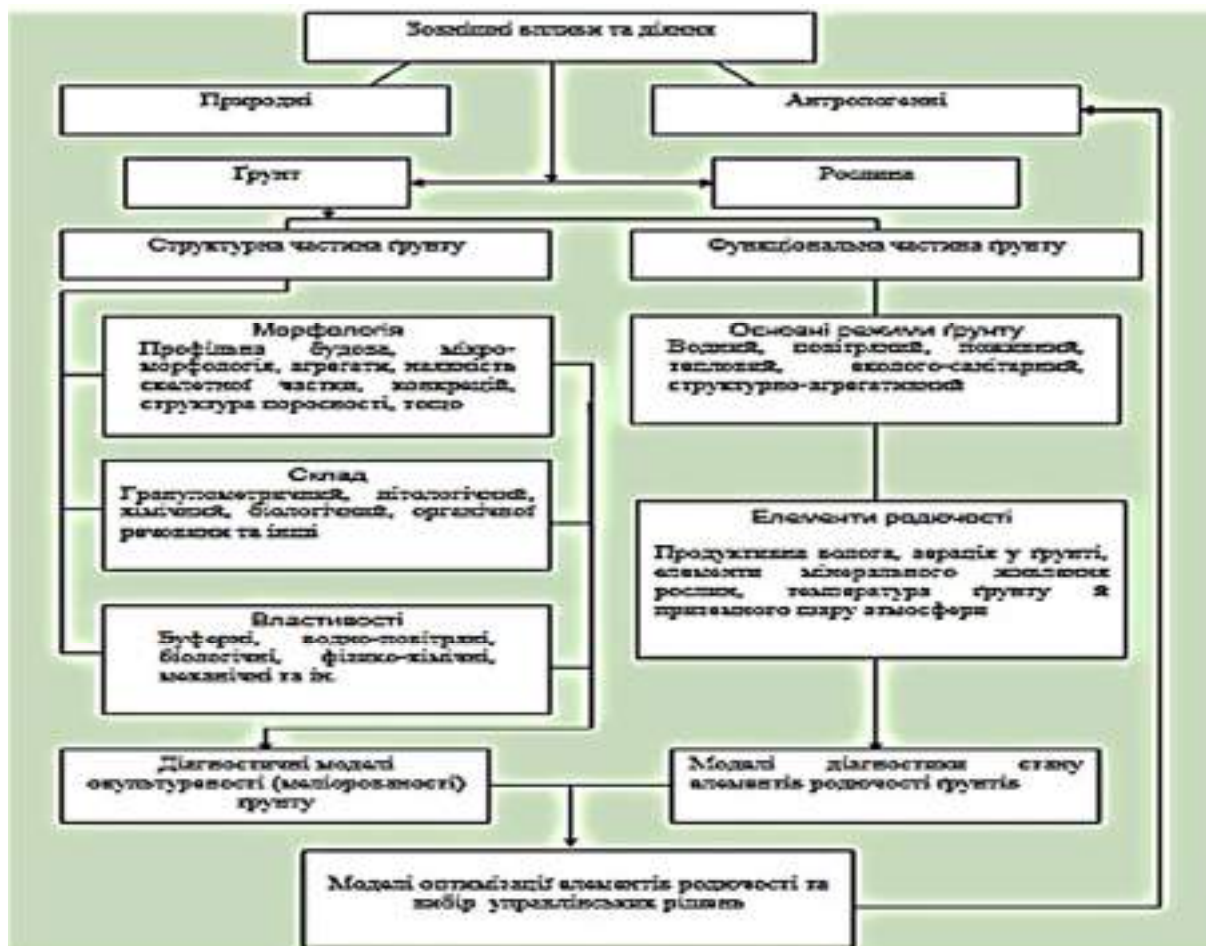


Рис. 12.8. Складові елементи моделей управління оптимізації родючості ґрунтів.

Очищення ґрунту від органів розмноження бур'янів та від шкідників і збудників хвороб сільськогосподарських культур не є природною

властивістю, що характеризує його родючість, однак від цих показників значною мірою залежить урожайність, і тому їх потрібно завжди враховувати при характеристиці ґрунтової родючості на тому чи іншому полі.

Для очищення ґрунту від шкідливих консументів застосовують різні заходи механічного обробітку ґрунту, хімічні засоби, правильне чергування культур у сівозмінах тощо.

До *агрохімічних показників родючості та окультуреності ґрунту* належать вміст у ньому поживних речовин, ємкість вбирання, сума увібраних основ, ступінь насиченості основами, реакція ґрунтового розчину. Ґрунти з високим ступенем окультуреності містять поживних речовин значно більше, ніж менш окультурені. Вони знаходяться в них і в більш сприятливих для рослин співвідношеннях. При систематичному внесенні добрив вміст поживних речовин у ґрунті підвищується.

Вбирна здатність ґрунту характеризується ємкістю вбирання, яка показує загальну кількість у ґрунті здатних до обміну увібраних катіонів. Ємкість вбирання катіонів у різних ґрунтах неоднакова і коливається від 5 мг-екв/100 г у 15 дерново-підзолистих піщаних ґрунтах до 65 мг-екв/100 г у чорноземах. Ґрунти з більшою ємкістю вбирання містять більше увібраних і необхідних для рослин поживних речовин. Добре окультурені ґрунти містять більше кальцію та магнію і менше натрію, а також водню та алюмінію. Кальцій і магній більш активні і коагулюють органічні та мінеральні колоїди, що запобігає вимиванню їх у нижні шари ґрунту. Дрібні частинки ґрунту при цьому склеюються і утворюють агрономічно цінні структурні грудочки (агрегати).

Ріст і розвиток рослин та ґрунтових мікроорганізмів значною мірою залежать від швидкості і спрямованості хімічних та біохімічних процесів, що відбуваються у ґрунті, реакції ґрунту. Більшість культурних рослин формує високі врожаї лише при нейтральній або близькій до нейтральної реакції ґрунту. Кисла реакція шкодить розвитку багатьох корисних мікроорганізмів, зокрема амоніфікуючих та нітрифікуючих бактерій і азотобактера. Лужна реакція властива засоленим ґрунтам. Вони мають незадовільні фізичні властивості, підвищений вміст у ґрунтовому вбирному комплексі катіонів натрію, що зумовлює їх безструктурність. При зволоженні такі ґрунти запливають, а при висушуванні перетворюються в щільну брилисту масу. На незначній глибині від поверхні в них залягає ущільнений ілювіальний горизонт, який утруднює проникнення коренів у глибші шари ґрунту і його обробіток. Для збагачення ґрунту на поживні речовини в нього вносять добрива, а для підвищення вмісту доступних (мінеральних) форм елементів живлення застосовують ще й інші заходи, а саме: розпушують ґрунт обробітком для посилення його аерації і, відповідно, мінералізації органічних речовин, нейтралізують реакцію кислих ґрунтів вапнуванням, а лужних – внесенням гіпсу. При цьому підвищується насиченість ґрунтового вбирного комплексу кальцієм. Для нейтралізації ґрунтового середовища застосовують і біологічні меліоранти; лужних – буркун.

### **12.3. Фактори, що лімітують ґрунтову родючість та їх регулювання в агрономічній практиці**

Як показано вище, елементами (факторами) ґрунтової родючості є сукупність фізичних, хімічних й біологічних властивостей ґрунтів. Важливо мати на увазі, що певна властивість ґрунту може мати як позитивний, так і негативний (лімітуючий) вплив на рівень його потенційної або ефективної родючості, залежно від її якісного й кількісного прояву.

В агрономії й агрохімії давно відомий «закон мінімуму», відповідно до якого врожай рослин визначається тим фактором, що перебуває у мінімумі в цей момент: при достатній кількості азоту й фосфору, наприклад, у ґрунті може не вистачати калію або кальцію чи заліза, а при повній забезпеченості всіма елементами живлення може не вистачати води або при оптимальному рівні елементів живлення й води може бракувати тепла тощо. При цьому рівень ефективної родючості ілюструється відомим малюнком бочки із планок різної висоти, рівень води в якій лімітується мінімальною планкою. Звідси й другий не менш відомий малюнок, який ілюструє прогресивно зростаючі врожаї у міру поступового збільшення один за одним усіх факторів родючості: спочатку збільшують вміст азоту, а коли при оптимальному рівні азоту у мінімумі залишається фосфор, то збільшують його вміст і так поступають із усіма факторами родючості. Однак, цей дуже красивий, як здається, процес на практиці спрацьовує далеко не завжди, тому, що людині точно невідомі усі фактори, що потрібні рослині для її нормального функціонування.

У ґрунтознавстві прийнятий інший підхід. Поряд із завданням забезпечення оптимального стану ґрунтових факторів для життя рослин, ставиться й практично вирішується задача ліквідування чи зменшення дії факторів, що лімітують ґрунтову родючість. Ряд ґрунтів має не один лімітуючий фактор, а декілька. Наприклад, окрім того, що солонці - мають високу лужність та вміст солей, вони також мають дуже несприятливі фізичні властивості. Звідси витікає необхідність їх комплексної меліорації.

Наведемо основні фактори, що лімітують родючість ґрунтів, а також засоби та прийоми їх зменшення чи усунення (табл. 12.2).

Властивості ґрунту, що перешкоджають успішному виростанню деревних порід при їх достатньому мінеральному живленні. Не тільки недостатній вміст фізіологічно доступної вологи, але й надмірне насичення ґрунту водою може негативно впливати на більшість деревних порід. вологості ґрунту, коли водою заповнені тривалий час не тільки капілярні, але й великі некапілярні пори, що мають повітрообмінне значення, у ґрунті встановлюються анаеробні умови. Порушення повітрообміну призводить до зниження вмісту кисню в ґрунтовому повітрі й ґрунтовому розчині, а при заповненні водою усіх пор у ґрунті майже зовсім не залишається вільного



повітря. Недолік кисню негативно впливає на життєдіяльність більшості деревних порід. Це не тільки порушує забезпечення корневих систем киснем, але, крім того, приводить до затримки й навіть призупинення процесів мінералізації мертвої органічної речовини. У результаті чого, деревні породи відчувають дефіцит засвоєваних сполук азоту й зольних елементів. Порушується режим живлення. Крім того, в анаеробних умовах накопичуються недоокислені органічні сполуки, шкідливі для більшості деревних порід, а також з'являються такі газоподібні продукти, як сірководень, метан тощо, з сильною токсичною дією.

Таблиця 12.2

Основні базові заходи забезпечення достатніх рівнів ґрунтових умов родючості

Фактор	Меліоративний прийом
Надлишкова кислотність	Вапнування
Надлишкова лужність	Гіпсування, кислування, внесення фізіологічно кислих добрив
Надлишок солей	Промивання на фоні дренажу ґрунтових – підґрунтових вод
Висока глинистість	Піскування, покращення структури, глибоке розпушування
Недостатність тепла	Теплові меліорації: мульчування поверхні, снігонакопичення, лісосмуги, плівкові вкриття
Недостатність води	Зрошення, агротехнологічні прийоми накопичення води в ґрунті (наприклад, чиста пара) і захист від випаровування
Недостатність мінерального живлення	Мінеральні й органічні добрива
Недостатність аерації	Дренаж, покращення структури, щільування
Строкатість мікрорельєфу	Планування поверхні
Великий нахил поверхні	Терасування, смугасто-контурний обробіток, пережеговування культур
Незначний корененаселений шар, обмежений серединними шарами ґрунту	Поступове поглиблення із застосуванням плантажу, глибокого розпушування, вибухові меліорації
Різко диференційований на горизонти профіль	Поступове поглиблення корененасиченого шару, ліквідація диференціації глибокою обробкою
Токсикоз хімічний	Хімічні й агротехнологічні меліорації
Токсикоз біологічний	Агротехнологічні й біологічні меліорації, сівозміна, парування

Наслідком подібних умов є загнивання й відмирання вертикального кореня, що порушує надходження елементів живлення з нижніх горизонтів ґрунту. Якийсь час дерева борються з порушенням режиму живлення шляхом посиленого розвитку горизонтальних коренів. У результаті скорочення корененасиченого шару приріст дерев гальмується, а недостатня глибина кореневих систем знижує вітростійкість дерев.

Проведення осушувальної меліорації таких занадто зволжених ґрунтів зі зниженою продуктивністю деревостанів виправляє ситуацію. На дренажних ділянках заглиблюються кореневі системи, підвищується приріст дерев, а також знову поселяються деревні породи, що випали.

Для заплавлених лісів має значення тривалість затоплення паводковими водами. Різні деревні породи витримують неоднакову тривалість затоплення.

Динаміка та відтворення родючості ґрунтів в інтенсивному землеробстві. Як уже зазначалося, родючість ґрунту – властивість динамічна, яка змінюється як у природному стані, так і при використанні його в сільськогосподарському виробництві. При нинішніх системах землеробства в ґрунті нерідко переважають процеси, що призводять до зниження його потенціальної родючості. Середньорічні втрати гумусу в чорноземах типових і вилугуваних становили 0,7-0,9, звичайних – 0,5-0,7 т/га. Втрати гумусу внаслідок мінералізації та ерозії супроводжуються значними щорічними втратами поживних речовин, погіршенням фізичних і фізико-хімічних властивостей ґрунту.



Рис. 12.9. Зниження родючості ґрунтів від дії негативних факторів.

Однак постійне збільшення норм мінеральних добрив сприяє нагромадженню поживних речовин у ґрунтах. За даними В.Л. Булахова, при тривалому використанні землі, особливо за умови інтенсивного застосування пестицидів, у 2-6 разів зменшується 20 кількість різних організмів у ґрунті (гризунів, рептилій, черв'яків, личинок комах та ін.). Це призводить до втрати структурності і самоущільнення ґрунту.

Застосування важких сільськогосподарських знарядь також прискорює цей процес. Як зазначалось вище, є ціла низка показників родючості, що характеризують певні його властивості, для регулювання яких у землеробстві застосовують різноманітні заходи впливу на ґрунтове середовище. Дія цих заходів майже завжди неоднозначна. Поліпшуючи одні властивості ґрунту вони можуть погіршити інші, або ж поліпшення певного показника відбувається на короткий термін, а далі настає його погіршення. При цьому в міру інтенсифікації землеробства негативний вплив антропогенного фактора на ґрунт посилюється.

Останнім часом людина часто втручається в природну сферу, збільшуючи обсяг меліоративних робіт, створюючи зрошувальні та осушувальні системи. При цьому допускається необґрунтована поспішність, що призводить до підвищення рівня ґрунтових вод, вторинного засолення і заболочення земель, чи, навпаки, переосушення великих територій, деградації плавнів тощо.

При постійному застосуванні мінеральних добрив та пестицидів у ґрунт надходить багато речовин, які його забруднюють і погіршують хімічні та фізичні властивості. Так, при багаторічному застосуванні фізіологічне кислих добрив підвищується кислотність ґрунту, збільшується вміст у ньому рухомого алюмінію, що негативно позначається на врожайності та якості продукції, зменшується вміст кальцію.

При внесенні високих норм фосфорних добрив у ґрунті може нагромаджуватися значна кількість важких металів (марганець, нікель, мідь, кобальт, уран, радій, кадмій, свинець, стронцій), які сповільнюють нітрифікацію, пригнічують активність ферментів фосфатази та уреази, зменшують інтенсивність фотосинтезу в рослинах. Тому в умовах інтенсифікації землеробства значну увагу необхідно приділяти питанням підвищення родючості ґрунту.

Відтворення втраченої родючості – об'єктивна необхідність, яка зумовлюється обмеженістю земельних площ і обґрунтовується законом повернення.

Розрізняють *просте* і *розширене відтворення родючості ґрунтів*.

**Просте відтворення** – це усунення негативних явищ, які виникають у ґрунті внаслідок вирощування культурних рослин чи інших факторів, надання ґрунту родючості, яку він мав до використання.

**Розширене відтворення** – це створення вищої родючості ґрунту порівняно з вихідною. Розширене відтворення має велике значення на

грунтах з низькою природною родючістю, наприклад, дерново-підзолистих, які у природному стані не можуть забезпечити достатню ефективність заходів інтенсивного землеробства.

У сучасному інтенсивному землеробстві та ґрунтознавстві для відтворення родючості ґрунтів застосовують 2 способи: **речовинний** і **технологічний**.

**Речовинний** передбачає раціональне застосування добрив, меліорантів, пестицидів тощо.

**Технологічний** спосіб відтворення родючості – це поліпшення агрономічних властивостей ґрунту за рахунок механічного обробітку його, зокрема меліоративних заходів.

Найбільш сильно і різноманітне на родючість ґрунту впливають речовинні компоненти (органічні та мінеральні добрива, вода та ін.). Різні заходи обробітку, забезпечуючи короткочасний ефект, сприяють здебільшого прискореному використанню (шляхом мобілізації) речовинних ресурсів ґрунту, що призводить до наступного зниження його родючості. Тому останнім часом посилюється тенденція до мінімалізації обробітку ґрунту.

Конкретні заходи щодо розширеного відтворення родючості ґрунтів і використання її з метою одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур є основою розроблених у кожній області науково обґрунтованих систем землеробства.

**Моделі родючості ґрунтів.** Розширене відтворення родючості ґрунтів і на цій основі підвищення врожайності сільськогосподарських культур повинно здійснюватися за рахунок оптимізації їх основних агрономічних властивостей. Майже всі показники родючості ґрунтів певною мірою можна регулювати. Однак не завжди відомо, які параметри цих показників найбільш сприятливі для росту і розвитку різних рослин. Тому однією з основних проблем агрономічної науки є створення системи оптимальних параметрів показників родючості ґрунтів, які називають моделями родючості.

**Модель родючості** – це сукупність, агрономічно важливих властивостей та ґрунтових режимів, які забезпечують певний рівень продуктивності рослин. Оптимальні параметри показників родючості встановлюються для кожного типу ґрунту як за даними тривалих багаторічних дослідів. Так, кількісні показники властивостей чорнозему типового глибокого важкосуглинкового при середньому рівні родючості такі:

- агрофізичні:
  - щільність орного шару (0-25 см) ґрунту – 1,1-1,2 г/см<sup>3</sup>;
  - загальна пористість орного шару – 50-55%;
  - вміст водотривких агрегатів більше 0,25 мм в орному шарі – 40-50 %;
  - водопроникність у першу годину – 100-150 мм;
  - коефіцієнт стікання – 0,5;
  - весняні запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см для зернових культур – 130-150 мм;

- весняні запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-150 см для просапних культур – 180-200 мм;
- запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту перед сівбою озимих зернових культур більше – 20 мм;
- агрохімічні (шар 0-25 см):
  - вміст гумусу за Тюріним – 5-7 %;
  - запаси гумусу – 140-180 т/га;
  - азот загальний – 0,26-0,31%;
  - запаси загального азоту – 7,5-8,2т/га;
  - азот, який легко гідролізується (за Тюріним-Коновою) – 5-8 мг/100г ґрунту;
  - фосфор рухомий (за Чириковим) – 8-12 мг/100г ґрунту;
  - калій обмінний (за Масловою) – 15-20 мг/100 г ґрунту;
  - рН (КСІ) – 5,6-6,0;
  - гідролітична кислотність – 3,3-3,7 мг-екв/100 г ґрунту;
  - ступінь насиченості основами – 90-92%;
  - біологічні: – нітрифікаційна здатність орного шару (0-25 см) – 3-5 мг/100 г ґрунту.

Основні заходи щодо покращення біологічних, хімічних, фізичних та фізико-механічних показників родючості ґрунту представлено в таблиці 14.3. Розробка та удосконалення моделей родючості є одним з основних елементів науково-обґрунтованого планування розширеного відтворення родючості ґрунтів. Моделі родючості ґрунту мають стати основою для раціонального застосування агротехнічних заходів та засобів хімізації у сільськогосподарському виробництві. В свою чергу, агротехнічні заходи і засоби хімізації, меліорації та інші повинні сприяти поступовому наближенню властивостей ґрунту до їх оптимальних параметрів, які забезпечують високий рівень його родючості та врожайності сільськогосподарських культур. По суті створюються еталони для відповідних ґрунтів, порівняно з якими можна буде оцінювати їх реальну родючість.

#### ***Оптимальні (еталонні) показники родючості ґрунтів***

1. Гумус в орному горизонті: вміст 2,5-3%, запас – 75-85 т / га, валовий N – 3-4 т / га, співвідношення СГК: СФК = 1,1-1,2.
2. Водно-повітряний режим: Щільність – 1,1-1,2 г / см<sup>3</sup> шпаруватість – 50-55%, повітроємність 25-30%, запас продуктивної вологи до початку вегетації в шарі 0-50 см – 150-180 мм.
3. Характеристика орного горизонту: Потужність 25-30 см, добре виражена дрібно-комковата структура, вміст водопрочних агрегатів розміром > 0,25 мм 70-80 %, підзолистий горизонт відсутній.
4. Співвідношення між некапілярною і капілярною шпаруватістю як 1:1 – 1:3. Оптимальна щільність повинна бути близькою до рівноважної (1,1-1,22 см<sup>3</sup> ). Макроструктурних агрегатів повинно бути близько 80%, а

водотривких 70%, доброю структура вважається при 60-80% макроагрегатів і 55-70 водотривких.

Таблиця 12.3

Заходи щодо покращення біологічних та агрохімічних показників родючості ґрунту

Показник родючості	Захід
Вміст органічної речовини	Внесення гною, компостів, інших органічних добрив, повернення в ґрунт нетоварної частини врожаю, посів багаторічних бобових трав і інше
Мікрофлора	Створення оптимальних водно-фізичних властивостей у ґрунті, обмеження норм мінеральних добрив та пестицидів
Чистота від насіння і вегетативних органів бур'янів, шкідників, хвороб	Дотримання сівозмін, застосування інтегрованої системи захисту рослин та диференційованої системи обробітку ґрунту
Вміст в ґрунті поживних речовин	Внесення збалансованих норм мінеральних добрив, запобігання ерозійних процесів
Вбирна здатність ґрунту	Окультурення ґрунту, внесення речовин, що містять катіони Ca та Mg
Реакція ґрунтового розчину	Внесення вапна, гіпсу, запобігання підкислення ґрунту антропогенними забруднювачами

5. Реакція ґрунтового розчину повинна бути близькою до нейтральної (рН=7).

6. Вміст доступного азоту – 3-4 мг/100 г або 100-120 кг/га, з них за вегетацію рослини споживають 50-60%

7. Вміст рухомого фосфору 25-30 мг/100 г або 600-700 кг/га, з них за вегетацію рослина споживає 7-9% (50-60 кг/га).

8. Вміст обмінного калію 20-22 мг/100 г або 500-550 кг/га, з них 40-50% споживається рослинами на вегетацію.

9. Стан ППК і кислотність, рН<sub>сол.</sub> = 6,0-6,5, сума поглинених підстав – 7-12 ммоль, ступінь насиченості основами – 80-90%, рухливий Al – відсутній.

Більш детальна інформація про еталонні показники родючості ґрунтів представлена в джерелі: Національний стандарт України. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів.

***Слід відмітити, що для збереження родючості ґрунтів і відновлення деградованих земель розробили Національний план дій (затвердженого розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 березня 2016 р. №271-р)***

План дій зокрема передбачає виконання заходів щодо:

- упорядкування орних земель шляхом виведення з їхнього складу схилів, земель водоохоронних зон, ерозійно небезпечних та інших не придатних для розорювання угідь;
- прискорення робіт із консервації деградованих, техногенно забруднених і малопродуктивних земель, рекультивації порушених земель;
- створення сприятливих умов для розвитку виробництва органічної продукції та сировини на землях сільськогосподарського призначення;
- проведення ґрунтово-агрохімічного обстеження й агрохімічної паспортизації земельних ділянок сільськогосподарського призначення;
- проведення суцільних ґрунтових обстежень земель України;
- розроблення науково-обґрунтованих пропозицій щодо відновлення та розвитку зрошення в Україні.

Національний план дій щодо боротьби з деградацією земель і опустелюванням передбачає, зокрема, розроблення Мінагрополітики в поточному році проекту Закону України «Про збереження ґрунтів та охорону їхньої родючості», а також проекту Кабінету Міністрів України «Про нормативи якісного стану ґрунтів». Виконання комплексу завдань, визначених Планом дій, сприятиме розв'язанню проблем, пов'язаних із своєчасним запобіганням і усуненням явищ деградації ґрунтів і можливих еколого-економічних ризиків під час користування землею.

### **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Назвіть найвідоміших вчених, які розробили вчення про родючість ґрунту.
2. Що таке родючість ґрунту?
3. Що таке елементи родючості ґрунту?
4. Що таке умови родючості ґрунту?
5. Що таке ознаки родючості ґрунту?
6. Що таке природна та ефективна родючість ґрунту?
7. Перерахуйте біологічні показники родючості ґрунту.
8. Перерахуйте агрохімічні показники родючості ґрунту.
9. Перерахуйте агрофізичні показники родючості ґрунту.
10. Що означають поняття „просте” і „розширене” відтворення родючості ґрунту?
11. Назвіть основні причини погіршення родючості ґрунтів України.
12. Що таке модель родючості ґрунту?
13. Назвіть основні заходи покращення біологічних показників родючості ґрунту.
14. Назвіть основні заходи покращення агрохімічних показників родючості ґрунту.
15. Назвіть основні заходи покращення агрофізичних показників родючості ґрунту.

# ГЛОСАРІЙ ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ

(зредаговано авторами з врахуванням редакції С.В. Полянського, 2015)

**Агрегат водостійкий** – агрегат, який цілком або частково зберігається в нерухомій чи проточній воді.

**Агрегат ґрунтовий** – природна складна ґрунтова окремість, яка утворилася з елементарних ґрунтових часток (мікроагрегат) або мікроагрегатів (макроагрегат) унаслідок їх злипання та склеювання під впливом фізичних, хімічних, фізико-хімічних і біологічних процесів.

**Агрегація** – процес утворення агрегатів як під впливом різних природних ґрунтових процесів (фізичних, хімічних і біологічних), так і механічного та хімічного обробітку ґрунту.

**Агрономічні властивості ґрунту** – властивості, сукупністю яких визначається родючість ґрунту, тобто забезпечують рослину поживними речовинами, водою, повітрям, теплом й т. ін.

**Адгезійне закріплення гумусу** – це процес, при якому новоутворений гумус безпосередньо взаємодіє з «чистою» поверхнею глинистих ґрунтових часточок

**Адсорбція** – поглинання будь-якої речовини з газоподібного середовища або розчину поверхневим шаром рідини чи твердого тіла; відбувається під дією молекулярних сил поверхні адсорбенту. розрізняють фізичну адсорбцію, коли молекули адсорбату зберігають свою індивідуальність, – і хімічну, з утворенням хімічних сполук.

**Аерація ґрунтів** – газообмін ґрунтового повітря з атмосферним. а. г. необхідна для доброго росту та розвитку рослин. унаслідок а. г.

відбувається збагачення ґрунтового повітря киснем, а приземного надґрунтового – вуглекислим газом

**Азот рухомий** – органічні та мінеральні сполуки азоту, що переходять у 0,5 н розчин  $H_2SO_4$  на холоді.

**Азотфіксація біологічна** – процес засвоєння молекулярного азоту й побудови з нього азотистих сполук мікроорганізмами.

**Азот, що гідролізується** – сполуки азоту, які переходять у розчин під час обробки ґрунту 25 %  $H_2SO_4$  або 6 %  $HCl$  при нагріванні в автоклаві.

**Активний гумус** – форма колоїдного гумусу, яка бере активну участь в утворенні ґрунтової структури; являє собою ту частину гумусу, що здатна пептизуватися та переходити в розчин після заміни в ґрунті обмінно-увібраного кальцію натрієм.

**Актиноміцети** – група прокаріотів, які утворюють міцелій, роз-повсюджений у всіх ґрунтах. відіграють велику роль у мінералізації різноманітних органічних речовин.

**Актуальна кислотність ґрунту** – кислотність ґрунту, зумовлена наявністю в ґрунтовому розчині іонів водню. визначається величиною рН водної витяжки з ґрунту.

**Акумуляція біологічна в ґрунті** – накопичення в ґрунті органічних, органо-мінеральних і мінеральних речовин унаслідок життєдіяльності нижчих та вищих рослин, ґрунтової мікрофлори.

**Аналіз агрегатний ґрунту** – визначення вмісту в ґрунті різних за величиною агрегатів, що визначається



у % від маси сухого ґрунту. а. а. г. може бути сухим (структурний аналіз) або мокрим. у першому випадку ґрунт на ситах просіюється в повітряно-сухому стані, у другому – у воді.

**Аналіз гранулометричний ґрунту** – визначення вмісту в ґрунті різних за розміром механічних елементів (часточок), %.

**Андосо́лі** – ґрунт на вулканічних відкладах нейтрального та лужного складу.

**Антропогенний вплив** – будь-який вид господарської діяльності людини стосовно до природи.

**Антропогенний ґрунтотворний процес** – активне використання та зміна ґрунтів людиною.

**Аридні ґрунти** – типи ґрунтів, що формуються в умовах посушливого клімату в пустелях, напівпустелях, сухих степах.

**Ацидоїди ґрунту** – від'ємно заряджені колоїди (глинисті мінерали, кремнекислота, гумусові речовини).

**Ацидофіли** – організми, здебільшого бактерії, які існують у кислому середовищі (воді, ґрунті).

**Ацидофіти** – рослини, що надають перевагу кислим ґрунтам.

**Базоїди ґрунту** – позитивно заряджені колоїди ґрунту, у якого рН розчину нижче 7 (наприклад: гідрати оксидів заліза, алюмінію). вони здатні змінювати знак заряду при зміні реакції ґрунтового розчину в бік підлужовування (рН вище 7).

**Бактеріальні добрива** – добрива, що містять корисні для сільського господарства ґрунтові мікроорганізми (наприклад нітроген).

**Бактерії** – мікроскопічні, здебільшого одноклітинні, організми, що належать до найпримітивніших форм життя. за типом дихання поділяють на аеробні й анаеробні, за

типом живлення – автотрофні та гетеротрофні. у кругообігу речовин у природі виконують функції редуцентів.

**Баланс водний** – співвідношення між кількістю води, що надходить, і тією, що витрачається з ґрунту за певний час. визначається в мм водного шару або м<sup>3</sup>/га.

**Баланс радіаційний** – різниця між надходженням (поглинанням) та витратами (випромінюванням і відбиванням) променистої енергії за одиницю часу на одиниці поверхні. вимірюється в кал/см<sup>2</sup>, год або ккал/см<sup>2</sup> місяць.

**Баланс речовин у ґрунті** – співвідношення між сумарним надходженням речовин у ґрунт і загальними їх утратами ґрунтом; кількісне вираження зміни запасів речовин за відповідний проміжок часу.

**Баланс тепловий** – співвідношення між надходженням і витратою тепла поверхнею ґрунту або певним його шаром за деякий час.

**Білозірка** – педогенна форма важкорозчинних слабосцементованих стяжінь карбонатів у вигляді чітко обмежених округлих білих плям (вічок) діаметром до 1 см у верхній частині суглинково-глинистих ґрунтоутворювальних порід.

**Біогенність ґрунту** – вміст у ґрунті мікроорганізмів (сумарних й окремих груп); один із показників біологічної активності ґрунту, розподілу, розсіювання та концентрації хімічних елементів у біосфері.

**Біологічна активність ґрунту** – сукупність біологічних процесів, що протікають у ґрунті.

**Біологічне поглинання** – засвоєння рослинами та

мікроорганізмами в процесі життєдіяльності елементів живлення з ґрунту й повітря та переведення їх в органічні сполуки свого тіла, у складі яких вони й закріплюються (поглинаються) ґрунтом.

**Біологічні властивості ґрунту** – сукупність властивостей, які визначають комфортність ґрунтового середовища для життєдіяльності рослин та інших організмів.

**Біохімічний режим ґрунтів** – зміна хімічного складу й властивостей ґрунтів під дією мікроорганізмів, рослин і тварин, пов'язана з періодичним повторенням малого біологічного кругообігу речовин у добових, сезонних та річних циклах.

**Болотні ґрунти** – група ґрунтів, які формуються в умовах надлишкового зволоження поверхневими або ґрунтовими водами під специфічною вологолюбною рослинністю.

**Брила** – ґрунтова грудка або агрегат понад 10 мм.

**Буферність ґрунту** – здатність ґрунту зберігати реакцію середовища (рН), протистояти дії кислот і лугів. найнижча буферність – у піщаних ґрунтах, а найвища – у глинистих.

**Буферність ґрунтових розчинів** складає частину буферності ґрунту й залежить від наявності в розчинах іонів натрію, калію, кальцію, магнію, гідрокарбонатів та розчиненого вуглекислого газу.

**Вапнування ґрунтів** – спосіб хімічної меліорації кислих ґрунтів для заміни у вбирному комплексі обмінних іонів водню та алюмінію на іони кальцію.

**Варіант ґрунту** – таксономічна одиниця класифікації ґрунтів України; група ґрунтів, що в межах виду відрізняються за характером їх

використання (цілинні, освоєні, дренавані, зрошувані).

**Вбирна здатність ґрунту** (в. з. г.) – здатність ґрунту затримувати ті чи ті речовини із навколишнього середовища. ґрунт поглинає воду, гази, пари, розчинені речовини, суспензії, масла, фарби, мікроорганізми, молекули й окремі іони, міцели. за схемою к. к. гедройця розрізняють механічний, фізичний, фізико-хімічний, хімічний та біологічний види поглинання.

**Вертисолі** – група, яка об'єднує щільні глинисті темнозбарвлені сильно тріщинуваті ґрунти.

**Верховодка** – вільна гравітаційна волога, яка утворює в товщі ґрунту тимчасовий водоносний горизонт, не зв'язаний гідравлічно з горизонтом вод підґрунтових. водонепроникним для верховодки ґрунтової є шар ґрунту зі зниженою водопроникністю будь-якого походження (наприклад ілювіальний горизонт).

**Вивітрювання внутрішньогрунтового** – процеси вивітрювання, які відбуваються в товщі ґрунту.

**Вид ґрунту** – таксономічна одиниця класифікації як міра прояву енергетики ґрунотворення в межах роду внаслідок впливу абіотичних чинників, які диференціюють ґрунотворення за ступенем вологозабезпечення через кількість і засвоєння опадів холодного періоду, дії рельєфних чинників, а також галогенними проявами та вмістом скелета.

**Вилуговування ґрунтів** – процес розчинення та вимивання солей лужних і лужноземельних катіонів із ґрунтового профілю, унаслідок якого відбувається

підкислення ґрунтового середовища. Відбувається передусім на засолених солонцюватих і карбонатних ґрунтах, що пов'язано з інфільтрацією атмосферних і поливних вод.

**Виснаження ґрунту** – збіднення ґрунту на поживні речовини внаслідок тривалого вирощування сільськогосподарських культур без унесення добрив або за недостатньої їх кількості.

**Відновлення** – хімічна реакція, протилежна окисненню. Суть відновлення полягає в приєднанні електронів речовиною, яка відновлюється.

**Відношення Сгк: Сфк** – числовий вираз відношення кількості вуглецю, який входить до складу гумінових кислот, до кількості вуглецю, що входить до складу фульвокислот. Використовується для характеристики хімічного типу гумусу.

**Відтворення родючості ґрунтів** – комплекс агротехнічних і меліоративних заходів для відновлення або підвищення ефективної родючості ґрунтів.

**Вік ґрунту** – тривалість існування ґрунту в часі, час, протягом якого відбувалося формування певного ґрунту.

**Включення** – тіла, які містяться в ґрунтовій товщі й не пов'язані з процесами ґрунтоутворення (камені, черепашки, залишки матеріальної культури людини).

**Власне гумусові речовини** – темнозабарвлений продукт процесу перетворення органічних решток, який формується тільки в товщі ґрунту або ґрунтоутворної породи.

**Води ґрунтові** – вільна гравітаційна волога, що утворює тимчасовий водоносний горизонт у

ґрунті або підґрунті, гідравлічно не зв'язаний із першим постійним горизонтом вод. водоупором для ґрунтової води можуть слугувати шари ґрунту зі зниженою водопроникністю будь-якого походження.

**Води підґрунтові** – волога вільна гравітаційна, що утворює в підґрунті водоносний горизонт, який визначається за появою дзеркала вільної води у свердловині (колодязі, шурфі).

**Водневий показник (рН)** – величина, за якою визначають ступінь кислотності або лужності середовища. характеризує активність іонів водню [H<sup>+</sup>] у розчинах; чисельність дорівнює від'ємному десятковому логарифмові концентрації (активності) іонів водню в грам-молях на дециметр кубічний (г-моль/дм<sup>3</sup>).

**Водний баланс ґрунту** – співвідношення між водою, що потрапила в ґрунт (атмосферні опади, конденсована волога, ґрунтові та іригаційні води), і тією, яка була ним утрачена (фізичне випаровування, транспірація, поверхневий і внутрішньоґрунтовий, боковий та вертикальний стік) за певний час.

**Водний режим ґрунту** – сукупність явищ, що визначають надходження, переміщення, витрату й використання організмами ґрунтової вологи.

**Водний режим ґрунту непромивний** – тип водного режиму, характерний для природних зон, де кількість води випадаючих опадів дорівнює або частіше менша за ту воду, що випаровується з ґрунту.

**Водні властивості ґрунтів** – сукупність властивостей ґрунту, що визначають поведінку ґрунтової вологи: водопрпускну

(фільтраційну), водопіднімальну, водоутримувальну здатності ґрунту, а також доступність (забезпеченість) ґрунтової вологи рослинам.

**Водно-фізичні властивості ґрунту** – сукупність властивостей, що характеризують якісні відмінності вологи в ґрунті за ступенем її рухомості. виділяють такі Водно-фізичні або ґрунтово-гідрологічні константи: макс.–адсорбційна вологоємність (МАВ), максимальна гігроскопічність (МГ), ґрунтова вологість стійкого в'янення рослин (ВВ), вологість розриву капілярів (ВРК), найменша, або польова вологоємність (НВ), повна вологоємність (ПВ). найбільше екологічне й агрономічне значення має інтервал вологи між НВ і ВРК. Саме в його межах забезпечується нормальний ріст та розвиток рослин і біоти ґрунту. Сюди ж належать також властивості, що визначають поглинання, збереження й рух вологи в ґрунті: сорбцію, усмоктування, фільтрацію, водопіднімальну здатність.

**Водопроникність ґрунту** – властивість ґрунту поглинати й пропускати воду. вимірюється висотою водяного стовпчика поглинання водою за першу годину (у см/год). залежить від гранулометричного складу збагачення ґрунту колоїдами, складу обмінних катіонів та ін.

**Водорості ґрунтового** – екологічне угруповання тих видів водоростей, які живуть у ґрунтах. розрізняють наземні форми (на поверхні ґрунту), водно-наземні (у водному середовищі постійно зволжених ґрунтів) та власне ґрунтового (у товщі ґрунту). Вони сприяють накопиченню органічних речовин у ґрунті, поліпшують його

аерацію, збагачують азотом, впливають на його структуру, використовують як індикатор забрудненості екосистеми.

**Водостійка структура ґрунту** – структура ґрунту, яка здатна чинити опір розмивній дії води. Властива ґрунтам, багатим на колоїди, які насичені багатовалентними катіонами.

**Водостійкість агрегатів ґрунту** – здатність агрегатів ґрунту чинити опір розмивній дії води.

**Волога адсорбована** – один із видів вологи зв'язаної.

**Волога вільна** – частина ґрунтової вологи, яка не підлягає впливу сорбційних сил.

**Волога гігроскопічна** – пароподібна вода, яку ґрунт, подібно до інших подрібнених тіл, поглинає з повітря (див. гігроскопічність ґрунту).

**Волога гравітаційна** – вода, що пересувається в ґрунті під дією сил тяжіння.

**Волога ґрунтова** – вода, яка утримується в ґрунті у формі молекул  $H_2O$ .

**Волога доступна** – частина ґрунтової вологи, яка може бути використана рослинами. нижня межа доступності – вологість стійкого в'янення рослин. близький за змістом термін – волога продуктивна.

**Волога зв'язана** – частина ґрунтової вологи, яка перебуває під впливом сорбційних сил.

**Волога капілярна** – вода, що утримується або пересувається в ґрунті під дією капілярних (меніскових) сил.

**Волога конституційна** – волога хімічно зв'язана.

**Волога кристалізаційна** – вода, що входить до складу кристалічних речовин у вигляді самостійних

молекул, наприклад та, яка входить до складу молекули гіпсу ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

**Волога недоступна рослинам** – частина ґрунтової вологи, яка не може бути використана рослинами, у тому числі й у процесі їх в'янення.

**Волога плівкова** – рідка вода, яка обволікає тверді часточки ґрунту суцільною плівкою. у пересуванні в. п. по профілю ґрунту сила тяжіння не бере участі. в. п. утримується в ґрунті завдяки молекулярним силам зчеплення між твердими часточками ґрунту та орієнтованими навколо них молекулами води.

**Волога продуктивна** – частина ґрунтової вологи, поглинаючи яку, рослини не лише підтримують свою життєдіяльність, але й синтезують органічні речовини. Нижньою межею вологи продуктивної є вологість ґрунтова стійкого в'янення рослин.

**Волога хімічно зв'язана** – не зовсім точний термін, розуміються іони  $\text{OH}^-$ , які входять до складу речовини, а при прожарюванні вилучаються у вигляді води.

**Волога, що просочується** – волога вільна, волога гравітаційна, яка пересувається в ґрунті або в підґрунті вниз під впливом сили тяжіння.

**Вологість ґрунту** – величина, яка характеризує вміст води в ґрунті. визначається у відсотках: від маси сухого ґрунту; об'єму ґрунту; умісту вологи, що відповідає тому чи тому виду вологоємності ґрунту, найчастіше найменшій (відносна вологість).

**Вологість стійкого в'янення рослин** – вологість ґрунту, за якої призупиняються перші ознаки в'янення рослин, що не зникають при їх переміщенні в атмосферу, насичену водяними парами.

**Вологоємність ґрунту** – здатність ґрунту утримувати та поглинати певну кількість вологи. залежно від умов утримання вологи розрізняють польову, загальну, капілярну, найменшу, повну, граничну, максимальну молекулярну, адсорбційну молекулярну. Серед них основними є найменша (польова), капілярна та повна.

**Вологоємність ґрунту максимальна молекулярна** – найбільший вміст у ґрунті вологи, яка утримується силами притягання на поверхні твердих часточок ґрунту.

**Вологоємність ґрунту найменша** – максимально можливий вміст підвішеної води після відтоку всієї гравітаційної вологи.

**Вологоємність ґрунту повна** – вміст вологи в ґрунті за умови повного заповнення всіх пор водою.

**Вологопровідність ґрунту** – провідність ґрунту відносно води.

**Втома ґрунту** – утрата ґрунтом родючості внаслідок неправильного обробітку чи повного порушення природних біоценозів, що зумовлюють відновлення родючості.

**Галоморфні ґрунти** – група ґрунтів, в утворенні яких беруть участь процеси, пов'язані з присутністю, міграцією та накопиченням легкорозчинних солей.

**Галофіти** – рослини, що проростають на засолених ґрунтах, вміст солі в яких – понад 0,5 %.

**Гель** – твердий стан колоїдної дисперсної системи. може бути драглистою або твердою системою з рідинним або газоподібним дисперсійним середовищем. Класичні гелі утворюються із золів при їх коагуляції й характеризуються пластичністю, деякою еластичністю та тиксотропними властивостями. У

грунті гелі утворюються в процесі вивітрювання, ґрунтотворення, не проходячи стадії золю.

**Генезис ґрунтів** – походження, утворення, розвиток ґрунтів і всіх належних їм особливостей (будова, склад, властивості та сучасні режими).

**Географія ґрунтів** – наука про закономірності поширення ґрунтів у межах суходолу землі. розділ ґрунтознавства, який вивчає закономірності розповсюдження ґрунтів і їх зв'язок із географічним середовищем.

**Гетерогенність ґрунту** – перша частина терміна означає різнорідність, чужорідність за генезисом різних горизонтів ґрунтів чи компонентів ґрунтового покриву в межах поля або одного елемента ландшафту. Причинами г. г. можуть бути різновікові особливості різних частин ґрунтового профілю або різних компонентів ґрунтового покриву.

**Гігроскопічність ґрунту** – здатність ґрунту сорбувати на поверхні своїх часточок водяну пару, що міститься в повітрі. поглинена в такий спосіб волога називається гігроскопічною. Гігроскопічність залежить від гранулометричного складу ґрунту й умісту в ньому гумусу.

**Гігроскопічність ґрунту максимальна** – найбільша кількість пароподібної вологи, яку ґрунт може поглинути з повітря, насиченого вологою. визначається у % від маси сухого ґрунту.

**Гідратація** – утворення оболонки з орієнтованих молекул води навколо іонів, молекул і колоїдних часточок, які містяться в розчині, а також навколо твердих часточок ґрунту при доторканні їх до води.

**Гідроліз** – хімічна взаємодія речовини з водою, що супроводжується розкладом складного хімічного тіла на його складові частини й приєднанням до них іонів води ( $H^+$  та  $OH^-$ ).

**Гідроморфні ґрунти** – велика група різних типів ґрунтів, формування яких відбувається в умовах стабільного надлишкового зволоження під впливом ґрунтових вод, що відображається на будові профілю у вигляді відповідних ознак оглеєння. Розподіляються на дві підгрупи за глибиною рівня ґрунтових вод – напівгідроморфні з глибиною їх 3-5 м і наявністю ознак оглеєння в материнській породі та власне гідроморфні – <2-3 м із диференціацією на лучні (ознаки оглеєння в материнській породі й нижній частині профілю), лучно-болотні (оглеєння із середньої частини профілю) та болотні мінеральні й органогенні (оглеєний увесь профіль).

**Гідротермічний коефіцієнт селянинова (ГТК)** – відносний показник кліматичних ресурсів зволоження в теплий період року, коли середньодобові температури повітря перевищують  $10^{\circ}C$ . ГТК – це співвідношення суми опадів і температур за вказаний термін (час), помножене на 10. можна розраховувати для певного часу в межах теплого періоду.

**Гіпсування ґрунтів** – хімічна меліорація солонців за допомогою внесення в них гіпсу задля заміни поглиненого натрію на кальцій.

**Глєсутворення, оглеєння, глейовий процес** – специфічний ґрунтово-біологічний процес метаморфічного перетворення мінеральної та органічної частини ґрунту внаслідок періодичного або

тривалого перезволоження (затоплення). Причини виникнення й розвитку оглеєння: надлишкове зволоження, тривале або періодичне застоювання вологи, що спричиняє розвиток анаеробних (безкисневих) процесів, низькі значення окисно-відновних процесів.

**Глей** – термін «глей» уперше ввів український учений-грунтознавець Г. М. Висоцький. У сучасному розумінні означає горизонт, змінений біохімічним відновленням в умовах перезволоження, наявності органічних речовин та відповідної мікрофлори. У забарвленні переважають зелений, голубий або сизий відтінки. має характерні іржаві плями й цятки гідроксидів заліза, залізо-марганцеві примазки.

**Глибина закипання** – віддаль від поверхні ґрунту до рівня, на якому починається закипання ґрунту, при взаємодії з розчинном соляної кислоти.

**Глина фізична** – сукупність часточок твердої фази ґрунту з діаметром менше 0,01 мм.

**Горизонти ґрунту генетичні** – відносно однорідні шари ґрунту, які відокремились у процесі ґрунтоутворення, розміщені більш або менш паралельно до поверхні ґрунту. Відрізняються один від одного та від материнської породи забарвленням, структурою, складенням, складом, характером новоутворень й іншими ознаками. Сукупність горизонтів утворює профіль ґрунту.

**Гранула колоїдної міцели** – колоїдна частка разом із нерухомих шаром компенсуючих іонів.

**Гранулометричний склад ґрунту** – уміст у ґрунті елементарних ґрунтових часток різного розміру (мм:

1–0,25; 0,25–0,05; 0,05–0,01; 0,01–0,005; 0,005–0,001; <0,001, сума <0,01). Визначається у % маси ґрунту. Важливою його складовою частиною є вміст фракції <0,01 мм – фізичної глини, яка визначає параметричну характеристику ґрунту та його агро виробничі якості.

**Гумідні ґрунти** – ґрунти з промивним водним режимом, формуються в умовах вологого клімату, де кількість опадів перевищує випаровуваність. Ґрунтовий профіль цих ґрунтів складається з елювіальних горизонтів, звідки вимиваються речовини (розчинені солі, оксиди заліза й алюмінію, пептизовані колоїди), й ілювіальних, де ці речовини частково або повністю затримуються та накопичуються.

**Гумінові кислоти** – темнозабарвлені препарати гумусових речовин колоїдної природи, які штучно виділяються з ґрунту в кислотній формі, або це складова частина гумусу.

**Гуміфікація** – лише ланка процесу утворення особливого класу органічних речовин – гумусових кислот, що накопичуються при трансформації мертвих рослинних, мікробних і тваринних залишків у біосфері, у ґрунті, торфі, сапропелі та інших органогенних тілах природи. Поняття «гуміфікація» й «гумусоутворення» не тотожні.

**Гумус, модер** – комплекс складних за хімічним складом, специфічних ґрунтових органічних сполук, що утворюються внаслідок розкладання рослинних і тваринних решток та продуктів життєдіяльності організмів.

**Гумус** – це гетерогенна динамічна полідисперсна система

високомолекулярних азотистих ароматичних сполук кислотної природи.

**Ґрунт** – це особливе природно-історичне тіло, складна поліфункціональна відкрита чотирифазна структурна система в поверхневій частині кори вивітрювання гірських порід, яка є комплексною функцією гірської породи, організмів, клімату, часу й володіє родючістю.

**Ґрунт безструктурний** – ґрунт, позбавлений агрономічно-цінної структури або ґрунт, який складається з ґрунтових елементарних часток.

**Ґрунти еродовані** – ґрунти з профілем, зміненим процесами водної та вітрової ерозії; характеризуються зменшеною потужністю верхніх генетичних горизонтів або їх відсутністю.

**Ґрунтовий аналіз** – визначення складу й властивостей ґрунтів. Для отримання достовірних результатів ґрунтовий аналіз має вирішальне значення має відбір ґрунтового зразка в полі та його зберігання в повітряно-сухому стані. Для вивчення генезису ґрунту зразки беруть із кожного горизонту й підгоризонту ґрунтового профілю; для дослідження агрохімічних властивостей ґрунтів беруть пробу зразків із декількох точок на полі; проводять гранулометричний, хімічний, мінералогічний, мікробіологічний аналізи.

**Ґрунтовий колоїдний поглинальний комплекс** – комплекс необоротно зв'язаних між собою мінеральних (глина) та органічних (гумус) колоїдів, де мінеральні колоїди втрачають усі свої позитивні й негативні валентності на необоротне поглинання гумусу. Органічні колоїди

в складі комплексу відіграють подвійну роль: покриваючи глинисті часточки, вони перетворюють породу в ґрунт і зумовлюють обмінне поглинання катіонів, сумарною кількістю яких визначається ємність поглинання ґрунту.

**Ґрунтознавство** – самостійна природно-історична наука про ґрунти та їх генезис, будову, склад, властивості й географічне поширення; роль у природі, способи й методи охорони, родючість, раціональне використання в господарській діяльності людини.

**Ґрунтотвірна порода** – порода, від якої походить ґрунт. Один із чинників ґрунтоутворення.

**Ґрунтоутворення** – процес формування ґрунту внаслідок взаємодії організмів і продуктів їхньої життєдіяльності з материнськими породами та продуктами їх вивітрювання в умовах певного клімату, рельєфу й часу.

**Деградація ґрунтів** – поступове погіршення властивостей ґрунтів, яке викликане змінами умов ґрунтоутворення внаслідок природних причин або нераціональної господарської діяльності людини, що супроводжується зменшенням умісту гумусу, руйнуванням структури та зниженням родючості ґрунту.

**Дегуміфікація ґрунтів** – втрата гумусу ґрунтами в процесі їх сільськогосподарського використання. Причина – порушення процесів гумусоутворення внаслідок зменшення маси рослинних решток у ґрунтах, що використовуються в сільському господарстві, порівняно з їхніми цілиніми аналогами, а також завдяки зменшенню потужності гумусового профілю під дією ерозійних процесів.



**Декальцинація ґрунтів** – процес збіднення ґрунтів на кальцій, що супроводжується погіршенням їхнього агрегатно-структурного стану, зменшенням активності іонів кальцію в ґрунтовому розчині, підвищенням кислотності ґрунтів та вапняного потенціалу. Спостерігається при вирощуванні кальцієвмісних рослин (цукровий буряк, соняшник, ячмінь, капуста та ін.), зрошуванні прісними водами, на дренажних ґрунтах унаслідок посилення елювіальних процесів й інтенсивного застосування мінеральних (передусім азотних) добрив.

**Денітрифікація ґрунту** – процеси мікробного й хімічного відновлення нітратів і нітритів ґрунту до газових сполук азоту або до молекулярного азоту. Розрізняють пряму й непряму. Її поділяють на асиміляційну, у процесі якої мікроорганізми споживають кінцевий продукт відновлення – аміак, і дисиміляційну, коли мікроорганізми використовують нітрати для окислювання органічних речовин за відсутності кисню. Для непрямої необхідною умовою є кисла реакція середовища. у господарському відношенні шкідлива, тому що при денітрифікації в ґрунті зменшується кількість легкозасвоюваного азоту, а це призводить до зниження врожайності.

**Дерновий ґрунтоутворний процес** – ґрунтоутворний процес, який розвивається під трав'янистою рослинністю на багатих карбонатами породах в автоморфних умовах зволоження. Його особливість – накопичення гумусу, поживних речовин, створення грудкувато-зернистої структури у верхній частині профілю ґрунту.

**Дихання ґрунту** – ритмічний повітрообмін між ґрунтом та атмосферою, який відбувається внаслідок розширення й стискання ґрунтового повітря при коливаннях температури або змінах атмосферного тиску.

**Діагностика ґрунту польова** – віднесення ґрунту до тієї чи тієї таксономічної одиниці класифікації ґрунтів на основі комплексного вивчення чинників ґрунтоутворення та морфологічних ознак генетичних горизонтів ґрунтового профілю.

**Едатоп** – сукупність умов середовища, що створюються ґрунтом.

**Едафічні умови** – ґрунтові умови розвитку рослин.

**Едафічні чинники** – ґрунтові умови, що впливають на життя організмів (родючість ґрунту, його зволоженість, реакція розчину, уміст солей, фізичний стан тощо).

**Елювіальний горизонт (горизонт вимивання)** – генетичний горизонт ґрунту, збіднений мулистими частинками, півтораоксидами й складений здебільшого кремнеземом. властивий ґрунтам із чіткою диференціацією профілю за елювіально-ілювіальним типом (дерново-підзолисті, ясно-сірі лісові, буроземно-підзолисті, солонці, осолоділі види інших типів ґрунтів).

**Еолові відклади** – осадові породи, що утворилися завдяки геологічній дії вітру. Прикладом є наноси пісків, як-от: бархани, дюни.

**Ерозія ґрунтів** – процеси руйнування верхніх найбільш родючих горизонтів ґрунту та підстилаючих порід талими й дощовими водами або вітром. За походженням може бути антропогенною, геологічною,

іригаційною, за формою – лінійною, площинною тощо.

**Ємність обміну катіонів** – загальна кількість катіонів, які утримуються в ґрунті й здатні до заміщення на інші, визначається в мг-екв на 100 г ґрунту.

**Ємність поглинання** – кількість молекул, іонів, які може утримати ґрунт.

**Забарвлення ґрунту** – одна з найбільш доступних для спостереження морфологічних ознак ґрунту. основними компонентами, які зумовлюють з. г., є: 1) темнозабарвлені органічні й органо-мінеральні речовини; 2) окисні сполуки заліза та марганцю (бурий, оранжевий, жовтий, червоний кольори); 3) кремнезем, вуглекислі важкорозчинні солі, гідрат оксиду алюмінію та ін. (білий колір); 4) закисні сполуки заліза (сизий, зелений та голубий кольори). поєднання цих речовин, а також колір первинних мінералів створюють різноманітне забарвлення ґрунту. на ґрунт також сильно впливає їхня вологість.

**Заболочування** – процес зміни напрямку ґрунтоутворного процесу внаслідок підвищення вологості ґрунту, що супроводжується відповідними змінами мікрофлори, рослинності, окисно-відновного режиму, накопиченням закисних речовин. унаслідок заболочування утворюються перезволожені, заболочені та болотні ґрунти.

**Загіпсовування ґрунту** – накопичення  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в ґрунті в кількості, що перевищує його вміст у материнській породі.

**Закарбоначування ґрунту** – накопичення  $\text{CaCO}_3$  у кількості, що перевищує його вміст у материнській породі.

**Закипання ґрунту** – утворення пухирців вуглекислого газу при взаємодії ґрунту, що містить карбонати кальцію та магнію, із розбавленою мінеральною кислотою (може застосовуватися 5-10 % розчин  $\text{HCl}$ ).

**Запас вологи в ґрунті** – абсолютна кількість вологи, що утримується в певному шарі ґрунту. визначається в мм водяного шару або в  $\text{м}^3/\text{га}$ .

**Запас поживних речовин** – валовий уміст поживних речовин у певному шарі ґрунту, що визначається в  $\text{кг}/\text{га}$ .

**Засолені ґрунти** – ґрунти з підвищеним (понад 0,1 %) умістом ваги легкорозчинних у воді солей (хлоридів, сульфатів тощо) на глибині до 1,5 м.

**Зв'язність ґрунту** – здатність ґрунту чинити опір зовнішнім механічним силам, які намагаються роз'єднати його часточки або структурні агрегати.

**Злитизація ґрунту** – ущільнення ґрунту, порушення його структури під дією фізичних і хімічних чинників. найчастіше відбувається в посушливих умовах унаслідок оглеєння, осолонцювання, значного прогрівання поверхні ґрунту після зливи, посилюється після проходження важкого сільськогосподарського знаряддя. Характерна для більшості ґрунтів Степу України й слабоструктурних ґрунтів у межах інших зон після тривалого посушливого періоду. На відміну від ґрунтової кірки, злитизований ґрунт стійкіший до механічного обробітку. цей процес негативно впливає на водно-повітряний режим ґрунтів, розвиток

кореневої системи, якість обробітку та врожай.

**Золь** – колоїдний розчин, двофазна гетерогенна система. міцели золь беруть участь у броунівському русі.

**Зона ґрунтова** – ареал ґрунтових комбінацій, до складу яких входять автономні ґрунти (один або кілька типів, різниця між якими спричинюється некліматичними чинниками – ґрунтоутворними породами, віком тощо) і пов'язані з ними ґрунти підлегли.

**Зона капілярна** – шар ґрунту або підґрунтя, який залягає безпосередньо над водоносним горизонтом й утримує капілярну вологу, гідравлічно зв'язану з водою водоносного горизонту.

**Зональність ґрунтів** – закономірна зміна ґрунтового покриву залежно від зміни зональних чинників ґрунтоутворення.

**Зрошення** – штучне зволоження ґрунту за допомогою подавання води з водного джерела з метою підвищення вологозабезпеченості рослин або промивки ґрунту для регулювання сольового режиму.

**Ілювіальний горизонт** – генетичний горизонт ґрунтів, у якому нагромаджуються речовини, що вимиваються з вищерозміщеного елювіального горизонту. Характеризується переважно червонувато-бурим чи бурим кольором, призматичною або призмоподібною, іноді горіху вато-призмоподібною структурою. Збагачений мулистими частинками й півтораоксидами. властивий ґрунтам із виразною диференціацією профілю за елювіально-ілювіальним типом (дерновопідзолисті, ясно-сірі лісові та ін.). Нині назву «ілювіальний»

використовують для горизонтів, збагачених глинистими речовинами внаслідок метаморфізації на місці (темно-сірий опідзолений ґрунт й ін.).

**Індексація генетичних горизонтів ґрунту** – скорочене позначення за допомогою відповідних символів природи, складу й властивостей генетичних горизонтів. в Україні застосовується система О. Н. Соколовського, згідно з якою кожен генетичний горизонт позначають початковою латинською літерою слова, що вказує на суть одного або кількох ґрунтоутворних процесів. Залежно від інтенсивності їх прояву використовують великі або малі літери. Відокремлені морфологічні елементи ґрунту, ознаки, пов'язані з діяльністю людини, індексуються малими літерами символів.

**Інфільтрація** – процес надходження води (дощової, талої, зрошувальної й т. ін.) з поверхні в товщу ґрунту або підґрунтя. Процес складається з двох етапів усмоктування та фільтрації.

**Каменястість ґрунту** – уміст у ґрунтовому профілі різного за формою й розміром каміння. Визначається у % від маси або об'єму ґрунту.

**Капіляри ґрунтові** – система зв'язаних ґрунтових пор дрібного діаметра. Волога, що утримується в ґрунтових капілярах при частковому їх заповненні утворює меніски, завдяки чому виникають капілярні явища.

**Карбонати в ґрунті** – карбонати кальцію й магнію, які наявні в ґрунті у вигляді мінералів кальциту, доломіту, люблініту, арагоніту, аннриту й ін. За походженням можуть бути первинними – породними (тоді до назви ґрунту додається визначення

«залишково-карбонатні») або вторинними (грунтовими) новоутвореннями.

**Картографія ґрунтів** – розділ ґрунтознавства, який розглядає питання методики картографічного відображення ґрунтового покриву в різних масштабах.

**Катіони необмінні** – катіони, які міцно закріплюються в ґрунті й не можуть обмінюватися на інші катіони ґрунтового розчину. к. н. недоступні для живлення рослин.

**Катіони обмінні** – катіони, що утримуються в колоїдному комплексі ґрунту й здатні обмінюватися на інші катіони, які трапляються в ґрунтовому розчині.

**Кислотність ґрунтів** – здатність ґрунту підкислювати ґрунтовий розчин або розчини солей унаслідок наявності в складі ґрунту кислот, а також обмінних іонів водню та катіонів, які утворюються при їх витискуванні гідролітично кислотою сіллю (здебільшого  $Al^{3+}$ ).

**Кірка ґрунтова** – поверхневий твердий шар, який утворюється внаслідок запливання ґрунту під дією дощів або зрошування та дальшого висихання чи специфічних процесів ґрунтоутворення.

**Клас ґрунтів** – таксономічна одиниця класифікації ґрунту вища за тип.

**Класифікація ґрунтів** – об'єднання ґрунтів у групи за їхніми основними властивостями, генезою та родючістю.

**Коагуляція колоїдів ґрунту електролітична** – перехід ґрунтових колоїдів зі стану золю в стан гелю під впливом розчинів електролітів.

**Коагуляція колоїдів у ґрунті** – процес переходу ґрунтових колоїдів зі

стану золя в гель. розрізняють к. к. електролітичну та взаємну.

**Когезія** – злипання однорідних часточок завдяки їх безпосередній взаємодії та за допомогою проміжних речовин (клеїв, цементів й т. ін.).

**Коефіцієнт зволоження Висоцького** – показник, який являє собою відношення кількості води опадів до кількості води, яка може випаруватись із відкритої водної поверхні.

**Коефіцієнт гуміфікації** – величина, яка визначає частку гумусових речовин ґрунту, що утворилася з органічних добрив. гумусовий стан є інтегральним показником ґрунтової родючості.

**Колір ґрунту** – один із найважливіших морфологічних діагностичних показників ґрунту. за кольором названо багато ґрунтів: чорноземи, буроземи, червоноземи, каштанові, коричневі, сіроземи. основними речовинами, які зумовлюють колір ґрунту, темно-кольорові органічні й органомінеральні речовини, їх кількість, буро-кольорові органічні речовини, окисні сполуки заліза й марганцю (бурий, оранжевий, жовтий, червоний, темно-бурий, чорний колір), закисні сполуки заліза (зелений, сизий, голубий, оливковий колір), кремнезем, карбонати (білий, білуватий, сірий колір). Деякою мірою колір залежить від літології материнських порід. на колір ґрунту значно впливає його вологість.

**Колоїди ґрунтові** – особливий стан речовини, коли вона, утворюючись завдяки фізичній диспергації твердих тіл або асоціювання молекул рідини в агрегати колоїдальних розмірів (0,0001 мм), набуває найбільш стійкої

форми в умовах зовнішнього середовища. у ґрунтах розрізняють мінеральні (глина), органічні (гумус) та органо-мінеральні колоїди. Уміст колоїдів у різних ґрунтах неоднаковий: від 1-2 % – у легких ґрунтах до 30-50 % – у важких. У ґрунті колоїди можуть перебувати в стані колоїдного розчину (золю) й осаду (гелю).

**Колоїдний розчин** – гетерогенна система міцелярної структури.

**Колоїдна часточка** – ядро колоїдної міцели разом із потенціал-визначальним шаром іонів.

**Кольматаж** – спосіб штучного замулювання ґрунтів заздалегідь виготовленими ґрунтовими або глинистими суспензіями для зниження фільтрації води зі зрошувальних каналів, водоймищ.

**Конкреції** – новоутворення в ґрунті, які являють собою щільні стягнення, що мають різні розміри, форму й склад: карбонатні, залістисті, органо-мінеральні та ін.

**Консистенція ґрунту** – ступінь рухливості часточок, що складають ґрунт під впливом зовнішніх механічних дій при різній вологості ґрунту.

**Копроліти** – щільні водостійкі грудочки ґрунтової маси, які пройшли через кишковий тракт дощових черв'яків і просякнуті органічним слизом.

**Кора вивітрювання** – верхні шари літосфери, змінені під впливом фізичного, хімічного та біологічного вивітрювання.

**Кротовини** – ходи та камери риючих тварин (кротів, ховрахів й ін.), заповнені ґрунтовим матеріалом, як правило, принесеним з інших горизонтів; на стінках ґрунтового розрізу виділяються у вигляді плям

невизначеної форми (найчастіше округлої або овальної) значного розміру (5-10 см і більше).

**Ксероморфність ґрунтів** – погіршеність вологозабезпечення ґрунтів унаслідок утрати вологи з поверхневим стоком на схилах, а також підвищеної евапотранспірації на теплих (південних, східних, південно-східних і південно-західних) їх експозиціях. Ксероморфність розповсюджена серед зональних ґрунтів і відзначається зменшенням відповідно до них параметрів нагромадження гумусу (на 8-50 %) та потужності профілю (10-70 %). За ступенем ксероморфності ґрунти поділяються на слабкоксероморфні – зменшення вмісту гумусу на 8-22 %, а потужності профілю – на 10-25, середньоксероморфні – відповідно, на 22-35 і 25-50 та сильноксероморфні – 35-50 та 50-70 %.

**Латеритизація** – 1) процес глибокого та довготривалого вивітрювання алюмосилікатних порід в умовах вологого тропічного й субтропічного клімату; 2) руйнування ґрунтового покриву, викликане чергуванням періодів посухи з періодами зливових дощів (одна з форм ерозії ґрунтів).

**Лес** – пухка, пилювата суглиниста карбонатна порода палевого або сіро-жовтого кольору. у гранулометричному складі переважає фракція крупного пилю (0,05-0,01 мм). лес характеризується високими пористістю, водопроникністю, стійкістю мікроструктури, значною просадкою.

**Лесоподібні суглинки** – породи, близькі до лесів; відрізняються від них меншим умістом крупнопилюватої фракції, меншою пористістю й просадочністю; забарвлення – від

жовтувато-бурого до червонувато-бурого.

**Лесиваж** – процес переміщення в профілі ґрунту мулуватої фракції без її хімічного руйнування.

**Липкість ґрунту** – властивість вологого ґрунту прилипати до металевої поверхні. залежить від гранулометричного складу ґрунту, складу обмінно-поглинених катіонів і вологості ґрунту.

**Лужна реакція ґрунтового розчину** – реакція ґрунтового розчину, зумовлена присутністю в колоїдному комплексі ґрунту обмінноувібраного натрію, що призводить до утворення в ґрунті соди.

**Лучний процес** – процес накопичення гумусу в ґрунті лісостепової, степової та напівпустельної зон під впливом додаткового зволоження завдяки поверхневим або ґрунтовим водам.

**Макроагрегати** – ґрунтові агрегати діаметром понад 0,25 мм.

**Макроелементи** – хімічні елементи, які засвоюються рослинами у великих кількостях. головні з них – азот, фосфор, калій.

**Макропроцес загальний ґрунтотворний** – прогресивний розвиток ґрунтотворного процесу певного типу внаслідок накопичення за десятки та сотні років залишкових змін у складі й властивостях ґрунтів. ґрунтотворним макропроцесам властива циклічність, зумовлена наявністю мікропроцесів, протилежних за своїм спрямуванням, які спрямовані на взаємну компенсацію, створюючи тенденцію до зворотності ґрунтотворного процесу в цілому.

**Макрофауна ґрунту** – хребетні тварини, що проживають або

тимчасово перебувають у ґрунті (жаби, ящірки, гадюки, гризуни, кроти й т. ін.).

**Максимальна молекулярна вологоємність ґрунту** – вологість ґрунту, яка відповідає максимальній кількості (%) плівкової води в ґрунтах.

**Максимальна гігроскопічність ґрунту** – найбільша кількість пароподібної води, яку може поглинати ґрунт із повітря.

**Мезорельєф** – рельєф середніх форм із коливанням відносних позначок від  $\pm 1$  до 10 м (вододіли, схили, пагорби, горби, яри, балки, поди, карстові лійки, дюни, конуси виносу, бархани, гриви, сухі стариці тощо).

**Мезофауна ґрунту** – великі (від декількох мм до декількох см) ґрунтові безхребетні, наприклад дощові черв'яки, мокриці, багатоніжки, великі павукоподібні, численні комахи та їхні личинки, слизняки, равлики.

**Меліорація ґрунтів** – заходи, спрямовані на поліпшення властивостей ґрунту та умов ґрунтотворення задля підвищення родючості.

**Механічне поглинання** – здатність ґрунту як пористого тіла затримувати тверді часточки, які можуть потрапляти в ґрунт разом із водою, що фільтрується крізь нього.

**Міграція речовин у ґрунті** – переміщення речовин ґрунтовим профілем потоками висхідних чи низхідних ґрунтових вод, а також за нахилом ґрунтових горизонтів.

**Мікроагрегати** – ґрунтові агрегати, що мають діаметр менше 0,25 мм.

**Мікроелемент** – хімічний елемент, необхідний організмам у

незначних кількостях для нормального розвитку (в, мп, р, си, мо та ін.).

**Мікропроцеси ґрунтоутворні** – прості фізичні, хімічні й біологічні процеси та явища, що відбуваються в ґрунті: а) розклад органічних сполук, які входять до складу рослинного опаду й мертвих тварин; б) мікробний синтез нових органічних сполук, що також підлягають розкладу; в) розклад первинних і вторинних мінералів твердої фази ґрунту й розщеплення деяких продуктів цього розкладу; г) синтез вторинних мінералів; г) переміщення в товщі ґрунту, здебільшого з рідкою фазою різних речовин у формі іонних, молекулярних, колоїдних розчинів та суспензій (у переміщенні беруть участь сили тяжіння, а також капілярні, сорбційні й осмотичні сили).

**Мікроструктура ґрунту** – сукупність агрегатів ґрунту, середній діаметр яких менший 0,25 мм.

**Мікрофауна** – ґрунтові безхребетні, які не розрізняються або ледве розрізняються неозброєним оком (коловратки, тихоходки, нематоди, кліщі, ногохвостки).

**Мінералізація органічних речовин у ґрунті** – процес розкладу органічних сполук до вуглекислоти, води та простих солей.

**Мобілізація поживних речовин ґрунту** – перехід елементів живлення з недоступного рослинам стану в доступний під впливом життєдіяльності мікроорганізмів і виділень коріння, агрохімічних заходів, хімічної меліорації.

**Модель ґрунту** – натурний елементарний ґрунт (ґрунтовий профіль, моноліт); середньостатистичний профіль ґрунту

у вигляді варіаційно-статистичних показників основних його властивостей; вербальна модель у вигляді повної класифікаційної назви ґрунту.

**Моноліт ґрунтовий** – вертикальний зразок ґрунту, узятий зі стінки ґрунтового розрізу без порушення природного складення. Стандартний моноліт поміщається в дерев'яний ящик розміром (у см) 100 x 20 x 6 – 8.

**Мор, грубий гумус** – тип підстилково-перегнійних горизонтів (частина опаду), властивий для хвойних лісів на кислих ґрунтах. підстилка добре виражена й загалом розділена на три горизонти: нерозкладений опад; шар напіврозкладеного опаду (горизонт ферментації) і шар розкладеного опаду у вигляді безструктурної аморфної органічної речовини.

**Морфологічні ознаки ґрунтів** – зовнішні ознаки ґрунтів: будова профілю (послідовність горизонтів та їхня потужність), забарвлення, складення, щільність, зв'язність, структура, вологість, гранулометричний склад, наявність укралень, новоутворень, розподіл коріння тощо.

**Мул** – сукупність елементарних ґрунтових часточок, що мають діаметр менший за 0,001 мм.

**Муль, м'який гумус** – тип підстилково-перегнійних горизонтів (частина опаду), характерний для широколистяних лісів із добре вираженим трав'яним покривом. У його утворенні важливу роль відіграють дощові черв'яки.

**Мульчування** – покриття поверхні ґрунту різними матеріалами (мульчею) задля зниження випаровування вологи з ґрунту,

регулювання його температури, застереження ґрунтової структури від руйнування, боротьби з проростками бур'янів тощо.

**Набухання ґрунту** – збільшення об'єму ґрунту при зволоженні. Викликається поглинанням вологи мінеральними й органічними колоїдами. Кількісно залежить від гранулометричного складу, умісту та складу обмінних катіонів.

**Найменша польова вологоємність** – визначається кількістю води, яка утримується ґрунтом після стікання її надлишку.

**Нанорельєф** – найдрібніші елементи рельєфу, діаметр яких коливається в межах від декількох см до 0,5-1,0 м, відносна висота – до 10 см (рідше – 30). Приклади нанорельєфу – мілкі западини, пагорбки, кротовини, ховраховини, мерзлотні полігони, купини, грудки, утворені обробітком і т. ін.

**Напівгідроморфні ґрунти** – група ґрунтів, які формуються в умовах періодичного перезволоження поверхневими або підґрунтовими водами. характеризуються присутністю в профілі ознак оглеєння.

**Непромивний режим ґрунтів** – режим, що формується за умови, коли середньобагаторічна сума опадів приблизно дорівнює величині випаровуваності за той самий період або менша за неї. Характерний для степової зони з чорноземами звичайними й південними, каштановими та темно-каштановими ґрунтами.

**Нітрифікатори** – група автотрофних мікроорганізмів, спроможних отримувати енергію для життєдіяльності завдяки окисненню неорганічних сполук азоту.

**Нітрифікація** – процес мікробіологічного перетворення азоту в ґрунті з аміачних форм у нітратні з утворенням селітр. Відбувається при участі аеробних мікроорганізмів. селітри – важливе джерело азоту для живлення рослин.

**Новоутворення в ґрунті** – місцеві накопичення різних речовин, які морфологічно й хімічно відрізняються від основної маси ґрунтових горизонтів. Виникли внаслідок ґрунтотворних процесів (ортштейни, конкреції, журавчики та ін.).

**Номенклатура ґрунтів** – перелік ґрунтів певної території або адміністративної одиниці, господарського виділу, складений згідно з прийнятою їх класифікацією.

**Обмін іонний** – обмін іонами між твердою фазою ґрунту й ґрунтовим розчином.

**Оглеєння** – складний біохімічний процес утворення глею.

**Оглинення** – процес утворення глини в тій чи іншій частині ґрунтового профілю як наслідок ґрунтоутворення.

**Окиснення** – у широкому розумінні це процес, при якому речовина, що окислюється (атом, іон), позбавляється одного або декількох електронів; при цьому відбувається підвищення позитивної валентності елемента.

**Окультурення ґрунту** – спрямований вплив на ґрунт задля підвищення ефективної родючості, покращення його властивостей та режимів, які відповідають вимогам культурних рослин і забезпечують високі й сталі врожаї з високою якістю продукції.

**Органічна частина ґрунту** – не є хімічно індивідуальною речовиною.



вона поєднує принаймні чотири складних за хімічним складом компоненти: 1) не розкладені (свіжі) органічні рештки; 2) низькомолекулярні та високомолекулярні органічні речовини – продукти розкладу органічних решток; 3) напіврозкладені, без форми й аналітичної будови органічні рештки – детрит; 4) специфічно ґрунтові продукти синтезу нових органічних сполук – гумусові речовини (гумус).

**Орна «підшва» ґрунту** – це негативне явище, найчастіше властиве безструктурним та слабоструктурним ґрунтам унаслідок ущільнення нижньої частини орного їх шару ґрунтообробними знаряддями.

**Ортзанди** – новоутворення в піщаних ґрунтах у вигляді ущільнених прошарків різної товщини (2-10 см), складених зцементованими сполуками заліза піском, здебільшого червоно-бурого, іржаво-бурого або кавового кольору.

**Ортштейни** – тверді (зруднені) червонувато-коричневі новоутворення у вигляді бобовин, стяжінь і плит різної потужності, збагачені полуторними оксидами, глиною та гелями кремнію. Утворюються в профілі гідроморфних ґрунтів у горизонтах із контрастним окисно-відновним режимом або в місцях розвантаження залізистих ґрунтових вод.

**Основи обмінні** – катіони, що поглинені ґрунтовими колоїдами й здатні до обміну на катіони ґрунтового розчину або розчину електролітів при взаємодії ґрунту з ними.

**Осолоділі ґрунти** – ґрунти, у яких основний процес ґрунтоутворення

супроводжується процесом осолодіння.

**Осолодіння** – процес утворення солодей та осолоділих ґрунтів. згідно з теорією к. к. гедройца, осолодіння – це процес деградації солонців, при якому обмінний  $\text{Na}^+$  в ґрунті поступово заміщується на  $\text{H}^+$ , а реакція ґрунтового розчину з лужної переходить у кислоту.

**Осушення** – комплекс гідротехнічних та інших заходів із вилучення надлишкової кількості води з ґрунту та з його поверхні задля покращення аерації ґрунту.

**Педон** – найменша природна одиниця (елемент) ґрунтового покриву. уведена в 1960 р. ґрунтознавцями США у класифікаційній системі «7-ме наближення» як «тіло природи з трьома вимірами, горизонтальні розміри якого достатньо великі, щоб допустити вивчення форм та співвідношень горизонтів».

**Пептизація ґрунту** – розпад ґрунтових агрегатів на елементарні частки внаслідок переходу ґрунтових колоїдів зі стану гелю в стан золя. пептизація може викликатися як природними чинниками (наприклад у солонцевих горизонтах), так і штучно – насиченням ґрунту одновалентними катіонами.

**Переліг** – ґрунт, залишений після декількох урожаїв на 8-15 років для «відпочинку» (відновлення родючості) при так званій переложній системі землеробства.

**Підвиди** – групи ґрунтів усередині виду, які різняться за кількісними градаціями родових показників (наприклад слабо-, середньо-, сильносолонцюваті, слабо-, середньо- та сильносолончакові тощо).

**Підгрунття** – шар гірської породи, який залягає безпосередньо під товщею ґрунту. Підгрунття може бути того самого геологічного походження, що й материнська порода, або іншого (породи підстилаючі).

**Підзоли** – підзолисті ґрунти з у край різко вираженою диференціацією профілю за морфологічними ознаками, складом і властивостями.

**Підтип ґрунтів** – групи ґрунтів у межах типу, що якісно вирізняються проявом основного й додаткового процесів ґрунтоутворення, часто підтипи ґрунтів виділяються як перехідні утворення між близькими (географічно або генетично) типами ґрунтів (опідзолені чорноземи, дерново-підзолистий ґрунт) або типовий і звичайний чорноземи, каштанові, темно-каштанові ґрунти й ін.).

**Піскування** – спосіб покращення водно-фізичних властивостей ґрунту через полегшення його гранулометричного складу; піскування полягає в збагаченні верхнього шару ґрунту піском. Піскування застосовується в овочівництві, садівництві та квітництві.

**Пісок фізичний** – часточки твердої фази ґрунту, розмір яких більший за 0,01 мм.

**Пластичність ґрунту** – здатність вологого ґрунту змінювати форму під впливом зовнішньої сили зі збереженням суцільності та наданої форми після усунення зовнішньої сили.

**Поверхня питома ґрунту** – сумарна поверхня всіх часток ґрунту, віднесена до 1 г або 1 см<sup>3</sup>; найчастіше визначається в м<sup>2</sup>/га або м<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>.

**Повітропроникність ґрунту** – здатність ґрунту пропускати через себе повітря.

**Повітрообмін** – обмін повітрям між ґрунтом та атмосферою внаслідок змін температури та вологості ґрунту, змін атмосферного тиску, пересування води, а також під впливом вітру й дифузії.

**Повітроємність ґрунту** – об'єм ґрунтових пор, які утримують повітря, при вологості ґрунту, яка відповідає найменшій вологоємності. визначається у % від об'єму ґрунту.

**Повітря ґрунтове** – гази, які містяться в ґрунті. розрізняють: а) адсорбоване, поглинене ґрунтовими часточками й утримуване на їхній поверхні в ущільненому стані сорбційними силами; б) защемлене, яке міститься в порах ґрунту, з усіх сторін ізольованих вологою; в) розчинене в ґрунтовій волозі; г) вільне, яке міститься в порах ґрунту, вільно переміщується в них і контактує з атмосферним повітрям.

**Повітряні властивості ґрунту** – властивості, які визначають поведінку ґрунтового повітря: повітропроникність ґрунту, повітроємність ґрунту, здатність ґрунту поглинати гази та обмінюватися ними із зовнішньою атмосферою. Залежать від пористості та структури ґрунту, кількості вологи в ньому.

**Поглиналина здатність ґрунту** – здатність ґрунту вбирати й утримувати різні речовини з навколишнього середовища. розрізняють механічну, фізичну, фізико-хімічну, хімічну та біологічну.

**Поглинання необмінне** – поглинання ґрунтом катіонів або аніонів, яке не супроводжується

виділенням у розчин еквівалентних кількостей іонів іншого роду.

**Поглинання фізичне** – здатність ґрунту поглинати речовини у вигляді цілих молекул. таким чином ґрунтом поглинаються (сорбуються) газы, пари, масла, фарби.

**Поживні речовини в ґрунті** – макро- й мікроелементи, які необхідні для життєдіяльності рослин. До макроелементів прийнято відносити азот, фосфор, калій, сірку, кальцій, магній, до мікроелементів – марганець, мідь, бор, цинк, кобальт, молібден та ін.

**Пори** – різноманітні за розмірами й формою проміжки між первинними часточками та агрегатами ґрунту, які зайняті повітрям або водою.

**Пористість ґрунту** – сумарний об'єм пор між твердими часточками ґрунту та всередині їх, виражений у відсотках від загального об'єму ґрунту в неперушеному стані.

**Пористість ґрунту капілярна** – сумарний об'єм пор, які заповнюються водою при капілярному зволоженні ґрунту.

**Пористість ґрунту міжагрегатна** – сумарний об'єм пор між агрегатами, виражений у % від об'єму всього ґрунту.

**Пористість ґрунту некапілярна** – сума крупних пор та проміжків між структурними окремостями й часточками ґрунту.

**Поріг коагуляції** – найменша концентрація електроліту, яка викликає початок коагуляції золів ґрунтових колоїдів.

**Потенціал окисно-відновного ґрунту** – міра напруженості та напряму окисно-відновних процесів. визначається в мВ як оборотний потенціал гладкого платиного

(рідше – платинованого) або іншого індиферентного електрода, зануреного у вологий ґрунт.

**Потенціальна кислотність ґрунту** – кислотність ґрунту, яка зумовлена вмістом обмінно-увібраних іонів водню та алюмінію в колоїдному комплексі ґрунту.

**Потужність ґрунту** – загальна глибина профілю ґрунту (см) від денної поверхні до малозміненої породи. потужність ґрунту може коливатися в значних межах залежно від умов ґрунтоутворення й типу ґрунту – від декількох см до 2-3 м і більше.

**Предмет ґрунтознавства** – сучасний ґрунтовий покрив суші та закономірності його поширення, процеси, які відбуваються в ґрунтах, і їх генеза, еволюція ґрунтів та ґрунтового покриву в цілому, його просторово-часова організація.

**Природний потенціал ґрунту** – комплексний показник забезпечення ресурсами тепла, вологи й трофності в межах відповідного типу ґрунтоутворення, а через них і продуктивної здатності природних і культурних ценозів. одним із репрезентативних його критеріїв є загальні запаси гумусу, дієспроможні для всього спектра ґрунтів акумулятивного ряду, для інших – у межах конкретного типу ґрунтоутворення.

**Присипка кремнеземиста** – тонкий сірий або білуватий наліт на поверхнях структурних окремостей в опідзолених чорноземах, підзолистих, сірих лісових, осолоділих ґрунтах, солодах та ін.

**Промерзання ґрунтів** – охолодження ґрунтів до нижче 0°C, яке супроводжується замерзанням ґрунтової вологи.

**Процес елементарний (ЕГП) ґрунтовий** – явище ґрунтотворення, властиве лише ґрунтам, яке при відповідних природних поєднаннях цих процесів визначає властивості ґрунтів на рівні генетичних типів, передусім будову профілю або склад і співвідношення генетичних ґрунтових горизонтів. ЕГП – комбінація елементарних або часткових ґрунтотворних процесів, що становлять деяку цілісність, тобто систему взаємопов'язаних елементарних явищ та реакцій.

**Процес ґрунтотворний** – процес утворення ґрунту з материнської породи під впливом чинників ґрунтотворення (рослинність і тваринний світ, клімат, рельєф, вік місцевості).

**Процеси аеробні** – протікають у ґрунті за достатнього надходження кисню.

**Процеси анаеробні** – процеси перетворення органічних і мінеральних речовин у ґрунті, які відбуваються при недостатньому надходженні в ґрунт кисню або за повної його відсутності, що веде до появи відновлених або недоокиснених сполук.

**Радіоактивність ґрунтів** – здатність ґрунтів до випромінювання альфа-, бета-, гамма-променів, зумовлена наявністю в ґрунті та материнських породах природних і штучних радіонуклідів.

**Радіонукліди** – група радіоактивних ізотопів хімічних елементів природного й штучного походження. природні радіонукліди ґрунту та підґрунтя створюють природний радіоактивний фон території й екологічно безпечні умови, штучні – забруднюють ґрунт і можуть бути небезпечними для

здоров'я людини внаслідок їх можливого включення в біологічний кругообіг.

**Реградація ґрунтів** – термін, який у ґрунтознавстві зазвичай застосовують для визначення процесів повернення до попередньої стадії ґрунтотворення.

**Режим водний ґрунту** – сукупність усіх процесів надходження води в ґрунт, її пересування в ґрунті, зміни її фізичного стану в ґрунті та витрати з ґрунту (див. типи водного режиму ґрунтів).

**Режим вологості ґрунту** – сукупність усіх кількісних і якісних змін вологості ґрунту в часі.

**Режим гідротермічний ґрунту** – сукупність усіх явищ надходження, витрат і переносу тепла та вологи в ґрунт.

**Режим окисно-відновний ґрунту** – сукупність окисно-відновних процесів, які викликають зміни в часі окисно-відновного потенціалу в профілі ґрунту.

**Режим повітряний ґрунту** – сукупність усіх явищ надходження повітря в ґрунт, його пересування в ґрунті, витрат із ґрунту, обміну газами між ґрунтами, атмосферним повітрям, твердою та рідкою фазами ґрунту, споживання й виділення окремих газів живим населенням ґрунту.

**Режим поживний ґрунту** – зміна вмісту в ґрунті доступних для рослин поживних речовин протягом вегетаційного періоду; залежить від валових запасів поживних речовин, умов їх мобілізації та ґрунті й внесених добрив.

**Режим тепловий ґрунту** – сукупність явищ теплообміну в системі приземний шар повітря-рослина-ґрунт-гірська порода, а також

процесів теплопереносу та теплоаккумуляції в самому ґрунті.

**Рекультивация ґрунтів** – комплекс заходів, спрямованих на відновлення продуктивності порушених ґрунтів, а також на покращення навколишнього середовища.

**Речовини гумусові специфічні** – власне гумусові речовини, що входять до складу органічної частини ґрунту.

**Рід ґрунту** – таксономічна одиниця класифікації ґрунтів для їх диференціації в межах підтипу за гранулометричним складом як основи параметричної характеристики ґрунтоутворення. родовий рівень класифікації за вмістом фізичної глини наперед зумовлює параметри абсолютних характеристик ґрунту – умісту гумусу та кількості увібраних катіонів, валового складу хімічних елементів тощо.

**Різновид ґрунту** – таксономічна одиниця класифікації ґрунту. група ґрунтів у межах виду, які відрізняються за гранулометричним складом.

**Родючість ґрунту** – властивість ґрунту задовольняти потреби рослин у поживних речовинах, повітрі, біотичному та фізико-хімічному середовищі, включаючи тепловий режим, давати на цій основі врожай сільськогосподарських культур, а також біологічну продуктивність диких форм рослинності. Розрізняють природну та штучну компоненти родючості ґрунту, які в сукупності становлять ефективну родючість ґрунту. Вона змінюється під дією агротехніки, унесення добрив, комплексу заходів меліорації тощо.

**Родючість ґрунту економічна** – сукупність природної та штучної

родючості ґрунту, яка реалізується у вигляді врожаю в ході використання ґрунту.

**Родючість ґрунту природна** – родючість ґрунту, яка визначається природними запасами мінеральних та органічних поживних речовин, а також природним гідротермічним і повітряним режимами.

**Родючість ґрунту штучна** – родючість ґрунту, яка визначається внесенням добрив та проведенням комплексу меліоративних заходів, що включають агротехніку, сівозміни тощо.

**Розчин ґрунтовий** – волога ґрунтова з розчиненими в ній газами, мінеральними та органічними речовинами; рідка фаза ґрунту. розчин ґрунтовий перебуває в плівковій капілярній або гравітаційній формах (найчастіше всі три форми). бере участь у ґрунтоутворному процесі, фізико-хімічних і біологічних реакціях, живленні рослин.

**Розріз ґрунтовий основний** – ґрунтовий розріз, що закладається на найтипівіших елементах рельєфу, де аргіогі можна сподіватися зміни ґрунтового покриву в межах поєднань або варіацій. В умовах розчленованого рельєфу «еталонний» розріз потрібно закладати на вирівняній ділянці вододілу, де можна очікувати нормальний автоморфний ґрунт. залежно від типу ґрунту глибина основного розрізу коливається від 1,5 до 2,5 м.

**Сидерація** – заорювання в ґрунт спеціально вирощених зелених рослин (сидератів), які збагачують його азотом й органічними речовинами.

**Система позначень горизонтів ґрунту** – прийняті в ґрунтознавстві скорочені позначення горизонтів і

шарів ґрунту у вигляді індексів (наприклад: А, В, С або Н, Е, І, Р).

**Систематика ґрунтів** – узагальнена за властивостями номенклатура ґрунтів. Вона, як правило, уключає терміни типового або типового й підтипового рівня класифікації, часто з уживанням узагальнених, більш притаманних їхніх ознак за генезисом (оглеєння, потужність профілю, карбонатність, уміст гумусу, у деяких – гранулометрія та ін.).

**Скелет ґрунту** – відносно стійкі мінеральні зерна й міцні органічні тіла, які перевищують за розмірами >1 мм колоїди та важко переміщуються.

**Склад ґрунту агрегатний** – уміст фракцій агрегатів різних розмірів. визначається у % від маси сухого ґрунту.

**Склад ґрунту валовий хімічний** – уміст у ґрунті макро- та мікроелементів (або їх оксидів), виражений у % від маси сухого ґрунту.

**Склад ґрунту гранулометричний** – уміст у ґрунті часточок ґрунтових елементарних різного розміру, які об'єднуються у фракції гранулометричних елементів. визначається у % від маси сухого ґрунту.

**Склад ґрунтового покриву** – співвідношення площ компонентів ґрунтового покриву певної території (сільськогосподарські підприємства, ґрунтовий район, геоморфологічний район, басейн річки тощо).

**Складення ґрунту** – характер взаємного розміщення в просторі елементарних ґрунтових часточок і ґрунтових агрегатів, що властиві цьому положенню, об'єм і конфігурація порового простору

ґрунту. основні показники складення ґрунту – щільність, пористість.

**Стиглість ґрунту** – стан ґрунту за вологістю, при якому ґрунт найкраще піддається обробітці, добре кришиться з найменшим тяговим зусиллям.

**Структура ґрунтового покриву** – сукупність усіх неоднорідностей ґрунтового покриву суші. конкретна стп характеризується багаторазово ритмічно повторюваними в просторі ареалами певних ґрунтів, які утворюють стійкий склад та малюнок ґрунтового покриву й стійкі механізми геохімічних та геофізичних зв'язків між ґрунтами, що входять до цієї структури.

**Структура ґрунту** – окремоті (агрегати, грудки) різної величини, форми, якісного складу, на які розпадається ґрунт у стані фізичної сплості. Кожен агрегат (грудка) – комплекс механічних елементів, зв'язаних у макро- (діаметр) – понад 0,25 мм) та мікроагрегати (менше 0,25 мм) органо-мінеральними колоїдами, коренями рослин, детритом.

**Структура ґрунту агрономічно цінна** – водостійкі агрегати з пористістю не нижче 40 %, розміром від 0,25 до 10 мм, уміст яких зумовлює фізичний стан і біологічну активність ґрунту.

**Структура ґрунту кубоподібна** – тип структури ґрунту, ознакою якого є кубоподібна форма макроагрегатів – однаковість усіх трьох осей.

**Структура ґрунту плитоподібна** – тип структури ґрунту, ознакою якого є розвиток макроагрегатів за двома горизонтальними осями.

**Структура ґрунту призмоподібна** – тип структури

грунту, ознакою якого є видовжена форма макроагрегатів із переважним розвитком по вертикальній осі.

**Структурність ґрунту** – здатність ґрунту розпадатися на окремі грудочки або агрегати при його розпушуванні в умовах оптимальної вологості.

**Ступінь еродованості ґрунтів** – ступінь руйнування (зменшення потужності або зникнення) верхніх найбільш родючих горизонтів ґрунту внаслідок водної та вітрової ерозії. визначається порівнянням із нееродованим аналогом того ж ґрунту.

**Ступінь насиченості ґрунту основами** – відношення суми обмінних катіонів до суми тих самих катіонів і величин гідролітичної кислотності ґрунту.

**Сума обмінних катіонів** – загальна кількість катіонів, які можуть бути витіснені з незасоленого та безкарбонатного ґрунту нейтральним сольовим розчином. визначається в мг-екв на 100 г ґрунту.

**Супісок** – ґрунт, у якому міститься від 10 до 15-20 % фізичної глини.

**Суспензія** – дисперсна система, у якій дисперсною фазою є тонко подрібнене тверде тіло, а дисперсійним середовищем – рідина.

**Такири** – типи ґрунтів, що утворилися на плоских глинистих пониженнях у пустелях. характеризуються твердим (корковим, у сухому стані) – світло-сірим верхнім горизонтом, поділений тріщинами на окремі, карбонатний (із поверхні), невеликим умістом гумусу (до 0,5 %), солончакуватий (засолення хлоридно-сульфатне й сульфатно-хлоридне, рідко-содове). трапляються невеликими ділянками до 10 чи 100 м.

Поширені в Середній Азії, Казахстані, Монголії, Передній Азії, Північній Америці.

**Таксономія ґрунтів** – система одиниць групових підрозділів ґрунтів різного рангу (тип, підтип, рід, вид, різновид) у їх взаємній супідрядності для систематики та класифікації.

**Твердість ґрунту** – властивість ґрунту чинити опір стисканню та розклинюванню. вимірюється за допомогою твердоміра й визначається в  $\text{кг/см}^2$ . Залежить від гранулометричного складу, ступеня гумусованості, структурності, складу обмінно-увібраних катіонів, вологості та інших чинників.

**Тепловий баланс ґрунту** – сукупність усіх видів надходження та витрат тепла в ґрунті за певний проміжок часу. Є кількісною характеристикою теплового режиму ґрунту.

**Тепловий режим ґрунту** – сукупність явищ та процесів, пов'язаних із надходженням, переносом, акумуляцією та віддачею тепла ґрунтом.

**Теплові властивості ґрунту** – сукупність властивостей, які визначають процеси поглинання, передачі та віддачі тепла. основними тепловими властивостями ґрунту є теплоємність, теплопровідність, тепловіддача.

**Теплоємність ґрунту** – кількість тепла в калоріях, яка потрібна для нагрівання 1 г або 1 см ґрунту на  $1^\circ\text{C}$ .

**Теплопровідність ґрунту** – здатність ґрунту проводити тепло. Вимірюється кількістю тепла (у Дж/см), що проходить за 1 с через поперечний розтин ґрунту в 1 Дж/см при градієнті температури в  $1^\circ\text{C}$  на відстань 1 см (Дж/см за с).

**Тип ґрунту** – таксономічна одиниця класифікації ґрунтів. Під типом ґрунту розуміють ґрунти, які утворені в однакових умовах і мають подібну будову та властивості. До одного типу належать ґрунти: 1) близькі за характером водно-теплового режиму; 2) зі схожими процесами перетворення та міграції речовин; 3) з одноманітною будовою ґрунтового профілю за генетичними горизонтами; 4) близькі за рівнем природної родючості, 5) з екологічно однаковим типом рослинності.

**Типи водного режиму ґрунтів** – відповідно до класифікації, розробленої Г. М. Висоцьким та доповненої О.А. Роде, розрізняють такі основні типи водного режиму ґрунтів (усього 14): 1) мерзлотний; спостерігається в місцях багаторічної мерзлоти; 2) промивний – здебільшого там, де середня річна сума опадів перевищує середнє річне випаровування; 3) періодично промивний – де середня річна сума опадів близька до середнього річного випаровування; 4) непромивний – здебільшого там, де середня річна сума опадів відчутно менша за середнє річне випаровування; 5) випітний – де річне випаровування значно перевищує річну суму опадів, але близько до денної поверхні підходять ґрунтові води; 6) десуктивно-випітний – близький до попереднього, але ґрунтові води та їх капілярна зона залягають глибше, а витрати води з них відбуваються через відсмоктування вологи з капілярної зони корінням рослин.

**Типи температурного режиму ґрунтів** – за класифікацією В.М. Дімо, виділяються такі типи температурного режиму ґрунту: 1) мерзлотний – середньорічна температура профілю

ґрунту має від'ємний знак; 2) тривало-сезонно-промерзаючий – середньорічна температура профілю ґрунту зазвичай вища за нуль; ґрунт промерзає глибше 1 м; 3) сезонно-промерзаючий – середньорічна температура профілю ґрунту вища за нуль; сезонне промерзання може бути короткочасним (декілька днів) і тривалим (не більше п'яти місяців).

**Тиск осмотичний ґрунтового розчину** – тиск, зумовлений сукупністю всіх розчинених речовин, які містяться в ґрунтовому розчині.

**Торфоутворення** – процес накопичення на поверхні ґрунту або в заростаючих водоймищах напіврозкладених рослинних решток унаслідок загальмованої гуміфікації та мінералізації відмираючих органів рослин.

**Усадка ґрунту** – зменшення об'єму ґрунту внаслідок підсихання. залежить від гранулометричного складу, умісту колоїдів та складу обмінних катіонів. типова для торф'яних ґрунтів.

**Фаза ґрунту** – однорідна за хімічним складом та фізичними властивостями частина термодинамічної системи ґрунтів, що відокремлюється від інших частин, які мають відмінні властивості, межами розділу, де відбувається зміна властивостей. виділяються такі фази ґрунту: мінеральна тверда, повітряна, рідинна та жива. Тверда мінеральна іноді поділяється на власне мінеральну й органічну фази.

**Фералітизація** – процес вивітрювання в тропічних й екваторіальних умовах, який полягає в руйнуванні алюмосилікатів і силікатів та виносі кремнезему й основ із горизонтів ґрунту.



**Фізико–механічні властивості ґрунту** – сукупність властивостей ґрунту, які визначають його відношення до зовнішніх і внутрішніх механічних впливів: твердість, пластичність, в'язкість, липкість, плинність, усадка, опір розриву, стискуванню, тертю з металом й іншими матеріалами, питомий опір та ін.

**Фізико–хімічне поглинання в ґрунті** – здатність ґрунту поглинати з розчину окремі іони.

**Фізичні властивості ґрунтів** – сукупність властивостей, що характеризують стан ґрунту внаслідок різних фізичних впливів. Визначають гранулометричним, мінералогічним й органічним складом частинок, їхньою агрегатністю, будовою, пористістю та щільністю ґрунту, а також співвідношенням і складом різних фаз ґрунту (твердої, рідкої та газоподібної).

**Фільтрація** – низхідне пересування вологи в ґрунті.

**Фітомеліорація ґрунтів** – комплекс заходів, що із допомогою рослин сприяють покращенню властивостей ґрунтів, їхнього водного режиму чи закріплення ґрунтового покриву.

**Фракція гранулометричних елементів** – сукупність елементарних часточок ґрунту певного розміру.

**Фульвокислоти** – препарати жовто-забарвлених органічних речовин, витягнених зі складу гумусу й штучно переведених у кислотну форму. з іншого погляду, це складова частина гумусу.

**Хімічні властивості ґрунту** – сукупність властивостей ґрунтів, що характеризують загальний (валовий) елементний склад мінеральних і органічних речовин. визначається

літологією, складом та гранулометриєю материнських порід відповідно до їх гранулометрії й типу ґрунтоутворення. Ґрунти, порівняно з породою, унаслідок біогенної акумуляції збагачуються вуглецем, азотом, фосфором, сіркою та іншими елементами, водночас можливий перерозподіл у профілі оксидів заліза, алюмінію, марганцю, кремнезему тощо відповідно до типу ґрунтоутворення. Кожен ґрунт згідно з його еколого-генетичним статутом параметрично характеризується певними хімічними властивостями.

**Цвітіння ґрунту** – інтенсивне розмноження мікроскопічних водоростей на поверхні та у верхньому шарі ґрунту зі зміною його забарвлення.

**Червоточини** – ходи черв'яків, комах та інших дрібних риючих тварин діаметром 1-2 см, які заповнені, зазвичай, їхніми екскрементами (сучасні копроліти) із ґрунтової маси горизонту, де вони трапляються.

**Чинники ґрунтоутворення** – зовнішні компоненти природного середовища, під впливом і за участю яких формується ґрунтовий покрив земної поверхні. В.В. Докучаєв у визначенні ґрунту як функції чинників ґрунтоутворення виокремив такі чинники: а) клімат (вода, температура, кисень, вуглекислота повітря та ін.); б) материнські гірські породи; в) рослинні й тваринні організми, особливо нижчі; г) рельєф та висота місцевості; ґ) ґрунтовий, а частково й геологічний вік країни. до цих чинників варто додати ще антропогенний.

**Чинники родючості ґрунту** – до природних відносять уміст поживних речовин, водний, повітряний і

температурний режими, фізичні умови, відсутність шкідливих для рослин речовин. до соціально-економічних – чинники, що зумовлені господарською діяльністю людини.

**Швидкість ґрунтоутворення** – інтенсивність процесу ґрунтоутворення, що визначається товщиною шару ґрунту, який утворюється за одиницю часу (зазвичай за десятиліття або віки). залежно від умов 1 см ґрунту утворюється за 10-50 років, а іноді до 300 років і більше.

**Шпаруватість ґрунту** – сукупність порожнин у ґрунті всіх розмірів і форм, у тому числі капілярні та некапілярні (каверни, тріщини, щілини). Умістилище ґрунтового повітря й ґрунтової вологи. У мінеральних ґрунтах шпаруватість коливається в межах 30-60 %, органогенних – до 90 %. Залежить від структурності ґрунту, гранулометрії та щільного складення.

**Шпаруватість** визначає водопроникність, повітропроникність, газообмін між ґрунтом й атмосферою. В агрономічному відношенні важливо при доброму зволоженні ґрунту мати 15-20 % шпаруватості, заповнених повітрям.

**Щебінь** – часточка ґрунтова елементарна вуглуватої форми розміром 4-20 см.

**Щільність складення ґрунту** – маса абсолютно сухого ґрунту в одиниці об'єму непорушеної будови (г/см). Залежить від гранулометричного складу, природи мінералів, вмісту органічних речовин, структурного стану ґрунту тощо.

**Щільність твердої фази ґрунту** – відношення маси ґрунту до маси, що дорівнює об'єму води, узятої при температурі +4°C. Залежить від мінералогічного складу та вмісту гумусу.

# БАЗОВІ ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ

**Засновником генетичного ґрунтознавства є:**

М.М. Сибірцев;  
К.К. Гедройць;  
В.В. Докучаєв;  
В.Р. Вільямс;  
О.Н. Соколовський.

**Ґрунт як головний засіб сільськогосподарського виробництва характеризується наступними особливостями:**

родючістю, обмеженістю у просторі, незамінністю, непереміщаємістю;

різноманітністю, обмеженістю у просторі, родючістю, незамінністю;

розораністю, обмеженістю у просторі, родючістю, незамінністю.

**Факторами й умовами ґрунтоутворення є:**

вода, повітря, відсутність шкідливих для рослин речовин, ґрунтоутворні породи, рослинний і тваринний світ;

клімат, рослинний і тваринний світ, ґрунтоутворні породи, рельєф, вік;

клімат, відсутність шкідливих для рослин речовин, ґрунтоутворні породи, вода, повітря.

**Чим відрізняється ґрунт від геологічної породи?**

Забарвленням.

Гранулометричним складом.

Родючістю.

Реакцією середовища.

**Наукою, що вивчає ґрунт як головний засіб сільськогосподарського виробництва, є:**

меліоративне ґрунтознавство;

генетичне ґрунтознавство;

агрономічне ґрунтознавство;

екологічне ґрунтознавство.

**Відклади, що утворюються внаслідок геологічної роботи річкової води в заплаві річки, називають:**

колювіальними; делювіальними;

пролювіальними; елювіальними;

алювіальними.

**Механічне дроблення і зміна хімічного складу ґрунтоутворних порід в результаті життєдіяльності живих організмів називається:**

фізичне вивітрювання;

хімічне вивітрювання;

біологічне поглинання;

біологічне вивітрювання;

біологічна продуктивність.

**Продукти геологічної діяльності тимчасових потоків атмосферної води називаються:**

колювіальними;

делювіальними;

пролювіальними;

алювіальними;

елювіальними.

**Назвіть найпоширенішу в Україні материнську породу:**

леси та лесоподібні суглинки;

флювіогляціальні відклади;

сучасні та давньоалювіальні відклади;

морена.

**Сукупність часточок твердої фази ґрунту з діаметром менше 0,01 мм називається:**

глина;

суглинок;

фізичний пісок;

фізична глина;

мул.

**Сукупність часточок твердої фази ґрунту з діаметром понад 0,01 мм називається:**

глина; суглинок;

фізичний пісок;

фізична глина;

мул.

**Ґрунти, які виявляють значний опір під час обробітку, глинисті або суглинкові за гранулометричним складом, називаються:**

легкими;

важкими;

теплими;

вологими;

сухими.

**Ґрунти, які виявляють слабкий опір засобам обробітку (піщані, супіщані), називаються:**

легкими;  
важкими;  
теплими;  
вологими;  
сухими.

**Продукти руйнування (вивітрювання) корінних гірських порід, які залишаються на місці свого утворення, називаються:**

колювіальними;  
делювіальними;  
пролювіальними;  
альювіальними;  
елювіальними.

**Осадкові породи, що утворилися завдяки геологічній дії вітру, називаються:**

колювіальними;  
делювіальними;  
пролювіальними;  
еоловими;  
елювіальними.

**Частина долини річки, що періодично затоплюється водою під час повені, називається:**

терасою;  
заплавою;  
старицею;  
боровою терасою;  
берегом.

**Верхні шари літосфери, змінені під впливом фізичного, хімічного та біологічного вивітрювання, називаються:**

педосферою;  
біосферою;  
корою вивітрювання;  
ґрунтом.

**Пухка, пилювата, карбонатна суглинкова ґрунтоутворююча порода палевого кольору називається:**

елювієм;  
делювієм;  
лесом;  
мореною;  
альювієм.

**Породи, які утворилися в результаті дії льодовиків, називаються:**

елювієм;  
делювієм;  
лесом;  
мореною;  
альювієм.

**З хімічної точки зору до складу гумусу входять:**

кальцій, первинні продукти розкладу органічних решток, детрит, власне гумусові речовини;

свіжі і відмерлі нерозкладені органічні рештки, первинні продукти розкладу органічних решток, детрит, власне гумусові речовини;

вуглець, кисень, водень, азот.

**Найбільше у складі гумусу з хімічної точки зору:**

кальцію; вуглецю; кисню; азоту; водню.

**Найвищим вмістом гумусу характеризуються ґрунти:**

дерново-підзолисті;  
сірі лісові;  
чорноземи типові;  
чорноземи звичайні;  
каштанові;  
чорноземи південні.

**Найнижчим вмістом гумусу характеризуються ґрунти:**

сірі лісові;  
дерново-підзолисті;  
чорноземи типові;  
чорноземи звичайні;  
каштанові;  
чорноземи південні.

**Факторами гумусонакопичення є:** оптимальні природно-кліматичні умови, гранулометричний і мінералогічний склад ґрунту, наявність полівалентних катіонів (кальцію);

структурний стан ґрунту, гранулометричний і мінералогічний склад ґрунту, наявність полівалентних катіонів (кальцію);

глибина залягання ґрунтових вод, структурний стан ґрунту,

гранулометричний і мінералогічний склад ґрунту.

**Більш високим умістом гумусу (за однакового гранулометричного складу) характеризується:**

- сірозем;
- сірі лісові;
- чорнозем південний;
- чорнозем типовий;
- чорнозем звичайний.

**Процес розкладу органічних решток до вуглекислоти, води та простих солей називається:**

- гуміфікацією;
- гуміфіксацією;
- мінералізацією;
- конденсацією.

**Вміст азоту в гумусі становить, %:**

- 3-5;
- 15-20;
- 32-39;
- 52-69;
- 78-85.

**В якому ценозі надходження органічної маси до ґрунту найвище?**

У лісі під широколистяними деревами.

У лісі під хвойними деревами.

Під просапними культурами.

На природному лузі.

Під культурами суцільного посіву.

**Перехід ґрунтових колоїдів зі стану золю у стан гелю під впливом розчинів електролітів називається:**

- електролітна коагуляція;
- взаємна коагуляція;
- термічна коагуляція;
- гідрофобна коагуляція;
- гідрофільна коагуляція.

**Здатність ґрунту затримувати ті чи інші речовини із навколишнього середовища називається:**

- вологоемність;
- адгезія;
- вбирна здатність;
- когезія;
- адсорбція.

**Загальна кількість катіонів, які утримуються у ґрунті і здатні до**

**заміщення на інші катіони, виражена у мг-екв/100 г ґрунту, називається:**

- вбирна здатність;
- ємність обміну катіонів;
- обмінне вбирання;
- біологічне вбирання;
- фізичне вбирання.

**Здатність ґрунту механічно затримувати тверді часточки із суспензій та колоїдних розчинів, що фільтруються через ґрунт, називається:**

- обмінним вбиранням;
- фізичним вбиранням;
- біологічним вбиранням;
- механічним вбиранням;
- хімічним вбиранням.

**Здатність ґрунту вбирати і утримувати різні катіони чи аніони з розчинів, виділяючи при цьому в розчин еквівалентні кількості катіонів чи аніонів іншого роду (виражається в мг-екв/100 г ґрунту), називається:**

- фізико-хімічним вбиранням;
- фізичним вбиранням;
- біологічним вбиранням;
- механічним вбиранням;
- хімічним вбиранням.

**Катіони, що утримуються в колоїдному комплексі і здатні обмінюватися на інші катіони, які трапляються у ґрунтового розчині, називаються:**

- обмінні катіони;
- необмінні катіони;
- іони;
- лужноземельні катіони.

**Здатність ґрунту як пористого тіла затримувати тверді часточки, які можуть потрапляти у ґрунт разом із водою, що фільтрується крізь нього, називається:**

- хімічним вбиранням;
- фізичним вбиранням;
- біологічним вбиранням;
- механічним вбиранням;
- обмінним вбиранням.

**Здатність ґрунту вбирати і утримувати різні речовини з**

**навколишнього середовища називається:**

реакційною здатністю ґрунту;  
вбирною здатністю ґрунту;  
буферною здатністю ґрунту;  
відновлювальною здатністю ґрунту.

**Здатність ґрунту вбирати речовини у вигляді цілих молекул називається:**

хімічним вбиранням;  
фізичним вбиранням;  
біологічним вбиранням;  
механічним вбиранням;  
обмінним вбиранням.

**Кислотність ґрунту, яка обумовлена наявністю у ґрунтового розчині іонів водню, називається:**

пасивна;  
обмінна;  
гідролітична;  
активна;  
потенційна.

**Спосіб хімічної меліорації кислих ґрунтів з метою заміни у вбирному комплексі обмінних іонів водню та алюмінію на іони кальцію називається:**

гіпсуванням;  
вапнуванням;  
кислуванням;  
удобренням;  
підживленням.

**Здатність ґрунту зберігати реакцію середовища (рН), протистояти дії кислот і лугів називається:**

коагуляцією;  
буферністю;  
пептизацією;  
вбирною здатністю;  
структурністю.

**Частина пасивної кислотності, яка виявляється за взаємодії ґрунту з розчинами гідролітично лужних солей (ацетат натрію рН 8,3), називається:**

обмінною;  
гідролітичною;  
активною.

**Один з методів меліорації содових солонців шляхом внесення у ґрунт кислих хімічних речовин (сірчаної**

**кислоти, сульфатів заліза, алюмінію тощо), які підвищують розчинність сполук кальцію та нейтралізують соду, називається:**

гіпсування; вапнування;  
кислування; удобрення;  
підживлення.

**Кислотність ґрунту, яка обумовлена вмістом обмінно-увібраних іонів водню та алюмінію у колоїдному вбирному комплексі ґрунту, називається:**

потенціальною;  
актуальною;  
активною.

**Основний спосіб боротьби з підвищеною кислотністю ґрунту:**

внесення добрив;  
гіпсування ґрунту;  
вапнування ґрунту;  
піскування ґрунту;  
мульчування ґрунту.

**Вид вбирної здатності, що лежить в основі хімічної меліорації ґрунтів:**

механічний;  
фізичний;  
фізико-хімічний;  
хімічний;  
біологічний.

**Ємність вбирання ґрунту залежить від:**

щільності ґрунту;  
пористості ґрунту;  
температури ґрунту;  
кількості у ґрунті колоїдів;  
структурного стану ґрунту.

**Під час механічного вбирання відбувається:**

поглинання катіонів;  
поглинання аніонів;  
поглинання цілих молекул речовин;  
поглинання часток, розмір яких більший за діаметр пор ґрунту;  
поглинання часток, розмір яких менший за діаметр пор ґрунту.

**За фізичного вбирання відбувається:**

поглинання катіонів;  
поглинання аніонів;  
поглинання цілих молекул речовин;

поглинання часток, розмір яких більший за діаметр пор ґрунту;

поглинання часток, розмір яких менший за діаметр пор ґрунту.

**Укажіть, яка вбирна здатність проявляється під час адсорбції водяної пари ґрунтом, висушеним до абсолютно сухого стану:**

механічна;

фізична;

фізико-хімічна;

хімічна.

**Як називається здатність ґрунту затримувати частки, суспендовані у воді, що фільтрується через ґрунт:**

фізична вбирна здатність;

хімічна вбирна здатність;

механічна вбирна здатність;

біологічна вбирна здатність.

**Як називається кислотність ґрунтів, обумовлена іонами водню ґрунтового розчину?**

Активна.

Потенціальна.

Обмінна.

Гідролітична.

**Які з обмінних катіонів визначають кислу реакцію ґрунтового розчину?**

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ .

$\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ .

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ .

$\text{NH}_4^+$ .

**Який вид кислотності проявляється під час взаємодії ґрунту з 1 н  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ?**

Гідролітична.

Актуальна.

Обмінна.

Активна.

**Ґрунтові агрегати діаметром понад 0,25 мм називаються:**

мікроагрегатами;

макроагрегатами;

мулом;

колоїдами.

**Руйнування структури ґрунту, яке обумовлюється дією різних ґрунтообробних знарядь, називається:**

фізико-хімічним;

біологічним;

механічним.

**Ґрунтові агрегати діаметром менше 0,25 мм називаються:**

мікроагрегати;

макроагрегати;

пісок; гравій.

**Агрономічно цінною структурою**

**є:**

брилувата;

грудкувата-зерниста;

призматична;

горіхувата.

**Руйнування структури ґрунту, що обумовлюється мінералізацією органічних речовин, називається:**

фізико-хімічним;

біологічним;

механічним.

**До типу кубоподібної структури належить:**

призматична;

лускувата;

зерниста;

листувата.

**До типу призмоподібної структури належить:**

призматична;

лускувата;

зерниста;

листувата.

**До типу плитоподібної структури належить:**

призматична;

лускувата;

зерниста.

**Факторами структуроутворення**

**є:**

ґрунтоутворні породи, клімат,

рослинність;

поживні речовини, вода, тепло;

глина, гумус, кальцій.

**Здатність ґрунту розпадатися на окремі агрегати називається:**

структурою;

структурністю;

пухкістю;

зв'язністю.

**Який ґрунт характеризується більш високою капілярною**

**шпаруватістю і більш високим сумарним випаровуванням вологи?**

Структурний.

Безструктурний.

**Структура ґрунту, що характерна для чорноземів:**

стовпчаста;

призматична;

пилувата;

зерниста;

горіхувата.

**Склад обмінних катіонів ґрунту, що сприяє утворенню агрономічно цінної структури:**

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ .

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ .

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ .

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ .

**Здатність ґрунту чинити опір зовнішнім механічним силам, які намагаються роз'єднати його часточки або структурні агрегати (вимірюється в  $\text{кг}/\text{см}^2$ ), називається:**

Щільність ґрунту; щільність твердої фази ґрунту;

Шпаруватість ґрунту; зв'язність ґрунту;

Липкість ґрунту.

**Негативне явище, яке найчастіше має місце на поверхні безструктурних і слабоструктурних суглинистих і глинистих ґрунтів після рясного зволоження їх поверхні і подальшого швидкого висихання, називається:**

Плужна підошва;

кіркоутворення;

замулювання;

ерозія.

**Властивість вологого ґрунту прилипати до ґрунтообробних знарядь називається:**

щільність ґрунту;

щільність твердої фази ґрунту;

шпаруватість ґрунту;

зв'язність ґрунту;

липкість ґрунту.

**Збільшення об'єму ґрунту в разі зволоження називається:**

набухання ґрунту;

усадка ґрунту;

шпаруватість ґрунту;

зв'язність ґрунту;

липкість ґрунту.

**Здатність вологого ґрунту змінювати форму під впливом зовнішньої сили із збереженням суцільності та наданої форми після усунення зовнішньої сили називається:**

набухання ґрунту;

усадка ґрунту;

пластичність ґрунту;

зв'язність ґрунту;

липкість ґрунту.

**Фізичними показниками ґрунту є:**

липкість ґрунту, зв'язність ґрунту;

усадка ґрунту, набрякання ґрунту;

щільність ґрунту, щільність твердої

фази ґрунту;

твердість ґрунту, вологість ґрунту.

**До фізико-механічних властивостей ґрунту належать:**

щільність ґрунту, щільність твердої фази ґрунту;

липкість ґрунту, зв'язність ґрунту;

шпаруватість ґрунту, вологість ґрунту;

структурність ґрунту, вміст гумусу.

**Зменшення об'єму ґрунту внаслідок підсихання називається:**

набрякання;

усадка;

просадка;

змивання;

дефляція.

**Маса абсолютно сухого ґрунту в одиниці об'єму непорушеної будови називається:**

щільність твердої фази ґрунту;

щільність ґрунту;

шпаруватість ґрунту;

структурність ґрунту;

зв'язність ґрунту.

**Відношення маси ґрунту до маси рівного об'єму води, взятої за температури  $+4^{\circ}\text{C}$ , називається:**

щільність твердої фази ґрунту;

щільність ґрунту;

шпаруватість ґрунту;

структурність ґрунту;

зв'язність ґрунту.



**Найбільш оптимальні фізико-механічні властивості будуть проявлятися у ґрунті, який насичений катіонами:**

Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>.  
Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>.  
H<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>.

**Найвищою липкістю характеризуються ґрунти, які насичені катіонами:**

Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>.  
Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>.  
H<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>.

**Опір ґрунту проникненню в нього будь-якого тіла певної форми (циліндра, конуса, клина тощо), що вимірюється у кгс/см<sup>2</sup>, називається:**

зв'язність ґрунту; твердість ґрунту;  
щільність ґрунту; липкість ґрунту.

**Стан ґрунту за вологістю, коли він не липне до ґрунтообробних знарядь, називається:**

пластичність ґрунту;  
липкість ґрунту;  
фізична стиглість ґрунту;  
біологічна стиглість ґрунту.

**Усадка ґрунту – це**

збільшення об'єму ґрунту в разі його висихання;  
зменшення об'єму ґрунту в разі його висихання;  
зменшення об'єму ґрунту в разі його зволоження;  
збільшення об'єму ґрунту в разі його зволоження;  
збільшення щільності ґрунту.

**Зі збільшенням набрякання, усадка ґрунту:**

зменшується;  
збільшується;  
залишається незмінною.

**За насичення ґрунту якими катіонами спостерігається набрякання?**

Натрію.  
Кальцію.  
Магнію.  
Алюмінію.  
Заліза.

**У якому ґрунті набрякання буде більшим?**

Легкосуглинковому.  
Середньосуглинковому.  
Важкосуглинковому.  
Легкоглинистому.  
Середньоглинистому.

**Набрякання ґрунту – це:**

зменшення об'єму ґрунту в разі зволоження;  
збільшення об'єму ґрунту в разі зволоження;  
збільшення об'єму ґрунту в разі висихання;  
зменшення об'єму ґрунту в разі висихання;  
збільшення об'єму ґрунту.

**Щільність ґрунту – це:**

маса одиниці об'єму абсолютно-сухого ґрунту;  
маса одиниці об'єму ґрунту взятого у непорушеному стані;  
відношення маси одиниці об'єму абсолютно-сухого ґрунту до такого самого об'єму води;  
маса одиниці об'єму ґрунту за польової вологості;  
маса одиниці об'єму абсолютно-сухого ґрунту взятого у непорушеному стані.

**Оптимальна щільність орного шару ґрунту становить, г/см<sup>3</sup>:**

0,8-0,9.  
1,0-1,3.  
1,4.  
1,5-1,6.  
0,8-1,8.

**Які ґрунти раніше набувають фізичної стиглості?**

Середньосуглинкові.  
Важкосуглинкові.  
Легкосуглинкові.  
Легкоглинисті.  
Середньоглинисті.

**Насичення ґрунту катіонами натрію:**

збільшує липкість;  
зменшує липкість;  
не впливає на липкість.

**Які показники ґрунту належать до фізичних?**

Ємність катіонного обміну та гідролітична кислотність.

Щільність, щільність твердої фази ґрунту та шпаруватість.

Липкість та пластичність.

Повна та капілярна вологоємність.

**Якими властивостями наділена фракція мулу?**

Достатньою водопроникністю.

Слабким набряканням.

Великою вологоємністю.

Слабкою пластичністю.

**Визначте, який з ґрунтів має мінімальний питомий опір до обробітку в етапі фізичної стиглості:**

піщано-супіщаний;

пилувато-супіщаний;

пилувато-важкосуглинковий.

**Ґрунти легкого гранулометричного складу, які мають малу вологоємність, а тому швидко прогріваються весною, називаються:**

сухі;

вологі;

теплі;

холодні;

повітряно-сухі.

**Ґрунти, які характеризуються великою вологоємністю, можуть утримувати багато води, внаслідок чого прогріваються весною повільніше, на них пізніше розпочинаються весняні польові роботи, називаються:**

сухі;

вологі;

теплі;

холодні;

повітряно-сухі.

**Здатність ґрунту проводити тепло називається:**

теплопровідність ґрунту;

теплоємність ґрунту;

тепловий режим ґрунту.

**Сукупність усіх видів надходження та витрат тепла у ґрунт за певний проміжок часу називається:**

теплопровідність ґрунту;

теплоємність ґрунту;

тепловий режим ґрунту.

**Основним джерелом тепла у ґрунті є:**

внутрішня теплота Землі;

розклад органічних решток;

променева енергія Сонця;

життєдіяльність мікроорганізмів.

**Ґрунти легкого гранулометричного складу, які мають малу вологоємність, а тому швидко прогріваються весною (піщані, супіщані ґрунти), називаються:**

холодні;

теплі.

**Ґрунти, що характеризуються великою вологоємністю, можуть утримувати багато води, мають важкий гранулометричний склад, внаслідок чого прогріваються весною повільніше, на них пізніше розпочинаються весняні польові роботи, називаються:**

холодні;

теплі.

**Співвідношення між кількістю води, що надходить, і тією, що витрачається з ґрунту за певний відрізок часу (виражається в мм водного шару або  $m^3/2a$ ), називається:**

водний режим;

водний баланс;

тип водного режиму;

водопроникність ґрунту;

вологоємність ґрунту.

**Виберіть основні види родючості ґрунту:**

а. хімічна, біологічна

б. природна, штучна, ефективна

в. агротехнічна, економічна

г. агрохімічна, фізична

**Назвіть родючість ґрунту, яка самостійно формується в процесі ґрунтоутворення:**

штучна

ефективна

природна

економічна

**Родючість ґрунту, яка формується в процесі антропогенного**

**використання землі, як засобу сільськогосподарського виробництва, це:**

штучна  
ефективна  
природна  
економічна

**Основні показники родючості ґрунту поділяють на:**

меліоративні, агрофізичні  
фізико-хімічні, агрохімічні,  
агрофізичні  
агрофізичні, агрохімічні, біологічні,  
економічні  
біологічні, агрохімічні, фізико-  
хімічні

**Агрофізичними показниками ґрунту є:**

наявність у ґрунті мікро- та макроорганізмів, біологічна активність ґрунту

будова, структура, щільність та питома маса ґрунту

вміст поживних елементів, наявність у ґрунті органіки

реакція ґрунтового розчину, сума ввібраних основ

**Агрохімічними показниками родючості ґрунту є:**

гранулометричний склад ґрунту  
вміст гумусу, реакція ґрунтового розчину, сума ввібраних основ, уміст поживних елементів

будова, структура, щільність та питома маса ґрунту

твердість ґрунту, зв'язність та пластичність

**Біологічними показниками родючості ґрунту є:**

фіто санітарний стан, біологічна активність ґрунту

структура ґрунту

реакція ґрунтового розчину

гранулометричний склад ґрунту

**До теплових властивостей ґрунту**

**відносять:**

теплоємність, теплопровідність  
термоізоляція, теплообмін  
теплота, теплообмін  
віддача тепла

**До водних властивостей ґрунту відносять:**

вологовіддача, вологомісткість  
випаровування  
водопідймальна здатність,  
зволоження

вологоємність, водопроникність,  
водопідймальна здатність

**Властивість ґрунту утримувати воду:**

вологоємність ґрунту  
капілярна вологоємність  
гігроскопічна вологоємність  
вологість стійкого в'янення

**Фізична властивість ґрунту передавати тепло від більш нагрітих ділянок до холодніших – це:**

теплоємність  
теплообмін  
теплопровідність  
тепловіддача

**Дайте повне визначення поняттю "пористість ґрунту":**

сумарний об'єм капілярних і некапілярних пор у ґрунті

співвідношення об'ємів твердої фази ґрунту та капілярних і некапілярних пор

об'єм капілярних пор, виражений у відсотках до загального об'єму ґрунту

об'єм некапілярних пор, виражений у відсотках до загального об'єму ґрунту

**Виберіть більш повне визначення поняттю будова ґрунту:**

гранулометричний склад  
співвідношення між об'ємами твердої фази ґрунту і загальною пористістю

співвідношення між об'ємами твердої, та рідкої фази ґрунту

співвідношення між об'ємами твердої та газоподібної фази ґрунту

**17. Здатність ґрунту розпадатися на окремі частинки, або агрегати називають:**

щільністю ґрунту  
структурністю ґрунту  
питомою масою ґрунту  
фізичною сплістю ґрунту

**Назвіть основні екологічні фактори необхідні для життя рослин:**

грунт, поживні речовини  
вода, тепло, кисень  
вода, поживні речовини  
світло, тепло, повітря, вода,  
поживні речовини

**Назвіть переважаючий тип водного режиму ґрунту в Лісостепу України:**

мерзлотний  
іригаційний  
зрошувальний  
періодично промивний

**Під реакцією ґрунтового розчину розуміють:**

кислу, або лужну реакцію (рН – від’ємний логарифм концентрації іонів водню)

вміст калію  
вбирний комплекс  
буферність ґрунту

**Назвіть нейтральну реакцію ґрунтового розчину рН:**

5,5  
7,0  
7,5  
8,0

**Виберіть відповідь, яка вказує на перехід реакція ґрунтового розчину в лужну сторону рН:**

більше показника рН 7,0  
5,5  
6,5  
12.0

**Назвіть основні форми вологи в ґрунті:**

у вигляді туману  
дощова  
гравітаційна, капілярна, плівчаста,  
молекулярна  
іонна

**Фізичний показник ґрунту - водопроникність ґрунту це:**

властивість ґрунту пропускати вологу донизу  
вологоємність  
капілярність  
випаровувальна здатність

**Фізичний показник ґрунту - вологоємність ґрунту це:**

водопроникність  
водопідйомна здатність  
капілярність  
здатність ґрунту затримувати вологу

**Назвіть існуючі в природі форми посухи:**

ґрунтова і атмосферна  
повітряна  
денна  
добова

**Назвіть основні заходи боротьби з надмірною вологістю ґрунту:**

зрошування  
глибокий обробіток  
боронування  
система осушення з двостороннім регулюванням водно-повітряного режиму

**Розкрийте суть поняття - повітроємність ґрунту:**

це об’єм некапілярних проміжків, обчислений у процентах до загального об’єму ґрунту

це вільне повітря в ґрунті  
це повітря в капілярах ґрунту  
це увібране повітря

**Розкрийте суть поняття - теплоємність ґрунту:**

це кількість тепла, яка потрібна для того, щоб нагріти 1 см<sup>3</sup> ґрунту на 1°С  
це нагрівання сухого ґрунту  
це вагова теплоємність  
це об’ємна теплоємність

**У вигляді яких частинок рослини поглинають поживні речовини з ґрунтового розчину...:**

гумусних  
катіонів і аніонів  
макромолекул  
свіжої органіки

**У чому полягає суть біологічної вбирної здатності ґрунту...:**

утримувати тверді частки  
здатність рослин і мікроорганізмів поглинати з ґрунтового середовища поживні речовини  
утримувати рідкі частки  
утримувати ґрунтове повітря

**У чому полягає суть хімічної вбирної здатності ґрунту...:**

вбирати і перетворювати добре розчинні сполуки у важкорозчинні

у здатності ґрунтових колоїдів обмінно поглинати катіони і аніони

у здатності ґрунтової мікрофлори засвоювати поживні речовини

утримувати тверді частки

**Які властивості зумовлюють кислотність ґрунту...:**

наявність іонів кальцію і магнію у ґрунті

наявність у ґрунті іонів калію і натрію

насиченість ґрунту органічними речовинами

наявність іонів водню в ґрунтовому розчині і іонів водню і алюмінію у ГВК

**Яка реакція ґрунтового розчину найсприятливіша для вирощування картоплі...:**

слабокисла

нейтральна

лужна

реакція ґрунтового розчину ніяк не впливає на ріст і розвиток рослин...:

**Актуальна (активна) кислотність**

**– це...:**

кислотність ґрунтового розчину

кислотність ГВК

реакція внесених у ґрунт добрив

кислотність, яка проявляється розчином нейтральної солі

**Які заходи підвищують буферність ґрунту...:**

внесення фізіологічно кислих добрив

внесення фізіологічно лужних добрив

внесення високих норм органічних добрив і вапнування

ніякі з названих заходів не підвищують буферність ґрунту

**Суть вбирної здатності ґрунту:**

здатність ґрунту утримувати колоїди

здатність ґрунту вбирати гази, рідини, розчинені речовини, а також затримувати тверді частинки з рідини, що

просочуються крізь ґрунт  
здатність ґрунту віддавати іони  
немає правильною відповіді

**Ємність вбирання катіонів ґрунту**

**– це:**

загальна кількість всіх катіонів, увібраних ґрунтовими колоїдами

максимальна кількість іонів  $H^+$  здатних до обміну

максимальна кількість ввібраних катіонів  $NH_4$

всі відповіді вірні

**Яке середовище ґрунтового розчину сприятливе для вирощування більшості сільськогосподарських культур:**

лужне

сильно кисле

слабко кисле або нейтральне

всі відповіді вірні

**Значення рідкої фази ґрунту для живлення рослин:**

сприяє розчиненню важкорозчинних сполук, забезпечує мікроорганізми і корені рослин киснем

є джерелом кисню для рослин

містить основний запас кисню для рослин

безпосереднє джерело поживних речовин для рослин

**Рослина поглинає поживні речовини з ґрунтового розчину у вигляді:**

молекул і атомів

атомів і іонів

молекул та катіонів

катіонів і аніонів

**Основні показники, що характеризують агрохімічні властивості ґрунту:**

реакція середовища

окисно-відновний потенціал

уміст рухомих поживних елементів у ґрунті в доступній для рослин формі

буферність і ступінь насиченості основами

**Агрохімічні картографи – це:**

ґрунтові карти України

дані про рельєф ґрунту

дані про рослинність території

карти з відділенням ділянок різного ступеня забезпеченості елементами живлення, а також реакції ґрунтового середовища

**Значення агрохімічних картограм:**

виділені ділянки з різними агрохімічними властивостями дозволяють ефективно і раціонально використовувати добрива і меліорант

позволяють вибрати ґрунт ля вирощування сільськогосподарських культур

жодного значення не представляють всі відповіді вірні

**Основні зміни в ґрунті, які проходять під впливом гіпсування:**

ніяких змін не відбувається

внаслідок нейтралізації лужності ґрунту знижується доступність рослинам азоту і калію ґрунту

кальцій витісняє з ґрунтового – вбирного комплексу натрій, утворивши в ґрунтовому розчині, замість води

сульфат натрію, який вимивається в нижні шари

всі відповіді вірні

**Під вивченням будови ґрунтового профілю розуміють:**

діагностику факторів ґрунтоутворення

встановлення границь між ареалами

вдбір зразків на аналіз із кожного

генетичного горизонту ґрунту

детальний морфологічний опис

генетичних горизонтів ґрунту

**З хімічної точки зору до складу гумусу входять:**

кальцій, первинні продукти розкладу органічних решток, детрит, власне гумусові речовини

вуглець, кисень, водень, азот

свіжі і відмерлі не розкладені органічні рештки

первинні продукти розкладу органічних решток, детрит, власне гумусові речовини

**До типу плитоподібної структури належить:**

лускувата

призматична

зерниста

грудкувата

**Верхній родючий шар земної кори називається:**

поверхня землі

ґрунт

земна кора

педосфера

**Ілювіальний горизонт позначається:**

H

R

I

E

**Який тип водного режиму має місце при формуванні ґрунтів підзолистого ряду:**

випітний

непромивний

промивний

періодично-промивний

**Тип водного режиму, що мають ґрунти болотного типу ґрунтоутворення:**

гідроморфний

автоморфний

напівавтоморфний

напівгідроморфний

**Глибоке і всебічне вивчення умов ґрунтоутворення, генетичних особливостей та агрономічних властивостей ґрунтів проводиться в період:**

польовий

камеральний

підготовчий

зимовий

**Як називається процес руйнування поверхневих горизонтів ґрунтів з перевідкладенням зруйнованого матеріалу в іншому місці:**

гумусонакопичення

дифузія

ерозія

рекультивация

**З яких фаз складається ґрунт:**

тверда, жива

тверда, рідка

тверда, рідка, газоподібна, жива  
тверда, газоподібна

**Катіони, що утримуються в колоїдному комплексі і здатні обмінюватися на інші катіони, які трапляються у ґрунтовому розчині, називаються:**

обмінні катіони  
необмінні катіони  
іони  
лужноземельні катіони

**Який процес ґрунтоутворення відбувається в умовах перезволоження та повного анаеробіозу:**

солонцюватий  
гумусово-акумулятивний  
болотний  
підзолистий

**До типу призмоподібної структури належить:**

лускувата  
зерниста  
призматична  
горіхувата

**Властивість вологого ґрунту прилипати до ґрунтообробних знарядь називається:**

щільність ґрунту  
щільність твердої фази ґрунту  
зв'язність ґрунту  
липкість ґрунту

**Надходження повітря, особливо кисню, у ґрунт з атмосфери називається:**

адсорбція  
аерація  
адгезія  
абсорбція

**Ґрунтове повітря порівняно з атмосферним містить менше:**

кисню  
гелію  
азоту  
вуглекислого газу

**Речовини або елементи, які потрібні для живлення рослин, називаються:**

поживні речовини  
важкі метали  
антибіотики

інгібітори

**Наявність в ґрунті карбонатів позначається індексом:**

k  
s  
h  
T

**"Білозірка" – це:**

новоутворення оксидів заліза  
новоутворення вапна  
включення ґрунту  
новоутворення закисних сполук заліза

**Для хімічної меліорації солонцюватих ґрунтів використовують:**

вапно  
гіпс  
селітру  
дефекат

**Чорного кольору ґрунту надають:**

гумусові речовини та марганець  
сполуки закисного заліза  
сполуки алюмінію  
карбонати

**На території України згідно агроґрунтового районування не виділяють:**

Полісся  
Степ  
Лісостеп  
Тундру

**Верхні шари літосфери, змінені під впливом фізичного, хімічного та біологічного вивітрювання, називаються:**

педосферою  
корою вивітрювання  
біосферою  
ґрунтом

**Осадкові породи, що утворилися завдяки геологічній дії вітру, називаються:**

еоловими  
колювіальними  
пролювіальними  
елювіальними

**Тип водного режиму, характерний для природних зон, де**

**опадів випадає більше, ніж випаровується з ґрунту, називається:**

- ексудативний
- випітний
- промивний
- мерзлотний

**Ґрунти різних типів, які формуються під впливом стійкого надлишкового зволоження, що проявляється в будові профілю (оглеєння), називаються:**

- гідроморфні
- автоморфні
- зональні
- слаборозвинені

**Здатність ґрунту пропускати через себе повітря називається:**

- адсорбція
- адгезія
- повітропроникність
- абсорбція

**Здатність ґрунту задовольняти потреби рослин у поживних речовинах, воді, біотичному та фізико-хімічному середовищі називається:**

- родючість ґрунту
- водний режим ґрунту
- поживний режим ґрунту
- тепловий режим ґрунту

**Горизонт материнської породи позначається:**

- Н
- Е
- Р
- к

**Горизонт Н – це:**

- елювіальний горизонт
- ілювіальний горизонт
- гумусово-аккумулятивний горизонт
- верхній перехідний горизонт

**Як називається горизонт Е:**

- оглеєний
- дернина
- елювіальний
- ілювіальний

**Якою реакцією ґрунтового розчину характеризуються солонці:**

- кислою
- лужною
- нейтральною

кисло-лужну

**Виберіть метод прямої польової діагностики ґрунту:**

- лабораторно-аналітичний
- стаціонарний (режимний)
- профільно-морфологічний
- дистанційний

**Новоутворення — це речовини, що ...:**

формуються та відкладаються в профілі внаслідок ґрунтоутворного процесу

не пов'язані з процесом ґрунтоутворення

внесла в ґрунт людина

вимились з профілю у ґрунтові води

**Найнижчим умістом гумусу характеризуються ґрунти:**

- сірі лісові
- чорноземи типові
- чорноземи південні
- дерново-підзолисті

**Хімічні елементи, що необхідні рослинам у незначних кількостях для нормального розвитку, називаються:**

- мікроелементи
- макроелементи
- важкі метали
- мінеральні добрива

**Гумусово-аккумулятивний горизонт позначається:**

- Р
- І
- Н
- Е

**Процес перетворення органічних решток на гумус в ґрунтах називається:**

- оглеєння
- гуміфікація
- слітизація
- конденсація

**Найродючішими ґрунтами України є:**

- чорноземи
- буроземи
- солоді
- сірі лісові

**Вивітрювання ґрунтів не буває:**

фізичним



органічним  
хімічним  
біологічним  
**Грунти, найбільш поширені у  
Карпатах:**

болотні  
чорноземи  
бурі лісові  
солонці

**Який колір ґрунтових горизонтів  
зумовлюють окисні сполуки Феруму**

сизуватий  
чорний  
білясуватий  
червоний і жовтий

**Які ґрунти є безструктурними:**

чорноземи  
сірі лісові  
піщані  
лужні

**Найменші площі болотних  
ґрунтів знаходяться у:**

Карпатах  
Поліссі  
Лісостепу  
Степу

**Горизонт лісова підстилка  
позначається:**

Gl  
T  
I  
Ho, Hл

**Вміст гумусу у ґрунті визначають  
методом:**

Корнфілда  
Кірсанова  
Докучаєва  
Тюріна

**Що таке мікроелементи:**

елементи (N, P, K, Ca, Mg, S), які містяться в рослинах і ґрунтах від кількох цілих до сотих часток відсотка в перерахунку на суху речовину

елементи (B, Mn, Cu, Zn, Co та ін.), які містяться в рослинах і ґрунтах не більше тисячних часток відсотка в перерахунку на суху речовину

елементи рослин, що входять до складу їх золи

це необхідні (20 елементів) і умовно необхідні (12 елементів) елементи

**Який калій найлегше  
засвоюється рослинами:**

необмінний  
обмінний  
адсорбційний  
калій, що входить до польового шпату

**Культура здатна завдяки симбіозу з мікроорганізмами використовувати азот атмосфери:**

кукурудза  
горох  
ячмінь  
буряк цукровий

**Дайте правильне визначення, що таке "поживний режим ґрунту":**

вміст загальних запасів поживних речовин

вміст важких металів і рН ґрунту  
вміст гумусу і загального азоту  
вміст поживних елементів у доступній для рослин формі

**Які із вказаних хімічних елементів відносять до основних елементів живлення**

Hg  
As  
P  
Pb

**Вкажіть метод поліпшення кислих ґрунтів:**

гіпсування  
вапнування  
бонітування  
зрошення

**Найбільший вміст гумусу міститься у:**

болоті  
чорноземах  
піску  
буроземах

**Родючість ґрунту залежить від:**  
повітря;  
води;  
поживних речовин;  
усіх перерахованих складових.

**Повітряну оболонку Землі називають:**

гідросфера  
атмосфера  
педосфера  
ноосфера

**Водну оболонку Землі називають:**

гідросфера  
атмосфера  
педосфера  
ноосфера

**Що ми називаємо  
гранулометричним складом ґрунту:**

здатність ґрунту розпадатися на окремі агрегати

відносний вміст в ґрунті механічних елементів, виражених в %

вміст у ґрунті фізичної глини

вміст у ґрунті фізичного піску

**Які ґрунти за гранулометричним складом найбільш водопроникні:**

Глинисті  
Суглинкові  
Піщані  
Супіщані

**Які ґрунти за гранулометричним складом найбільш важкі:**

Піщані  
Супіщані  
Глинисті  
Суглинкові

**Які ґрунти за гранулометричним складом мають найбільшу вологоємність:**

Піщані  
Супіщані  
Глинисті  
Суглинкові

**В яких одиницях вимірюється щільність твердої фази ґрунту:**

%  
м  
г/см  
г/см<sup>3</sup>

**Що називається шпаруватістю ґрунту:**

Вміст в ґрунті часточок різних за розміром

Кількість капілярних пор

Сумарний об'єм всіх пор, виражений у %

Кількість пор, зайнятих повітрям

**В яких одиницях вимірюється шпаруватість ґрунту:**

%

м

г/см

мг/кг

**Фізична стиглість ґрунту**

**пов'язана з :**

Прилипанням

Твердістю

Питомим опором

Правильна відповідь відсутня

**Стан ґрунту, коли механічні елементи, що складають ґрунт, не з'єднані між собою, а існують роздільно або залягають зцементованою масою вважають**

Структурним

Безструктурним

Родючим

Піщаний

**Що називається гумусом:**

Продукт розкладу органічних речовин

Недорозкладена органічна маса

Складна нановоутворена в ґрунті органічна сполука, яка має циклічну будову, кислотну природу

Дендрити в ґрунті

**Які сполуки утворюються при взаємодії фульвокислот з мінеральними частинами ґрунту:**

Гумати

Ароматичні сполуки

Фульвати

Гумінові кислоти

**Які органічні кислоти входять до складу гумусу:**

Мурашина

Амінокислоти

Гумінові і фульвокислоти

Нітратна

**У чому розчиняються фульвокислоти:**

У спиртах, кислотах

У кислотах, лугах, воді

У нейтральних розчинниках

У воді

**Яке забарвлення мають фульвокислоти:**

Солом'яно-жовте

Сіре

Червоно-буре

Блідо-рожеве

**Що таке гуміфікація:**

Процес розкладу органічних сполук

Мінералізація органічних сполук

Синтез складних органічних сполук

Перехід гелю в золь

**Що ви розумієте під процесом мінералізації органічних речовин:**

Утворення гумусу

Розклад органічної речовини до утворення складних органічних сполук

Процес розкладу органічної речовини до простих мінеральних сполук

Синтез органічних сполук

**Які сполуки утворюються при взаємодії гумінових кислот з мінеральною частиною ґрунту:**

Бензоли

Гумати

Фульвокислоти

Вуглеводи

**Яке забарвлення мають гумінові кислоти:**

Темно-сіре, коричневе

Жовте

Червоно-буре

Солом'яно-жовте

**Які існують форми гумусових речовин у ґрунті:**

Фульвокислоти і гумінові кислоти та їх солі

Гумінові кислоти

Органічні кислоти

Фульвокислоти

**У чому розчиняються гумінові кислоти:**

У воді

У спиртах, кислотах

У лугах, нейтральних розчинниках

У лугах і воді

**Під якою рослинною формацією утворюється саме найбільше біомаси:**

Лісовою

Пустельною

Трав'янистою

Болотною

**Сукупність явищ перетворення рослинних решток у гумусові кислоти називається:**

Гуміфікацією

Мінералізацією

Окисленням

Денітрифікацією

**Продукт гуміфікації, який являє собою гетерогенну полідисперсну систему високомолекулярних азотовмісних сполук кислотної природи:**

Гумус

Гумусові речовини

Проміжні продукти розкладу сполук

Гумінові кислоти

**Джерелом для утворення гумусу служать:**

Органічні залишки вищих рослин, мікроорганізмів і тварин

Органічні кислоти

Побутові відходи

Гній ВРХ

**Назвіть тип гумусу чорноземів типових:**

Фульватний

Гуматний

Фульватно-гуматний

Кислотний

**Яким є рН при лужній реакції середовища:**

3,0

8,5

4,0-4,5

<6

**Що вважається хімічною меліорацією кислих ґрунтів:**

Гіпсування.

Осушення

Вапнування

Удобрення

**Яким є рН при дуже сильнокислій реакції середовища:**

5,1-5,5

3,0-4,0

6,1-6,5

> 7

**Вапнування – це процес нейтралізації :**

Кислотності  
Лужності  
Еродованості  
Кислотність і лужність  
**Гіпсування - це процес нейтралізації:**

Кислотності  
Лужності  
Заболочення  
Еродованості  
**Чому дорівнює рН при нейтральній реакції середовища:**

4,0-5,1  
11,0-13,2  
6,1-7,1  
<8

**Яка реакція ґрунтового розчину характерна для чорноземних ґрунтів:**

Кисла  
Лужна  
Нейтральна  
Слабокисла

**Чому дорівнює рН при слабо кислій реакції середовища:**

>10  
5,1-5,5  
4,1-5,0  
3-5

**Які мінерали можна використовувати для гіпсування ґрунтів:**

Галій  
Кальцит  
Гіпс  
Слюди

**Кислотність ґрунту для більшості рослин є:**

Шкідливою  
Не впливає на їх розвиток  
Позитивною  
Рослини не реагують на кислотність

**Що називається вбирним ґрунтовим комплексом:**

наявність у ґрунті органічних колоїдів  
сумарна кількість колоїдів у ґрунті, здатних до вбирання  
наявність у ґрунті колоїднодисперсних глинистих мінералів  
наявність мікроорганізмів

**Який колір характерний для гумусових горизонтів ґрунту:**

Жовтий  
Бурий  
Сірий, темно – сірий  
Правильна відповідь відсутня

**Чим зумовлений бурий колір ілювіальних горизонтів:**

SiO<sub>2</sub>  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
Гумусом  
MnO

**Які ґрунти за гранулометричним складом найкраще пропускають вологу:**

Важкоглинисті  
Середньоглинисті  
Піщані  
Глинисті

**Що в ґрунтах є біологічним новоутворенням:**

Вміст карбонатів  
Наявність ходів черв'яків, кротів  
Залишки битої цегли  
Кістки тварин

**Чим у ґрунтах зумовлений білий і білястий колір:**

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
Гумусом  
SiO<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

**Чим в ґрунтах зумовлений темно-сірий колір:**

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
Вмістом гумусу  
SiO<sub>2</sub>

**За В.Докучаєвим є такі фактори ґрунтоутворення:**

Клімат, рельєф, ґрунтовірні породи, живі організми, вік ґрунту

Клімат, рельєф, кислотність, сонячна радіація

Клімат, рельєф, гірські породи, людина

Час, порода, клімат

**До морфологічних ознак ґрунту належать:**

Забарвлення  
Кислотність

Щільність твердої фази  
Вміст гумусу  
**Новоутворення – це речовини, які...:**

Формуються та відкладаються в профілі внаслідок ґрунтоутворного процесу

Не пов'язані з процесом ґрунтоутворення

Внесла у ґрунт людина

Рештки тварин

**Вода разом з розчинними в ній речовинами :**

Ґрунтовий розчин

Ґрунтовий поглинальний комплекс

Вільна вода

Повітряний режим

**Капілярна вода - це ...**

Доступна вода

Хімічно-зв'язана вода

Фізично-зв'язана вода

Гігроскопічна

**Внаслідок якого процесу ґрунтоутворення утворилися бурі лісові ґрунти:**

Підзолистого

Дернового

Буроземного

Болотного

**В якій зоні західних областей України є чорноземи типові:**

Полісся

Лісостепу

Передкарпаття

Карпатах

**Який процес ґрунтоутворення переважає при утворенні темно-сірих опідзолених ґрунтів:**

Підзолистий

Дерновий

Глейовий

Кріогенний

**Чим визначається колір гумусового горизонту чорноземів:**

Вмістом гумусу

Переважаанням гумінових кислот над фульвокислотами

Вмістом кремнекислоти

Наявністю включень

**Який тип гумусу чорноземів типових:**

Фульватний

Гуматний

Фульватно-гуматний

Змінний

**Якою реакцією розчину характеризуються чорноземи:**

Кисла

Нейтральна

Лужна

Сильнокисла

**Під якою рослинною формацією формуються чорноземи звичайні:**

Дерев'янистою

Лучною

Трав'янистою

Болотною

**У якому генетичному горизонті сірих лісових ґрунтів найбільший вміст гумусу:**

I

NE

E

Pi

**Внаслідок якого процесу ґрунтоутворення утворилися чорноземні ґрунти:**

Болотним

Підзолистим

Дерновим

Алювіальним

**Як змінюється товщина гумусових горизонтів у чорноземних ґрунтах із заходу на схід:**

Не змінюється

Повільно знижується

Зменшується

Збільшується

**Який колір має елювіальний горизонт:**

Білястий

Білувато-жовтий

Коричнево-сірий

Світло-сірий

**Який колір має ілювіальний горизонт:**

Темно-буро червоний

Чорний

Брудно-палевий

Сірий  
**Якому ґрунту належить така Н,  
Т<sub>1</sub>, Т<sub>2</sub>, Т<sub>3</sub> ... Т<sub>n</sub>, Pgl будова профілю:**

Торфовому  
Дерновому  
Дерново-підзолистому  
Лучно-болотному

**Болотні ґрунти сформувались:**  
в умовах надлишкового зволоження  
під специфічною рослинністю  
в умовах надлишкового зволоження  
під лісовою рослинністю  
в умовах помірно-континентального  
клімату  
в умовах періодичного  
перезволоження нижньої частини  
профілю

**Що означає "зольність торфу":**  
Це відсотковий вміст у ньому  
зольних елементів  
Це вміст в торфовому шарі золи  
Це наявність в торфі азоту та інших  
елементів

Правильна відповідь відсутня  
**Під якою рослинністю проходить  
підзолистий процес:**  
Під хвойною  
Під трав'янистою  
Під широколистяним лісом  
Болотною

**Як з глибиною змінюється  
щільність ґрунту:**  
Зменшується  
Не змінюється  
Збільшується  
Правильна відповідь відсутня

**Що Ви розумієте під структурою  
ґрунту:**  
Сукупність агрегатів певної  
величини

Наявність піщаних частинок  
Наявність колоїдів  
Кількість гумусу

**Суть підзолистого процесу  
ґрунтоутворення:**  
Цей процес призводить до  
збіднення ґрунту на поживні речовини  
Це процес гумусонагромадження  
Це процес утворення водостійкої  
структури

Кислотний гідроліз мінералів  
**Які умови проходження  
підзолистого процесу:**

Промивний тип водного режиму,  
кисла материнська порода і хвойна  
рослинність

Трав'яниста рослинність  
Промивний тип водного режиму і  
низькі температури

Близьке залягання ґрунтових вод

**Які є типи гумусу:**  
Гуматний, гуматно-фульватний,  
фульватно-гуматний і фульватний  
Фульватний і фульватно-гуматний  
Гуматний і гуматно-фульватний  
Гуматний і фульватний

**Які процеси визначають чітку  
диференціальний профілю  
підзолистих ґрунтів:**

Підзолистий  
Гумусово-акумулятивний  
Мінералізація  
Дерновий

**Які органічні кислоти  
переважають в опідзолених ґрунтах:**

Фульвокислоти  
Гумінові кислоти  
Гуміни  
Гумати

**Якою реакцією розчину  
характеризуються підзолисті ґрунти:**

Сильно-кислою  
Нейтральною  
Слабо кислою  
Лужою

**До яких ґрунтів належать  
болотні:**

Інтразональних  
Зональних  
Міжзональних  
Азональних

**До яких ґрунтів належать  
дернові:**

Зональних  
Інтразональних  
Азональних  
Техногенних

**Які ґрунти належать до  
інтразональних:**  
Болотні

Сірі лісові  
Буроземи  
Чорноземи  
**Під якою рослинною формацією формуються дернові ґрунти**  
Лучною трав'янистою  
Степовою трав'янистою  
Лісовою  
Болотно-лучною  
**Будова профілю болотних ґрунтів:**  
T1, T2, T3, Pgl  
H0, E, I, P  
H0, HPk, Pk  
Правильна відповідь відсутня  
**Які гумусові кислоти відіграють основну роль в підзолистому процесі ґрунтоутворення:**  
Фульвокислоти  
Гумінові кислоти  
Гуміни  
Дендрит  
**Які основні групи органічних кислот переважають у буроземах:**  
Гумінові  
Фульвокислоти  
Гуміни  
Органічні  
**Алювіальними називаються породи, які утворились:**  
На схилах  
На вододільних плато  
В заплавах рік  
На місці льодовиків  
**Якою реакцією розчину характеризуються буроземи:**  
Кислою  
Нейтральною  
Лужною  
Слабокислою  
**На яких материнських породах формуються ґрунти в річкових заплавах:**  
Алювіальних  
На лесах  
Водно-льодовикових  
Елювіальних  
**Типи ґрунтів, що поширені на території буроземно-лісової області Карпат:**

Буроземи кислі  
Чорноземи звичайні глибокі  
Дерново-карбонатні гірсько-лісостепові  
Сірі гірсько-лісостепові  
**Ґрунти, які виявляють значний опір під час обробітку, глинисті або суглинкові за гранулометричним складом, називаються:**  
легкими  
важкими  
теплыми  
сухими  
**Ґрунти, які виявляють слабкий опір засобам обробітку (піщані, супіщані), називаються:**  
легкими  
важкими  
вологими  
сухими  
**Пухка, пилувата, карбонатна суглинкова ґрунтоутворна порода палевого кольору називається:**  
елювієм  
лесом  
мореною  
алювієм  
**Породи, які утворилися в результаті дії льодовиків, називаються:**  
елювієм  
лесом  
мореною  
алювієм  
**Найбільше у складі гумусу з хімічної точки зору:**  
кальцію  
вуглецю  
кисню  
водню  
**Найвищим умістом гумусу характеризуються ґрунти:**  
дерново-підзолисті  
сірі лісові  
чорноземи  
підзоли  
**Способи внесення вапнякових добрив:**  
Локально  
Поверхово врозкид

Восени під оранку  
У підживлення  
**Дайте визначення терміну**  
**грунтознавство – це наука:**

мантію землі  
підземні води  
грунт, його утворення (генезис),  
будову, склад, властивості  
літосферу

**Грунтознавство як наука**  
**характеризується:**

наука про грунт, його утворення  
(генезис), будову, склад, властивості  
наука про мантію землі  
наука про підземні води ґрунту  
наука про охорону і раціональне  
використання ґрунтів

**Дайте визначення терміну ґрунт –**  
**це:**

самостійне природно-історичне,  
орґано-мінеральне тіло, яке виникло  
внаслідок дії живих і мертвих організмів і  
природних вод на поверхневі горизонти  
гірських порід під впливом кліматичних  
факторів, рельєфу і гравітаційного поля  
Землі

механічна структура на якій  
вирощують рослини  
механічна структура в якій живуть  
живі організми  
немає вірної відповіді

**Вкажіть з чого починається**  
**ґрунтоутворення:**

з початку опадів  
поселення живих організмів на  
пухкій вивітреній породі  
подачі сонячної енергії на землю  
немає вірної відповіді

**Дайте визначення вивітрювання**  
**– це:**

з початку опадів  
поселення живих організмів на  
пухкій вивітреній породі  
подачі сонячної енергії на землю  
немає вірної відповіді

**Під фізичним вивітрюванням**  
**розуміють:**

механічне подрібнення гірських  
порід і мінералів без зміни їх хімічного  
складу

процес хімічного руйнування  
гірських порід і мінералів

механічне руйнування і зміна  
хімічного складу гірських порід під  
впливом живих організмів та продуктів їх  
життєдіяльності

немає вірної відповіді

**Під хімічним вивітрюванням**  
**розуміють:**

механічне подрібнення гірських  
порід і мінералів без зміни їх хімічного  
складу

процес хімічного руйнування  
гірських порід і мінералів

механічне руйнування і зміна  
хімічного складу гірських порід під  
впливом живих організмів та продуктів їх  
життєдіяльності

немає вірної відповіді

**Під біологічним вивітрюванням**  
**розуміють:**

механічне подрібнення гірських  
порід і мінералів без зміни їх хімічного  
складу

процес хімічного руйнування  
гірських порід і мінералів

механічне руйнування і зміна  
хімічного складу гірських порід під  
впливом живих організмів та продуктів їх  
життєдіяльності

немає вірної відповіді

**Дайте визначення**  
**теплопровідність ґрунту – це:**

здатність ґрунтової маси проводити  
тепло

кількість тепла, потрібного для  
нагрівання 1 г ґрунту

здатність ґрунту поглинати  
(відбивати) променеву енергію  
Сонця

немає вірної відповіді

**Дайте визначення усадку ґрунту –**  
**це:**

збільшення об'єму ґрунту в разі  
його висихання

зменшення об'єму ґрунту в разі  
його висихання

зростання об'єму ґрунту в разі його  
зволоження

збільшення щільності ґрунту



**Як називають речовини або елементи, які потрібні для живлення рослин:**

поживні речовини  
важкі метали  
антибіотики  
інгібітори

**Організми, для життєдіяльності яких необхідна присутність вільного молекулярного кисню, називають:**

анаероби  
аероби  
ксерофіти  
солероси

**Як називається ґрунтове повітря, яке розчинене у ґрунтовому розчині:**

адсорбоване  
защемлене  
розчинене  
вільне

**В некапілярних порах ґрунту знаходяться:**

повітря  
вода  
поживні речовини  
всі відповіді вірні

**В капілярних порах ґрунту знаходиться:**

повітря  
вільна вода  
поживні речовини  
всі відповіді вірні

**Що розуміють під гуміфікацією:**

розклад мінеральних речовин  
процес розкладу органічних сполук  
процес розкладу органічних і мінеральних речовин  
всі відповіді вірні

**Термін „ґрунтовий вбирний комплекс” був запропонований вченим:**

В. В. Докучаєв  
К. К. Гедройц  
Лібих

всі відповіді вірні

**Зовнішні ознаки ґрунту називають:**

морфологічні  
візуальні  
генетичні

всі відповіді вірні

**Окисні сполуки заліза, який зумовлюють колір генетичних горизонтів:**

білий  
червоний і жовтий  
чорний і коричневий  
сірий

**До складу включень органічного походження входять:**

уламки гірських порід  
уламки первинних мінералів  
залишки рослин і тварин  
нема вірної відповіді

**Назвіть ґрунтові режими:**

мінеральний, водний, повітряний  
тепловий, водний і повітряно-окиснювальний  
окислювальний, тепловий, мінеральний

мінеральний, поживний, тепловий

**Назвіть фізичні показники ґрунту:**

липкість ґрунту, зв'язність ґрунту  
усадка ґрунту, набрякання ґрунту  
щільність ґрунту, щільність твердої фази ґрунту

твердість ґрунту, вологість ґрунту

**Вкажіть, із збільшенням набрякання, що відбувається з усадкою ґрунту:**

зменшується  
збільшується  
залишається незмінною  
всі відповіді вірні

**Назвіть фізико-механічні властивості ґрунту:**

структурність ґрунту, вміст гумусу  
гранулометричний і механічний склад

липкість ґрунту, зв'язність ґрунту  
твердість ґрунту, вологість ґрунту

**Як називається негативне явище, яке притаманне на поверхні безструктурних і глинистих ґрунтів після рясного зволоження їх поверхні і подальшого швидкого висихання:**

плужна підшошва  
кіркоутворення  
замулювання

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Авдонин, Н.С. Свойства почв и урожай. М., Колос. 1965. 215 с.
2. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів: монографія / В.П. Патики, Н.А. Макаренко, І.І. Малярчук та ін.; під. ред. В. П. Патики. К.: Основа. 2005. 300 с.
3. Агрохимическая характеристика почв СССР. Кн.1-14. М.: Наука. 1974. 479 с.
4. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур / В.В. Медведев, С.Ю. Булигин, В.Г. Деревянко и др.; под ред. В.В. Медведева. К.: Аграрная наука. 1997. 163 с.
5. Акулов П. Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность чернозёмов. М.: Колос. 1992. 223 с.
6. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука. 1988. 288 с.
7. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в агроландшафте. СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН. 2008. 216 с.
8. Алексеев О.О., Патики В. П. Вплив біопрепаратів на мікробіом ґрунту ризосфери *glycine max* (L.) Merr. " Science and world. 2016. № 12 (40). Vol. II. С. 54-58.
9. Алиев С. А. Условия накопления и природа органического вещества почв. Баку: Изд-во АН Азербайджанской ССР. 1966. 279 с.
10. Андрущенко Г. О. Ґрунти західних областей УРСР. Львів-Дубляни: Вільна Україна. 1970. 114 с.
11. Анненков, Б.Н. Основы сельскохозяйственной радиобиологии. М.: Агропромиздат. 1991. 287 с.
12. Антонов В.С. Короткий курс загальної метеорології: Навчальний посібник. Чернівці: Рута. 2004. 336 с.
13. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ. 1970. 388 с.
14. Атлас почв Украинской ССР. Под ред. Н.К. Крупского, Н.И. Полулана. К.: Урожай. 1979. 124 с.
15. Афанасьева Е. А. Черноземы Средне-Русской возвышенности. М.: Наука. 1986. 294 с.
16. Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. М.: Изд-во МГУ. 1989. 336 с.
17. База данных «Свойства почв Украины». Структура и порядок использования /Т.Н. Лактионова, В.В. Медведев, К.В. Савченко и др. [2-е. изд.]. Х.: ЦТ № 1. 2012. 150 с.
18. Барвінченко В. І. Ґрунтові умови родючості. Вінниця. ТОВ «Нілан-ЛТД». 2017. 147 с.
19. Бахмутов, В.Г. Палеовековые геомагнитные вариации. Наук. Думка. Киев. 2006. 298 с.
20. Бахтин П.У. Исследование физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР. М.: Колос. 1969. 272 с.

21. Бацула О.О. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу у ґрунті. К.: Урожай. 1987. 128 с.
22. Безуглова О.С., Олов Д.С. Биогеохимия. Учебник для студентов высших учебных заведений Ростов-на-Дону: Феникс. 2000. 320 с.
23. Белобров В.П., Замотаев И.В., Овечкин С.В. География почв с основами почвоведения. Издательский центр Академия. 2004. 363 с.
24. Блэк К.А. Растение и почва / Пер. с англ. канд. с.-х. наук Э.И. Шконде / Под ред. д-ра биол. наук Т.А. Работнова. М.: Колос. 1973. 503 с.
25. Бонітування ґрунтів України. У 2-х кн. Кн. 1.: Шкали бонітування ґрунтів орних земель України. К.: Ін-т землеустрою УААН. 1993. 258 с.
26. Борисюк Д. В., Твердохліб І. В., Захарчук С. А., Петрович Є. В. Перспективи розвитку машин для обробітку ґрунту. Техніка, енергетика, транспорт АПК. № 2(90). 2015. С. 5-9.
27. Броннікова Л.Ф. Формування азотного поживного режиму ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно. Сільське господарство та лісівництво. 2018. № 8. С. 53-61.
28. Броннікова Л.Ф. Роль рівня родючості ґрунтів у формуванні урожайності на прикладі кукурудзи на зерно. Сільське господарство та лісівництво. 2017. № 7 (Т. 1). С. 105-112.
29. Броннікова Л.Ф. Структура рельєфу ґрунтового покриву Вінниччини як чинник інтенсивності ерозійних процесів. Сільське господарство та лісівництво. 2017. № 6 (Т. 2). С. 174-181.
30. Броннікова Л.Ф. Зміна кислотності темно-сірих лісових ґрунтів за різних технологічних чинників їх використання. Сільське господарство та лісівництво. 2016. № 4. С. 26-33.
31. Будыко М. И.. Избранные работы. Санкт-Петербург: ООО «Америт»: Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова. 2020. 206 с.
32. Булигін С.Ю. Оцінка і прогноз якості земель / Булигін С.Ю., Барвінський А.В., Ачасова А.О. Харків: Харківський національний аграрний університет, 2006. 262 с.
33. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат. 1986. 416 с.
34. Ваксман С.А. Гумус. Происхождение, химический состав и значение его в природе. М.: Сельхозгиз. 1974. 471 с.
35. Вальков В.Ф. Почвообразование на известняках и мергелях / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, М.А. Кутровский. Ростов-на-Дону: ЗАО «Ростиздат». 2007. 198 с.
36. Вальков В. Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Очерки о плодородии почв. Ростов-на-Дону: Издательство СКНЦ ВШ. 2001. 240 с.
37. Вальнов В.П. Почвенная экология сельскохозяйственных растений. М.: АПИ. 1986. 435 с.
38. Вдовиченко І. П., Забарна Т. А. Формування фізико-механічних властивостей сірого лісового ґрунту залежно від вирощуваної

культури. Корми і кормовиробництво : міжвід. темат. наук. зб. 2018. Вип. 85. С. 101-107.

39. Векірчик К.М. Практикум з мікробіології: Навч. посібник. К.: Либідь. 2001. 144 с.
40. Веремеєнко С. І. Еволюція та управління продуктивністю ґрунтів Полісся : монографія. Луцьк : Надстир'я. 1997. 312 с.
41. Вернадский В. И. Очерки геохимии. М.: Мысль. 1983. 420 с.
42. Вершигора А.Ю., Бранцевич Л.Г., Василевская И.А. и др. Общая микробиология. К.: Вища шк. Головное изд-во. 1988. 342 с.
43. Вершинин П.В. Почвенная структура и условия ее формирования. М., Л.: Изд-во АН СССР. 1958. 188 с.
44. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України: навчальний посібник / М.І. Полупан, В.Б. Соловей, В.І. Кисіль, В.А. Величко. К.: Колообіг. 2005. 304 с.
45. Вильямс В.Р. Почвоведение. Общее земледелие с основами почвоведения / В.Р. Вильямс. Из-е 3-е. М.:Огизсельхозгиз. 1936. 408 с.
46. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Москва: АН СССР. 1957. 238 с.
47. Войнова-Райкова Ж., Ранков В., Ампова Г. Микроорганизмы и плодородие. М.: Агропромиздат. 1986. 120 с.
48. Волобуев В.Р. Экология почв (очерки). Баку. Изд-во акад. наук АзССР, 1963. 320 с.
49. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. Москва. МГУ, 1998, 272 с.
50. Воронин А.Д. Основы физики почв. М.: Изд-во МГУ. 1986. 246 с.
51. Воронин А. Д. Структурно-функциональная гидрофизика почв. М. : Изд-во Моск. ун-та. 1984. 204 с.
52. Врадій О. І. Застосування біологічних препаратів на посівах багаторічних бобових трав як засіб забезпечення ґрунтів атмосферним азотом. Сільське господарство та лісівництво. 2017. № 6 (Том 1). С. 147-154.
53. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп / Справ. изд. Л.: Химия. 1988. 512 с.
54. Гамаюнов В. Є. Тлумачний словник з ґрунтознавства / В. Є. Гамаюнов, А. І. Гринь. Херсон: Колос. 2001. 83 с.
55. Ганжара Н.Ф. Практикум по почвоведению / Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, Р.Ф. Байбеков. М.: Агроконсалт. 2002. 208 с.
56. Гедройц К.К. Избранные сочинения. Т. 1-3. Москва: Сельхозгиз. 1955. 600 с.
57. Геннадиев А. Н. География почв с основами почвоведения / А.Н. Геннадиев, М. А. Глазовская. М.: Высш. шк., 2005. 461 с.
58. Генкель Л.А. Микробиология с основами вирусологии. М.: Просвещение. 1974. 270 с.
59. Герасимов И.П., Глазовская М.А. Основы почвоведения и география почв. М.: Географгиз. 1960. 492 с.

60. Гинзбург, К.Е. Фосфор основных типов почв СССР. М.: Наука. 1980. 244 с.
61. Глазовский Н.Ф. Почвы, биогеохимические циклы и биосфера. Развитие идей Виктора Абрамовича Ковды. К 100-летию со дня рождения. Товарищество научных изданий КМК. 2004. 426 с.
62. Глазовская М. А., Геннадиев А.Н. География почв с основами почвоведения. Изд-во МГУ. 1995. 400 с.
63. Годельман Я.М. Неоднородность почвенного покрова и использование земель. М.: Наука. 1981. 200 с.
64. Гончарук Г. С., Бронникова Л. Ф. Чинник агрохімічних властивостей ґрунту у вирощуванні енергетичних культур. Сільське господарство та лісівництво: зб. наук. пр. ВНАУ. 2019. № 14. С. 141-151.
65. Горбатов В.С., Обухов А.И. Динамика трансформации малорастворимых соединений цинка, свинца и кадмия в почвах. Почвоведение. 1989. № 6. С. 129-133.
66. Горбунов Н.И. Минералогия и коллоидная химия почв. М.: «Наука», 1974. 313 с.
67. Гороя А. И., Орлов Д.С., Щербенко О.В. Гуминовые вещества. Киев: Наукова Думка, 1995. 303 с.
68. Госпадаренко Г.М. Агрохімія. К.: ННЦ «ІАЕ», 2010. 400 с.
69. Госпадаренко Г.М. Система застосування добрив. К.: ННЦ «ІАЕ». 2015 332 с.
70. Гришина Л. А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. М.: Изд-во МГУ. 1986. 243 с.
71. Гришко В.М. Важкі метали: надходження у ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека /В.М. Гришко, Д.В. Сачиков, Піскова О.М. та ін. Донецьк: «Донбас». 2012. 304 с.
72. Гудзь В. П., Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії : підручник / В. П. Гудзь, А. П. Лісовал, В. О. Андрієнко, М. Ф. Рибак ; [за ред. В. П. Гудзя]. 2-ге вид., переробл. та доповн. К. : Центр учб. л.-ри. 2007. 408 с.
73. Гусев М.В., Минова Л. А. Микробиология. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1992. 448 с.
74. Гуцол Г. В. Оцінка інтенсивності накопичення радіонуклідів у білковій продукції бджільництва за вапнування ґрунтів. Технологія виробництва і переробки і продукції тваринництва : зб. наук. пр. Біла Церква, ВНАУ. 2018. № 2 (145). С. 72-77.
75. Гуцол Г. В. Дослідження інтенсивності забруднення ґрунтів сільськогосподарського призначення важкими металами в НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету. Сільське господарство та лісівництво: зб. наук. пр. ВНАУ. 2019. № 13. С. 45-53.
76. Ґрунти. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості і: ДСТУ 3866-99. [Чинний від 2000-01-01]. К.: Держспоживстандарт України. 1999. 25 с. (Національний стандарт України).

77. Грунтознавство в Україні: історія та сучасність: монографія / Д.Г. Тихоненко, В.А. Вергунов, М.О. Горін, Н.М. Новосад; за ред. Д.Г. Тихоненка з передмовою. Харків: Майдан. 2016. 408 с.
78. Грунтознавство с основами геології: підручник / І.І. Назаренко, С.М. Польшина, Ю.М. Дмитрук [та ін.]. Чернівці: Книги-XXI. 2006. 504 с.
79. Грунтознавство з основами геології: навчальний посібник / О.Ф. Гнатенко, М. В.Капштик, Л. Р.Петренко, С. В. Вітвицький К.: Оранта, 2005. 648 с.
80. Грунтознавство: підруч. для підготовки бакалаврів в агр. вищ. навч. закл. II-IV рівнів акредитації з напрямку «Агрономія» / Д. Г. Тихоненко, М. О. Горін, М. І. Лактіонов [та ін.]; ред.: Д. Г. Тихоненко. К.: Вищ. Освіта. 2005. 703 с.
81. Грунтознавство з основами геології [основний курс] / Топольний Ф. П., Петриченко В. Ф., Яворов В. М. Кам'янець-Подільський: Абетка. 2000. 116 с.
82. Грунтовий покрив Вінниччини: генезис, склад, властивості та напрямки ефективного використання: монографія / Я.Г. Цицюра, Л.Ф. Броннікова, Л.В. Пелех. Вінниця: ТОВ «Нілан ЛТД». 2018. 452 с.
83. Дегтярьов В. В. Гумус чорноземів Лісостепу і Степу України: монографія / В. В. Дегтярьов; за ред. д-ра. с.-г. наук, проф. Д. Г. Тихоненка. Х.: Майдан. 2011. 360 с.
84. Дергачева М. И. Органическое вещество почв: Статистика и динамика. Новосибирск: Наука. 1984. 174 с.
85. Димо В.Н., Роде А.А. Тепловой и водный режим почв СССР: К 9 Международному конгрессу почвоведов / Под ред. А.А. Роде. М.: Наука. 1968. 143 с.
86. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. Учение об экологических функциях почв: учебник. М.: МГУ. 2006. 364 с.
87. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения. М.: ВЛАДОС. 1999. 384 с.
88. Довідник з агрохімічного та агроекологічного стану ґрунтів України / [за ред. Б. С. Носка, Б. С. Прістера, М. В. Лободи]. К.: Урожай. 1994. 333 с.
89. Докучаев В. В. Русский чернозем. М.: Сельхозиздат. 1948. Т. 1. 480 с.
90. Докучаев В. В. Русский чернозем: Отчет Вольн. экон. о-ва СПб., 1883; 2-е изд. М.: Сельхозиздат. 1952. 376 с.
91. Долгов С.И. Исследование подвижности почвенной влаги и её доступности для растений. (ред. Прасолов Л.И. (отв.)) Издательство: АН СССР. 1948. 210 с.
92. Долгов, С. И. О критериях оптимального сложения пахотного слоя почвы. Проблемы обработки почвы. София. 1970. 342 с.
93. Дюшофур Ф. Основы почвоведения. Эволюция почв. Издательство: Прогресс. 1970. 617 с.

94. Ершов Ю.И. Органическое вещество биосферы и почвы. Новосибирск: Наука. 2004. 104 с.
95. Жирюхин В. А., Коротков А. И., Шварцев С. Л. Гидрогеохимия. М., 1993 384 с.
96. Забарна Т. А. Вплив сіяних травостоїв конюшини лучної на нагромадження кореневої маси та зміну фізико-хімічних показників родючості ґрунту. Polish journal of science. 2020. № 26. Р. 3-8.
97. Забарна Т. А. Вплив попередників озимої пшениці на формування водно-фізичних властивостей ґрунту. Сільське господарство та лісівництво : зб. наук. пр. ВНАУ. 2019. № 13. С. 25-35.
98. Зайдельман Ф.Р. Эколого-мелиоративное почвоведение гумидных ландшафтов. М.: Агропромиздат. 1991. 132 с.
99. Зайцева Т.М. Вплив використання ЕМ-препаратів на вміст важких металів у ґрунті. Збалансоване природокористування. 2018. № 1. С. 155-157.
100. Захаров С. А. Курс почвоведения: учебник. М.-Л.: Госиздат. 1927. 438 с
101. Звягинцев Д. Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: учебник. 3-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во МГУ. 2005. 445 с.
102. Зеликов В.Д., Мальцев Г.И. Почвоведение с основами агрохимии: учебник. М.: Агропромиздат. 1986. 238 с.
103. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії / За ред. В.П. Гудзя. К.: Центр учбової літератури. 2007. 408 с.
104. Землеробство та меліорація: підручник / І. І. Назаренко, С. Смага, С. М. Польчина, В. Р. Черлінка. Чернівці: Книги-XXI. 2006. 543 с.
105. Зенова М. Г. Практикум по биологии почв: учеб. пособие / М. Г. Зенова, А. Л. Степанов, А. А. Лихачёва, Н. А. Манучарова. М.: Изд-во МГУ. 2002. 120 с.
106. Иванов В.Д. Оценка почв: учеб. пособ. / В.Д. Иванов, Е.В. Кузнецова. Воронеж: ФГУ ВПО ВГАУ. 2004. 287 с.
107. Иванов И. В. История отечественного почвоведения: Развитие идей, дифференциация, институционализация. Кн. 1: 1870-1947 гг. М.: Наука. 2003. 397 с.
108. Исаев А.А. Экологическая климатология. М.: Научный мир. 2003. 470 с.
109. Иванов Є.А. Радіоекологічні дослідження: навч. посіб. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. 2004. 149 с.
110. Іутинська Г.О. Ґрунтова мікробіологія. К.: Арістей. 2006. 284 с.
111. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях // Пер. с англ. М.: Мир. 1989. 439 с.
112. Казагранд А. Исследование по границам Atterberg почв. Общественные Дороги. 1932. 12 (3): 121-130
113. Казеев К. Ш. Биология почв Юга России / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков Ростов-на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2004. 350 с.

114. Калетнік Г. М. Булгаков., В. М., Гриник І. В. Науково обґрунтовані та практичні підходи використання соломи та рослинних решток у сільському господарстві. Серія: Технічні науки. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету 2011. Випуск № 9. С. 62-68.
115. Канівець В.І. Життя ґрунту. К.: Аграрна наука. 2001. 132 с.
116. Кармазиненко С. П. Мікроморфологічні дослідження викопних і сучасних ґрунтів України: проект «Наукова книга - 2010» (молоді вчені) : монографія. К.: Наук. Думка. 2010. 117 с.
117. Карманов И.И. Плодородие почв СССР (Природные закономерности и количественная оценка). М.: Колос. 1983. 198 с.
118. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. М.: Изд-во ГЕОС. 2005. 336 с.
119. Картографія ґрунтів: підручник / [Д. Г. Тихоненко, В. В. Дегтярьов, М. О. Горін та ін.]. Х.: Майдан. 2014. 351 с.
120. Кауричев И.С., Александрова А.Н., Панов Н.П. и др. Почвоведение. Из-е 3-е. М.: Колос. 1982. 496 с.
121. Качинский Н. А. Структура почвы (итоги и перспективы изучения вопроса). М.: Изд-во МГУ. 1963. 100 с.
122. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М.: Изд-во АН СССР. 1958. 191 с.
123. Качинский Н.А. Физика почвы. в 2-х ч. Ч. 1. М.: Изд-во: Высшая школа. 1965. 323 с.
124. Кирюшин В.И. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивноландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство МСХ РФ, РАСХН / В.И. Кирюшин и др. М., 2005. 784 с.
125. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
126. Климович П. В. Ґрунтознавство і географія ґрунтів. Ч. 1.: Тексти, лекції. Львів: Вид. центр Львів. ун-ту. 2000. 180 с.
127. Клечковський В.М., Петербургський А.В. Агрохимия. Колос. Москва. 1967. 583 с.
128. Ковбаса В. П., Пришляк В. М., Ярощук Р. О. Визначення впливу сільськогосподарської техніки на ґрунт. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2019. № 4 (107). С. 11-19.
129. Ковда В. А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. М.: Наука. 1981. 182 с.
130. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука. 1985. 263 с.
131. Ковда В.А. Основы учений о почве. М.: Наука. 1973. Кн. 1. 447 с.
132. Ковда В. А., Розанов Б. Г. Почвоведение. М.: Высш. шк., 1988. Ч. 2. 368 с.
133. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. М.: Колос. 2008. 439 с.



134. Когут Б.М., Семенов В.М. Почвенное органическое вещество. Москва, ГЕОС. 2015. 233 с.
135. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростиздат. 2006. 385 с.
136. Кононова М. М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР. 1958. 314 с.
137. Кононова М. М. Органическое вещество. М.: Наука. 1963. 314 с.
138. Кононова М. М. Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения. М.: Изд-во АН СССР. 1951. 390 с.
139. Корсак К.В., Плахотнік О.В. Основи сучасної екології: навч. посіб. К.: МАУП. 2004. 340 с.
140. Красєха Є. Н., Позняк С.П., Кіт М.Г. Картографування ґрунтового покриву. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка. 2003. 498 с.
141. Круглов Ю. В. Микрофлора почвы и пестициды. М.: Агропромиздат. 1991. 128 с.
142. Крупеников И. А. История почвоведения (от времени его зарождения до наших дней). М.: Наука. 1981. 327 с.
143. Кузнецова И.В. Физические и водно-физические свойства почв. Издательство: МГУЛ. 2002. 75 с.
144. Кук Дж.У. Регулирование плодородия почвы. М.: Колос. 1970. 520 с.
145. Куртнер Д.А., Чудновский А.Ф. Агрометеорологические основы тепловой мелиорации почв. Л.: Гидрометеиздат. 1979. 230 с.
146. Лабораторний практикум з ґрунтознавства: навч. посіб. / [Д. Г. Тихоненко, В. В. Дегтярьов, Л. Л. Величко та ін.]; за ред. проф. Д. Г. Тихоненка. Вінниця: Нова кн., 2010. 443 с.
147. Лабораторний та польовий практикум з екології / Під. ред. В.П. Замостяна, та Я.П. Дідуха. Київ: Фітосоціоцентр. 2000. 216 с.
148. Лактіонов М. І. Агроґрунтознавство: навч. посіб. Х.: Вид. Шуст А. І., 2001. 345 с.
149. Лактионов Н.И. Органическая часть почвы в агрономическом аспекте: монография. Харьк. гос. аграр. ун-т им. В.В. Докучаева. Харьков. 1998. 122 с.
150. Логоша Р.В., Підвальна О.Г., Кричковський В.Ю. Методологія і методика оцінювання процесів використання та відтворення родючості ґрунту в овочівництві. Бізнес Інформ. 2018. №10. С. 177-187.
151. Лозе Ж., Матье К. Толковый словарь по почвоведению: Пер. с франц. М.: Мир. 1998. 398 с.
152. Лыков А. М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. М.: Россельхозиздат. 1982. 142 с.
153. Лыков А. М. Гумус и плодородие почв. Лыков. М.: Московский рабочий. 1985. 191 с.

154. Мазур В., Цицюра Я., Дідур І., Пелех Л Динамічна оцінка гумусового стану ґрунтів Вінниччини. Вісник Львівського Національного аграрного університету. Серія Агрономія. № 18. 2014 С. 80-86.
155. Мазур В. А., Врадій О. І. Моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами науково-дослідної ділянки в НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету. Сільське господарство та лісівництво. 2019. № 13. С. 16-24.
156. Мазур В.А., Вергеліс В.І. Оцінка придатності ґрунтів НДГ «Агрономічне» для вирощування органічної продукції за вмістом важких металів. Сільське господарство та лісівництво. 2018. № 9. С. 165-177.
157. Малиенко А. М. Обработка почвы. Научные основы устойчивого ведения зернового хозяйства. К.: Урожай. 1989. С. 93-108.
158. Мамонтов В.Г. Общее почвоведение / В.Г. Мамонтов, Н.П. Панов, И.С. Кауричев, Н.Н. Игнатьев. М.: КолосС. 2006. 456 с.
159. Марков М.В. Растительность и почвы / М.В. Марков; под ред. М.А. Винокурова. Казань: КГУ. 1962. 267 с.
160. Масютенко Н. П. Трансформация органического вещества в черноземных почвах ЦЧР и системы его воспроизводства М. Россельхозакадемия. 2012. 151 с.
161. Минеев В.Г., Добрецени Д., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: Колос. 1993. 415 с.
162. Минеев В.Г. Агрохимические и экологические функции калия. М.: Изд-во МГУ. 1999. 332 с.
163. Мишустин Е. Н., Емцев В. Т. Микробиология. М.: Колос. 1970. 344 с.
164. Мишустин Е. Н., Шильникова В. К. Биологическая фиксация атмосферного азота. М.: Наука. 1968. 532 с.
165. Медведев В.В., Плиско И.В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины. Харьков: Изд-во «13 типография». 2006. 385 с.
166. Медведев В.В., Лактионова Т.Н., Донцова Л.В. Водные свойства Украины почв Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур. Харьков: Апостроф. 2011. 224 с.
167. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Харьков: Антика. 2002. 428 с.
168. Медведев В.В. Оптимизация физических свойств черноземов. М.: ВО «Агропромиздат», 1988. 160 с.
169. Медведев В.В., Лындина Т.Е., Лактионова Т.Н. Плотность сложения почв (генетический, экологический и агрономический аспекты). Харьков: Изд-во «13 типография». 2004. 244 с.
170. Медведев В.В., Лактионова Т.Н. Почвенно-технологическое районирование пахотных земель Украины. Харьков: Изд-во «13 типография». 2007. 395 с.
171. Медведев В.В. Неоднородность почв и точное земледелие. Часть 1. Введение в проблему. Харьков: УААН. 2007. 262 с.

172. Медведев В.В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана). Харьков: Изд-во «13 типография». 2008. 406 с.
173. Медведев В.В. Физическая деградация черноземов. Диагностика. Причины. Следствия. Предупреждение. Харьков: Изд-во «Городская типография». 2013. 324 с.
174. Медведев В. В., Лактіонова Т. М. Земельні ресурси України. К.: Аграрна наука. 1998. 148 с.
175. Медведев В. В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. Харьков: Антиква. 2002. 428 с.
176. Медведев В.В. Плотность сложения почв. Харьков. 2004. 243 с.
177. Меньшов О. І. Намагніченість типоморфних ґрунтів України : автореф. дис... канд. геол. наук: 04.00.22 / О. І. Меньшов; Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка. К., 2008. 21 с.
178. Методика бонитировки почв Украины / Л.Я. Новаковський, А.П. Канаш, А.В. Деревіцкий [и др.]. К.: Изд-во Ин-та землеустройства. 1992. 102 с.
179. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / за ред. І.П. Яцука, С.А. Балюка. К., 2013. 104 с.
180. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ Росинформагротех. 2003. 240 с.
181. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО. 1992. 59 с.
182. Мікроорганізми та альтернативне землеробство / В. П. Патики, І. А. Тихонович, І. Д. Філіп'єв та ін. / за ред. В. П. Патики. К.: Урожай. 1993. 176 с.
183. Муравьев А.Г. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство / А.Г. Муравьев, Б.Б. Каррыев, А.Р. Ляндзберг; под ред. А.Г. Муравьева. СПб.: Кримас+. 2008. 216 с.
184. Муха В.Д. Агрочвоведение / В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха / Под ред. В.Д. Мухи. М.: КолосС. 2003. 528 с.
185. Надточій П. П., Вольвач Ф.В. Гермашенко В.Г. Екологія ґрунту та його забруднення. К.: Аграрна наука. 1998. 286 с.
186. Надточій П.П., Мислива Т.М., Вольвач Ф.В. Екологія ґрунту: монографія. Житомир: Рута. 2010. 473 с.
187. Назимко В.В., Костенко В.К., Назимко О.І., Колеснікова В.В. Ґрунтознавство. Навчальний посібник. Донецьк: Донецький національний технічний університет. 2008. 198 с.
188. Наконечний Ю. І. Практикум з ґрунтознавства і географії ґрунтів: навч. посіб. Львів : Вид-во Львів. ун-ту ім. І. Франка. 2013. 373 с.
189. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. К.: ТОВ «ВИК-ПРИНТ». 2010. 111 с.

190. Національний стандарт України. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. К.: Держспоживстандарт України. 2005. 36 с.
191. Нейтрализация загрязнённых почв: монография / Под общ. ред. Ю.А. Можайского. Рязань: Мещерский ф-л ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии. 2008. 528 с.
192. Неуструев С.С. Классификация почвообразовательных процессов. Изд-во Высших геогр. Курсов. 1916 . Ч. 2. 31 с
193. Никитин Б. А. Окультуривание пахотных почв, Нечерноземья и регулирование их плодородие. Л.: Агропромиздат. 1986. 277 с.
194. Никитин Б.А. Плодородие почвы, его виды и методы оценки: Уч. пос. Горький, Из-во Горьк. СХИ. 1981. 84 с.
195. Носко Б. С. Антропогенна еволюція чорноземів. Харків: 13 типографія. 2006. 239 с.
196. Окрушко С.Є. Обґрунтування переходу до органічного землеробства у Вінницькій області. Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. 2015. № 1. С. 93-101.
197. Органическое вещество пахотных почв. Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. М., 1987. 173 с.
198. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ. 1990. 325 с.
199. Орлов Д.С. Химия почв. М.: МГУ. 1985. 376 с.
200. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. Москва, МГУ. 1974. 333 с.
201. Орлов Д.С. Химическое загрязнение почв и их охрана / Д.С. Орлов, М.С. Малинина, Г.В. Мотузова, Л.К. Садовникова, Т.А. Соколова. М.: Агропромиздат. 1991. 303 с.
202. Орлов Д.С. Химия почв: Учебник. М.: Изд-во МГУ. 1992. 400 с.
203. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв. М.: Высш. шк. 2005. 558 с.
204. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука. 1996. 256 с.
205. Орлов Д. С., Лозановская И. Н., Попов П. Д. Органическое вещество почв и органические удобрения. М.: Изд-во МГУ. 1985. 97 с.
206. Орлов Д.С., Гришина В.А. Практикум по химии гумуса: Учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. Ун-та. 1981. 272 с.
207. Основи екології: підруч. / В.Г. Бардов, В.І. Федоренко, Е.М. Білецька [та ін.]; за ред. В.Г. Бардова, В.І. Федоренко. Вінниця: Нова книга. 2013. 424 с.
208. Островная Л.К. Микроэлементы. Поступление, транспорт и физиологические функции в растениях. Киев: Наук. Думка. 1987. 255 с.
209. Остроумов С.А. Введение в биохимическую экологию. М.: Изд-во МГУ. 1986. 176 с.
210. Охорона ґрунтів: підручник для студ. аграрних закладів освіти III-IV рівнів акредитації / М.К. Шикуча, О.Ф. Гнатенко, Л.Р. Петренко, М.В. Капшик. 2-ге вид., випр. К.: Знання. 2004. 399 с.

211. Охорона ґрунтів і відтворення їх родючості: підручник [В. О. Забалуєв, А. Д. Балаєв, О. Г. Тарарико та ін.]. К. 2013. 312 с.
212. Оцінка земель: навч. Посіб / М.Г. Ступень, Р.Й. Гулько, І.Р. Залуцький [та ін.]; за заг. ред. М.Г. Ступеня. Львів: Новий світ-2000. 2006. 308 с.
213. Память почв / [отв. ред. В. О. Таргульян, С. В. Горячкин]. М.: Изд-во ЛКИ. 2008. 692 с.
214. Панас Р. М. Ґрунтознавство: навч. посіб. Львів : Новий світ-2000. 2008. 371 с.
215. Панников В. Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрения и урожай. М.: Колос. 1987. 414 с.
216. Парфенова Е.И., Ярилова Е.А. Минералогические исследования в почвоведении. М.: Изд-во АН СССР. 1962. 205 с.
217. Пискунов А.С. Азот почвы и эффективность азотных удобрений на зерновых культурах в Предуралье. Пермский СХИ. Пермь. 1994. 168 с.
218. Пискунов А.С. Методы агрохимических исследований. М.: КолосС. 2004. 312 с.
219. Підвальна Г.С., Позняк С.П. Гумусовий стан автоморфних ґрунтів Пасмового Побужжя: Монографія. Львів: ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка. 2004. 192 с.
220. Первачук М. В.,Врадій О. І. Симбіотична фіксація азоту та роль мікроорганізмів у ґрунтоутворенні. Сільське господарство та лісівництво : зб. наук. пр. ВНАУ. 2015. № 1 С. 95-106.
221. Перельман А.И. Геохимия ландшафтов. М.: Высшая школа. 1966. 392 с.
222. Пересмотренная Всемирная хартия почв. ФАО, 2015. 8 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.fao.org/3/b-i4965r.pdf>.
223. Позняк С. П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів. Львів: ЛНУ ім. І. Франка. 2010. Ч. 1. 270 с.; Ч. 2. 285 с.
224. Плодородие почв и сельскохозяйственные растения. Экологические аспекты. (ред. Вальков В.Ф.). Издательство: ЮФУ. 2008. 416 с.
225. Позняк С. П., Красеха Є.Н. Чинники ґрунтоутворення. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка. 2007. 400 с.
226. Позняк С. П. Орошаемые черноземы юго-запада Украины. Львов: ВНТЛ. 1997. 240 с.
227. Позняк С. П., Кіт М.Г., Красеха Є.Н. Картографування ґрунтового покриву. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. 2003. 505 с.
228. Полевой определитель почв / Министерствосельского хозяйства СССР и др. ; под ред. Н.И. Полупана [и др.]. К.: Урожай. 1981. 198 с.
229. Полевой определитель почв России. М.:Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. 2008. 182 с.
230. Полупан М.І. Класифікація ґрунтів України / М.І. Полупан, В.Б. Соловей, В.А. Величко; за ред. М.І. Полупана. К.: Аграрна наука. 2005. 300 с.

231. Полупан М.І., Соловей В.Б., Кисіль В.І., Величко В.А. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України. К.: Колобіг. 2005. 304 с.
232. Польшина С. М. Основні типи ґрунтів у системі ФАО/WRB : навч. посіб. Чернівці: Чернівець. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича. 2006. Ч. 1. 151 с.
233. Польшина С. М. Польові дослідження та картування ґрунтів: навч. посіб. для вищ. навч. закл. К.: Кондор. 2009. 220 с.
234. Польшина С. М. Профільно-диференційовані оглеєні ґрунти Передкарпаття: генеза, варіабельність, систематика. Чернівці: Чернівець. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича. 2014. 272 с.
235. Польшина С. М., Нікорич В.А. Світова реферативна база ґрунтових ресурсів 2006: пер. з англ. Рим: ФАО, 2006; Чернівці: Рута. 2007. 200 с.
236. Пономарева В. В. Теория подзолообразовательного процесса. Биохимические аспекты. М. - Л. : Наука. 1964. 349 с.
237. Пономарева В. В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука. 1980. 221 с.
238. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский университет. 2004, 248 с.
239. Почвоведение с основами геологии / А.И. Горбылёва, Д.М. Андреева, В.Б. Воробьев, Е.И. Петровский // Учеб. пособие. Мн: Новое знание. 2002. 480 с.
240. Почвоведение: история, социология, методология / отв. ред. В. Н. Кудеяров, И. В. Иванов. Москва: Наука. 2005. 422 с.
241. Почвоведение: [учеб. и учеб. пособия для студ. высш. уч. завед.] / Под ред. И.С. Кауричева. [4-е изд. перераб., доп]. М.: Агропромиздат. 1989. 287 с.
242. Почвы Украины и повышение их плодородия. Экология, режимы и процессы, классификация и генетико-производственные аспекты / [под ред. Н.И. Полупана]. К.: Урожай. 1988. Т. 1. 296 с.
243. Почвы Украины и повышение их плодородия. Продуктивность почв, пути ее повышения, мелиорация, защита почв от эрозии и управление плодородием / [под ред. Б.Н. Носко, В.В. Медведева, Р.С. Трускавецкого, Г.Я. Чесняка]. К.: Урожай. 1988. Т. 2. 176 с.
244. Практикум з ґрунтознавства: навчальний посібник / за ред. Д.Г. Тихоненка, В.В. Дегтярьова. [6-е вид., перероб. і доп.]. Х.: Майдан. 2009. 448 с.
245. Проект Постанови Кабінету Міністрів України "Про нормативи якісного стану ґрунтів". Режим доступу: <http://minagro.gov.ua/node/22918>.
246. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. М., 2000. 182 с.
247. Протасова Н.А., Щербаков А.П., Копаева М.Т. Микроэлементы: биологическая роль, распределение в почвах, влияние на распространение заболеваний человека и животных. Воронеж: Изд-во ВГУ. 1998. 168 с.

248. Пчелкин В.И. Почвенный калий и калийные удобрения. М.: Колос. 1966. 354 с.
249. Разанов С. Ф., Разанова А. М., Овчарук В. В. Сільське господарство та лісівництво : зб. наук. пр. ВНАУ. 2019. № 14. С. 196-205.
250. Разанов С. Ф., Дідур І. М., Первачук М. В. Ефективність зниження забруднення ґрунтів свинцем і кадмієм за бджолозапилення сільськогосподарських культур в умовах їх мінерального підживлення. Сільське господарство та лісівництво : зб. наук. пр. ВНАУ. 2015. № 2. С. 94-101.
251. Разанов С.Ф., Ткачук О.П. Водостійкість ґрунту при вирощуванні бобових багаторічних трав. Наукові горизонти. 2018. № 1 (64). С. 29-33.
252. Разанов С.Ф., Ткачук О.П. Урожайність зеленої маси бобових багаторічних трав, вирощеної на ґрунтах забруднених важкими металами. Корми і кормовиробництво, 2018. Вип. 85. С. 108-112.
253. Разанов С.Ф., Швець В.В., Марчак Т.В. Вплив вапнування ґрунтів на концентрацію Zn і Cu у бджололиному обніжжі і перзі. Сільське господарство та лісівництво : зб. наук. пр. ВНАУ. 2013. 1(71). С. 84-93.
254. Разанов С.Ф., Швець В.В. Вплив органічних і мінеральних добрив та рівня зволоження ґрунтів на концентрацію свинцю у квітковому пилку. "Агроекологічний журнал", №4. 2012. С. 21-31.
255. Ревут И. Б. Физика почв. Изд. 2-е доп. и перераб. Л.: Колос. 1972. 112 с.
256. Рекомендации по ведению сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС. М., 1991. 115 с.
257. Решетников М.В. Магнитная индикация почв городских территорий (на примере г. Саратова). Монография. Саратов: Сарат. гос. тех. ун-т. 2011. 152 с.
258. Роде А.А. Водный режим почв и его регулирование. М.: Изд-во АН СССР. 1963. 119 с.
259. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге: В 2 т.: Т. 1. Водные свойства почв и передвижение почвенной влаги. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 664 с.
260. Роде А.А. Вопросы генезиса и плодородия почв. М.: Наука. 1966. 288 с.
261. Роде А.А. Методическое руководство по изучению почвенной структуры. Л.: Колос. 1969. 527 с.
262. Роде А.А. Водный и температурный режим почв. М.: Наука. 1973. 195 с.
263. Роде А.А. Подзолистые почвы Западной Европейской части СССР. М.: Наука. 1977. 288 с.
264. Роде А.А. Вопросы водного режима почв. Л.: Гидрометеиздат. 1978. 213 с.
265. Роде А.А., Скринникова И.Н. Генезис почв и современные процессы почвообразования. М.: Наука. 1984. 254 с.

266. Роде А.А. Избранные труды: В 4 т. / Отв. ред. Г.В. Добровольский. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008-2009: Т. 1. Теоретические проблемы почвоведения и вопросы генезиса почв. 2008. 244 с.; Т. 2. Подзолообразовательный процесс. 2008. 480 с.; Т. 3. Основы учения о почвенной влаге. 2008. 664 с.; Т. 4. Проблемы гидрологии почв. 2009. 598 с.
267. Родючість ґрунтів. Моніторинг та управління / [за ред. В. В. Медведєва]. К.: Урожай. 1992. 344 с.
268. Розанов Б. Г. Морфология почв. М., 1983. 320 с.
269. Розов Л.П. Мелиоративное почвоведение. Издательство: Госсельхозиздат. 1956. 440 с.
270. Роменець А. О. Просторово-часова збуреність геомагнітного поля території України: автореф. дис. ... канд. геол. наук: 04.00.22 / Роменець Андрій Олександрович; НАН України, Ін-т геофізики ім. С. І. Субботіна. Київ. 2016. 19 с.
271. Саблина О. А. Экология гумусообразования степных почв Зауралья: Диссертация на соискание ученой степени к.б.н. Оренбург: ОГУ. 2011. 185 с.
272. Саввинов Н. И. Структура почвы и ее прочность на целине, перелогe и старопахотных участках. М.: Сельколхозгиз. 1931. 46 с.
273. Садыков Б. Ф. Биологическая азотфиксация в агроценозах. Уфа, 1989. 109 с.
274. Самойлова Е. М., Сизов А. П., Яковченко В. П. Органическое вещество почв чернозёмной зоны. К.: Наук. Думка. 1990. 120 с.
275. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування. Львів: "Новий світ". 2003. 248 с.
276. Світличний О.О., Чорний С.Г. Основы эрозиезнавства: підруч. для студ. ВНЗ. Суми: Університетська книга. 2007. 265 с.
277. Сибирцев Н.М. Почвоведение. М., 1951. 472 с.
278. Січко Т.В., Гоменюк В.О. Аналіз використання ресурсного потенціалу ґрунтів Вінницької області. Сільське господарство та лісівництво : зб. наук. пр. ВНАУ. 2017. 5. С. 257-265.
279. Серый А.И., Оголепко Н.А. Современные методы бонитировки почв в УССР: обзорная информация. К.: УкрНИИНТИ, 1987. 36 с.
280. Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Смагина М.В., Глаголев М.В., Шевченко Е.М., Хайдапова Д.Д., Губер А.К. Моделирование динамики органического вещества почв. М.: Изд-во Моск. Ун-та. 2001. 120 с.
281. Смагин А.В. Газовая фаза почв. М.: Изд-во Моск. Ун-та. 2005. 301 с.
282. Смільський В. В. Криза механіки агроґрунтів. Серія: Технічні науки/ Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. 2012. Випуск № 11 Том 1 (65). С. 213-217.
283. Соколовский А.Н. Сельскохозяйственное почвоведение. Москва: Гос. изд-во сельскохозяйственной литературы. 336 с.



284. Соколовский А. Н. Из области явлений, связанных с коллоидальной частью почвы. Изв. Петр. с.-х. акад. Вып. 1-4, 1919-1921. М., 1921. 108 с.
285. Соколовский, А. Н. Избранные труды: почвоведение и агрохимия. Киев. 1971. 368 с.
286. Справочник по почвозащитному земледелию / И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевская, В.М. Москаленко [и др.]; под ред. И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевской. К.: Урожай. 1990. 278 с.
287. Сычев В. Г. Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество почв. М.: ВНИИА. 2010. 352 с.
288. Тарарико О. Г., Лобас М. Г. Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства. К., 1998. 158 с.
289. Тейт Р. Органическое вещество почвы. пер. с англ. М.: Мир. 1991. 400 с.
290. Телекало Н.В., Блах М.В. Біологічний азот, як запорука екологічної безпеки ґрунтів. Збірник наук. пр. ВНАУ (Серія: Сільське господарство та лісівництво). 2017. № 5. С. 155-164.
291. Титлянова А. А. Агроценозы степной зоны / А. А. Титлянова, В. И. Кирюшин, И. П. Охимько. Новосибирск: Наука. 1984. 246 с.
292. Тихоненко Д. Г. Еволюція ґрунтів: цикл лекцій. Х. : ХНАУ. 2011. 73 с.
293. Тихоненко Д.Г. Історичний нарис кафедри ґрунтознавства Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва (1894-2015 рр.). Харків: Майдан. 2015. 60 с.
294. Теорія і практика ґрунтоохоронного моніторингу/ за ред. М.М. Мірошніченка. Харків: ФОП Бровін О.В. 2016. 384 с.
295. Теория и практика химического анализа почв. Под редакцией Л.А. Воробьевой. Москва ГЕОС. 2006, 400 с.
296. Ткачук О. П., Овчарук В. В. Потенціал біомаси побічної продукції рослинництва для удобрення ґрунту/ Scientific achievements of modern society. Abstracts of IX international scientific and practical conference, April 28 – 30, 2020, Liverpool. P. 1069 –1076.
297. Ткачук О.П. Вплив концентрації свинцю на зміну еколого-агрохімічних показників ґрунту. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету (Серія: Сільське господарство та лісівництво). 2016. № 3. С. 217-225.
298. Ткачук О.П. Вплив аміачної селітри на концентрацію важких металів у ґрунті. Збалансоване природокористування. № 2., 2016. С. 162-165.
299. Томчук В. В. Перспективи застосування технології strip-till у контексті зменшення антропогенного навантаження на ґрунт. Slovak international scientific journal. 2020. Т. 1., № 3. С. 11-20.
300. Ткачук О.П. Використання багаторічних бобових трав для зниження вмісту важких металів у ґрунті. Збалансоване природокористування. № 4., 2015. С. 138 – 140.

301. Трусковецький Р.С. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції. Харків: ППВ «Нове слово». 2003. 224 с.
302. Трускавецький Р. С. Торфові ґрунти і торфовища України. Х.: Міськдрук. 2010. 278 с.
303. Тюрин И. В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965. 319 с.
304. Фаріонік Т. В. Ґрунт, як фактор передачі збудників інфекційних захворювань (епідеміологічне значення ґрунту). Аграрна наука та харчові технології. 2017. Вип. 4 (98). С. 247-251.
305. Філон В. І. Діагностика і екологічнобезпечне спрямування трансформації ґрунтів при внесенні добрив: автореф. дис... д-ра с.-г. наук: 06.01.03 /Філон Василь Іванович; Національний науковий центр "Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського". Х., 2009. 31 с.
306. Фридланд В. М. Проблемы географии, генезиса и классификации почв. М.: Наука. 1986. 243 с.
307. Хан Д. В. Органо-минеральные соединения и структура почвы. М.: Наука. 1969. 142 с.
308. Цицюра Я.Г., Броннікова Л.Ф. Моніторинг екологічної стабільності територій за критерієм еколого-стабілізуючих угідь. Агроекологічні, соціальні та економічні аспекти створення й ефективного функціонування екологічно стабільних територій. Колективна монографія За ред. П. В. Писаренка, Т.О. Чайки, О.О. Ласло. Колективна монографія. Полтава: Видавництво "Сімон". 2016. С. 74-86.
309. Цицюра Я. Г. Сучасні проблеми систем землеробства Вінниччини. Вісник Сумського національного аграрного університету. № 3 (27). Суми, 2014. С. 65-70.
310. Цицюра Я.Г. Ідентифікація земельно-ресурсного потенціалу Вінниччини та шляхи його ефективного використання. Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільське господарство та лісівництво. № 4. 2016. С. 6-16.
311. Чернова Н.М., Былова А.М. Общая экология. Издательство: Дрофа. 2004. 416 с.
312. Черноземы СССР . Т.1. М.: Колос. 1974. 600 с.
313. Чорний І.Б. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства: Навч. посібник. К.: Вища школа. 1995. 240 с.
314. Чудновский А.Ф. Теплофизика почв. М.: Наука. 1976. 351 с.
315. Швець В.В. Концентрація Pb і Cd у бджолиному обніжжі та перзі за вапнування кислих ґрунтів медоносних угідь. Агровиробничий журнал. № 1. 2014. С. 25-31.
316. Шеин Е.В. Курс физики почв. М.: Изд-во МГУ. 2005. 432 с.
317. Шеуджен А.Х., Нецадим Н.Н., Онищенко Л.М. Органическое вещество почвы и его экологические функции: учебное пособие. Краснодар, КубГАУ. 2011. 202 с.
318. Шикула Н. К. Повышение эффективности и устойчивости земледелия на Украине и в Молдавии. Киев: Урожай. 1981. 145 с.

319. Шишов Л. Л. Критерии и модели плодородия почв / Л. Л. Шишов, И. И. Карманов, Д. К. Дурманов. М.: Агропромиздат. 1987. 184 с.
320. Щеглов Д. И. Черноземы Центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. М.: Наука. 1999. 214 с.
321. Шкатула Ю. М. Агроекологічне обґрунтування меліоративних заходів щодо покращення стану ґрунтів Калинівського району. Сільське господарство та лісівництво : зб. наук. пр. ВНАУ. 2019. № 14. С. 220-230.
322. Шкатула Ю. М., Лігус Г. М. Оцінка екологічного стану ґрунтів м. Вінниці. Серія: Сільськогосподарські науки. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. 2011. Випуск 9(49). С. 197-210.
323. Якість ґрунтів. Показники родючості: ДСТУ 4362 2004. [Чинний від 2004-09-12]. К.: Держспоживстандарт України. 2004. 20 с. (Національний стандарт України).
324. Якість ґрунту. Паспорт ґрунтів: ДСТУ 4288 2004. [Чинний від 2005-07-01]. К.: Держспоживстандарт України. 2004. 12 с. (Національний стандарт України).
325. Якість ґрунту. Словник термінів. Частина 1. Забруднення та охорона ґрунтів (ISO 11074-1:1996, IDT): ДСТУ ISO 11074-1:2004. [Чинний від 2004-10-05]. К.: Держспоживстандарт України. 2004. 20 с. (Національний стандарт України).
326. Якушова А.Ф., Хаин В.Е., Славин В.И. Общая геология. М.: Изд. МГУ. 1988. 448 с.
327. Яцык А.В. Экологические основы рационального водопользования. К., Тенеза. 1997. 640 с.
328. Яшин И.М., Шишов Л.Л., Раскатов В.А. Методология и опыт изучения миграции веществ. М.: Изд-во МСХА. 2001. 173 с.
329. Bachelier, G. La Vie Animale dans les Sols. O.R.S.T.O.M., Paris. 1963. 279 pp.
330. Braun-Blanquet, J. (1951) The plant communities of Mediterranean France. C.N.R.S. Paris. 479 p.
331. Hatcher P.G., Spiker E.C. Selective degradation of plant biomolecules. In: Frimmel FH & Christman RF (Eds) Humic Substances and Their Role in the Environment. 1988. 59-74.
332. Martin J.P., Haider K. Microbial activity in relation to soil humus formation. Soil Sci. 1971. 111:54-63.
333. Tkachuk O. Height dynamics of perennial leguminous herbs in the context of soil contamination with heavy metals. Sciences of Europe. - 2020. - Vol. 2, № 49. - P. 7-12.
334. World Reference base for Soil Resources. Draft. ISSS\ISRIC\FAO, Wageningen/Rome. 1994. 161 p.

**СПИСОК ПОСИЛАНЬ НА ЛІТЕРАТУРУ З БІБЛОГРАФІЧНОГО СПИСКУ  
ПОСІБНИКА ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ**

<b>Розділи посібника</b>	<b>Номер джерел літератури у бібліографічному списку</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ҐРУНТОЗНАВСТВО ЯК НАУКА. ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ ВІТЧИЗНЯНОГО ҐРУНТОЗНАВСТВА</b>	[40], [53], [56], [68], [69], [70-73], [78] [80], [88], [90], [95], [106], [107], [115], [118], [119], [128], [132], [134], [136], [140], [157], [168], [171], [174], [175], [199], [206], [207], [223], [224], [225], [228], [229], [257], [261], [272], [273]
<b>РОЗДІЛ 2. ХІМІЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТУ</b>	[7], [10], [12], [21], [36], [40], [41], [44], [47-49], [53], [54-56], [58-59], [64], [69], [70-73], [78], [86], [88], [90], [97], [99], [106], [107], [115-116], [118], [119], [132], [134], [136], [140], [168], [171], [174], [175], [186-187], [190], [193], [194], [199], [201], [205], [207], [223], [225], [228], [229], [236], [255], [257], [261], [274], [295], [297]
<b>РОЗДІЛ 3. ВЧЕННЯ ПРО ГЕНЕЗИС І ЕВОЛЮЦІЮ ҐРУНТІВ, ПРИНЦИПИ КЛАСИФІКАЦІЇ ҐРУНТІВ</b>	[9], [11], [13-14], [16], [22], [31], [35], [40], [48-49], [51], [53], [56], [57], [69], [70-73], [78], [80], [81], [84], [88], [90], [96], [106], [107], [112-113], [115], [117], [118], [119], [125-126], [132], [134], [136], [140-141], [168], [171], [174-176], [192], [199-200], [207], [209-210], [211-214], [216-220], [223], [225], [228], [229], [240], [243], [245], [257], [261], [270-271], [276], [280], [284], [285], [291], [295], [296], [299], [302]
<b>РОЗДІЛ 4. МОРФОЛОГІЧНІ ОЗНАКИ ҐРУНТУ</b>	[16], [38], [40], [41], [49], [53], [56], [69], [70-73], [78], [83], [88], [90], [106-109], [115], [118], [119], [132], [134], [136], [140], [155-156], [168], [171], [174], [175], [199], [207], [223], [225], [228], [229], [241], [248], [252], [257], [261]
<b>РОЗДІЛ 5. СТРУКТУРА ҐРУНТУ</b>	[16], [38], [40-41], [49], [53], [56], [69], [70-73], [78], [83], [88], [90], [106-109], [115], [118], [119], [132], [134], [136], [140], [155-156], [168], [171], [174], [175], [199], [207], [223], [225], [228], [229], [241], [248], [252], [257], [261]
<b>РОЗДІЛ 6. ОРГАНІЧНА ЧАСТИНА ҐРУНТУ</b>	6], [8], [16], [20], [30], [40], [48-49], [53], [56], [60], [63], [69], [70-75], [78], [80], [84-85], [88], [90], [106], [107], [115], [118], [119-120], [122-124], [132], [134], [135-136], [138], [140], [142], [168], [171], [174], [175], [181-184], [188-189], [191], [199], [204], [207], [221-223], [225], [228], [229], [251], [254], [257], [259], [261], [267], [269], [277], [281], [288]

<b>РОЗДІЛ 7. ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ВБИРНОГО ТА ОКИСНО-ВІДНОВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ҐРУНТІВ. РЕАКЦІЯ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА</b>	[16], [40], [48-49], [50], [53], [56], [59], [66], [69], [70-73], [78], [88], [90], [106], [107], [115], [118], [119], [132], [134], [136], [140], [168], [171], [174], [175], [199], [207], [223], [225], [228], [229], [257], [261-264], [275], [281]
<b>РОЗДІЛ 8. ФІЗИЧНІ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ</b>	[16], [18-19], [29], [40], [45], [48-50], [53], [56], [65], [69], [70-73], [78], [88], [90], [100], [106], [107], [109-110], [115], [118], [119], [129], [132], [134], [136], [139-140], [151-154], [159-160], [168], [171], [174], [175], [199], [207], [223], [225], [228], [229], [235], [237], [250], [257], [261], [287]
<b>РОЗДІЛ 9. ВОДНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВОДНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ</b>	[16], [27], [40], [46], [48-50], [53], [56], [65], [69], [70-73], [76], [78], [82], [86], [88], [90], [106], [107], [115], [118], [119], [129], [132], [134], [136], [140], [149], [168], [171], [174], [175], [199], [207], [223], [225], [228], [229], [238-239], [242], [244], [249], [256-257], [261], [266], [296]
<b>РОЗДІЛ 10. ПОВІТРЯНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПОВІТРЯНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ</b>	[16], [40], [48-50], [53], [56], [65], [69], [70-73], [78], [88], [90], [106], [107], [115], [118], [119], [132], [134], [136], [140], [168], [171], [174], [175], [199], [207], [223], [225], [228], [229], [249], [257], [260-261]
<b>РОЗДІЛ 11. ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ І ТЕПЛОВІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ</b>	[16], [40], [48-49], [53], [56], [69], [70-73], [76], [78], [88], [90], [106], [107], [115], [118], [119], [131-132], [134], [136], [140], [168], [171], [174], [175], [199], [207], [223], [225], [228], [229], [242], [249], [257], [261], [283], [286]
<b>РОЗДІЛ 12. РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ ТА ЇЇ СКЛАДОВІ</b>	[1], [4-5], [16-17], [24-26], [48-49], [53], [56], [65], [69], [70-73], [78], [87-88], [90-92], [104-106], [107], [115], [118], [119], [130], [132], [134], [136-138], [140], [148], [150], [158], [161], [164], [167-171], [173-175], [177-180], [195-199], [207-208], [215], [223], [225-230], [247], [257-258], [261], [265], [268], [282], [289-290], [292-294]

## **ДОДАТКИ**

## Розподіл площ сільськогосподарських земель за гранулометричним складом

Назва адміністративних Утворень	Загальна площа	Обстежена площа	Гранулометричний склад ґрунтів							
			важко-і середньоглиністі	легко- глиністі	важко- суглинкові	середньо- суглинкові	легко- суглинкові	супіщані	зв'язно- піщані	піщані
Автономна Республіка Крим	1770,7	1683,0	386,8	725,8	446,6	114,1	8,5	1,1	-	-
Вінницька	2017,0	1807,9	5,4	37,4	554,8	986,7	191,5	16,2	5,2	0,6
Волинська	1051,3	968,1	-	-	0,8	9,2	270,4	212,1	213,2	76,0
Дніпропетровська	2493,2	2243,0	19,1	635,5	1191,5	320,3	40,7	25,7	1,0	9,2
Донецька	2038,1	1892,1	88,7	1295,6	363,7	104,1	19,3	18,3	1,6	0,9
Житомирська	1544,4	1307,2	-	-	1,2	194,1	417,5	516,7	161,2	16,5
Закарпатська	456,8	387,5	11,1	35,0	99,3	180,5	51,2	9,9	0,5	-
Запорізька	2239,4	2085,8	264,1	1303,8	308,0	140,2	51,8	15,6	0,6	1,7
Івано-Франківська	627,6	485,4	9,7	64,5	128,1	164,2	93,1	11,6	-	-
Київська	1670,3	1494,4	-	-	5,4	276,8	777,5	253,3	97,1	14,5
Кіровоградська	2027,1	1887,0	0,8	1119,9	546,4	155,1	44,4	11,0	0,6	-
Луганська	1915,3	1809,4	27,8	780,2	784,7	144,4	41,2	25,7	2,7	2,7
Львівська	1256,7	1239,0	2,2	5,9	39,0	275,7	577,0	162,9	74,8	14,7
Миколаївська	1991,9	1907,0	19,4	1167,7	588,3	108,8	13,0	6,8	0,9	2,1
Одеська	2560,6	2425,8	52,1	406,4	1622,8	267,6	37,5	34,3	3,2	1,9
Полтавська	2174,2	2015,4	-	0,8	416,3	1132,5	358,2	54,9	13,5	19,7
Рівненська	915,3	878,4	-	-	2,6	105,0	324,1	126,4	147,8	47,5
Сумська	1703,9	1595,9	0,1	10,1	108,2	680,1	473,1	205,8	47,2	3,6
Тернопільська	1054,4	947,3	-	-	74,7	777,6	77,8	14,5	1,1	0,7
Харківська	2410,0	2259,6	19,4	1397,2	675,0	110,7	29,5	22,0	4,2	1,5
Херсонська	1957,2	1890,6	15,8	453,7	801,6	369,6	150,1	65,0	31,0	1,9
Хмельницька	1560,8	1461,5	-	2,4	130,0	729,7	448,2	60,9	6,9	6,9
Черкаська	1451,5	1288,2	0,4	54,8	365,0	521,8	283,8	37,6	5,3	1,9
Чернівецька	471,2	402,8	3,4	51,0	169,6	114,0	57,1	7,4	0,1	0,2
Чернігівська	2105,6	1927,0	-	-	-	41,8	927,2	619,9	187,4	15,0
<b>Разом по Україні</b>	<b>41495,6</b>	<b>38310,7</b>	<b>926,4</b>	<b>9551,6</b>	<b>9437,4</b>	<b>8027,5</b>	<b>5764,1</b>	<b>2536,3</b>	<b>1007,2</b>	<b>239,7</b>

## Якісна характеристика сільськогосподарських угідь України

Назва адміністративних утворень	Обстежена площа	Засолені					Солонцюваті					З солонцевими комплексами			Осолоділі	Вторинно засолені землі
		Всього	в тому числі				Всього	в тому числі			Всього	в тому числі вміст солонців				
			слабо	середньо	сильно	солончаки		слабо	середньо	сильно		10% – 30%	30% – 50%	більше 50%		
АР Крим	1683,0	200,9	148,9	26,7	20,8	4,5	450,2	254,0	146,3	49,9	169,2	101,6	22,8	44,8	0,6	4,3
Вінницька	1807,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-
Волинська	968,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Дніпропетровська	2243,0	132,9	81,6	32,7	13,0	5,6	79,8	45,9	19,1	14,8	23,8	17,1	4,4	2,3	0,6	20,9
Донецька	1892,1	91,3	63,1	22,0	6,2	-	146,1	113,7	26,6	5,8	23,5	17,9	3,2	2,4	-	-
Житомирська	1307,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Закарпатська	387,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Запорізька	2085,8	76,3	32,2	18,2	15,2	10,7	37,7	29,0	4,9	3,8	8,6	4,9	0,9	2,8	53,3	4,5
Ів.-Франківська	485,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Київська	1494,4	72,5	71,8	0,4	0,3	-	2,0	1,7	0,3	-	3,0	2,2	0,6	0,2	-	-
Кіровоградська	1887,0	3,9	1,4	2,5	-	-	0,8	-	0,8	-	-	-	-	-	-	-
Луганська	1809,4	87,9	66,0	12,7	9,1	0,1	75,7	50,3	22,7	2,7	17,8	12,0	2,3	3,5	-	0,5
Львівська	1239,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Миколаївська	1907,0	66,3	50,8	10,8	4,0	0,7	14,7	11,0	2,4	1,3	1,4	1,1	0,3	-	41,9	14,9
Одеська	2425,8	72,6	46,5	17,3	7,9	0,9	68,4	52,5	11,9	4,0	5,1	4,2	0,3	0,6	-	0,1
Полтавська	2015,4	247,6	184,7	40,6	22,2	0,1	310,7	265,1	36,4	9,2	61,6	36,4	8,4	16,8	10,9	-
Рівненська	878,4	5,6	4,0	1,3	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумська	1595,9	113,7	113,6	0,1	-	-	71,5	70,6	0,8	0,1	-	-	-	-	-	-
Тернопільська	947,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Харківська	2259,6	139,4	112,0	15,8	9,3	2,3	146,9	130,4	14,0	2,5	4,1	1,8	0,8	1,5	1,5	-
Херсонська	1890,6	260,4	234,1	11,1	7,3	7,9	786,6	760,2	19,5	6,9	249,4	123,7	82,9	42,8	11,3	57,1
Хмельницька	1461,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Черкаська	1288,2	7,3	6,5	0,7	0,1	-	4,8	2,3	1,6	0,9	0,3	0,3	-	-	2,7	-
Чернівецька	402,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Чернігівська	1927,0	131,3	119,4	11,4	0,5	-	54,2	47,2	6,8	0,2	6,9	6,2	0,4	0,3	14,9	-
<b>Разом по Україні</b>	<b>38310,7</b>	<b>1710,0</b>	<b>1336,6</b>	<b>224,3</b>	<b>116,3</b>	<b>32,8</b>	<b>2250,1</b>	<b>1833,9</b>	<b>314,1</b>	<b>102,1</b>	<b>574,7</b>	<b>329,4</b>	<b>127,3</b>	<b>118,0</b>	<b>137,9</b>	<b>102,3</b>



## Кислі, перезволожені та заболочені ґрунти України

Назва адміністративних утворень	Кислі					Перезволожені			Заболочені				
	Всього	в тому числі				Всього	в тому числі		Всього	в тому числі			
		близькі до нейтральних (рН 5,6-6,0)	слабо (рН 5,1-5,5)	середньо (рН 4,6-5,0)	сильно (рН < 4,5)		заплавні	позазаплавні		слабо	середньо	сильно	
											мулуваті	торф'яні	
АР Крим	-	-	-	-	-	179,1	15,4	163,7	0,5	0,5	-	-	-
Вінницька	1163,5	605,0	420,9	125,4	12,2	105,9	4,7	101,2	75,9	49,9	17,6	7,1	1,3
Волинська	223,4	88,5	69,8	49,8	15,3	52,5	4,6	47,9	129,2	73,8	11,4	16,0	28,0
Дніпропетровська	-	-	-	-	-	71,3	40,7	30,6	34,5	1,8	24,1	8,6	-
Донецька	-	-	-	-	-	36,5	19,3	17,2	21,7	1,4	14,2	6,1	-
Житомирська	748,6	286,7	247,3	160,1	54,5	73,9	0,3	73,6	324,9	229,3	68,0	17,1	10,5
Закарпатська	352,9	31,1	52,4	89,5	179,9	55,6	0,6	55,0	92,4	89,5	2,9	-	-
Запорізька	-	-	-	-	-	86,7	24,0	62,7	25,8	16,9	5,9	3,0	-
Івано-Франківська	418,3	109,7	120,5	89,6	98,5	40,4	2,6	37,8	23,8	13,3	8,7	0,2	1,6
Київська	573,1	271,6	196,1	81,7	23,7	35,8	3,1	32,7	83,3	64,0	4,8	9,9	4,6
Кіровоградська	1017,5	674,3	330,6	12,6	-	3,4	1,3	2,1	8,3	0,4	3,9	4,0	-
Луганська	-	-	-	-	-	29,9	21,0	8,9	15,1	5,7	7,0	2,4	-
Львівська	579,6	221,5	163,4	106,2	88,5	191,8	8,8	183,0	75,2	48,8	12,0	1,7	12,7
Миколаївська	45,9	33,3	12,6	-	-	66,9	15,0	51,9	15,0	11,1	3,5	0,4	-
Одеська	5,9	3,1	2,4	0,4	-	77,6	43,8	33,8	17,6	4,8	8,5	3,7	0,6
Полтавська	855,0	530,2	271,9	48,2	4,7	23,6	8,6	15,0	46,3	4,0	22,8	12,2	7,3
Рівненська	363,5	130,1	123,4	74,7	35,3	102,4	19,6	82,8	67,9	37,3	8,5	8,8	13,3
Сумська	693,9	342,0	261,0	76,8	14,1	20,4	4,5	15,9	90,4	19,6	25,1	21,5	24,2
Тернопільська	484,9	232,6	172,7	71,4	8,2	92,0	12,1	79,9	67,7	56,3	9,9	0,4	1,1
Харківська	742,9	416,5	264,1	59,3	3,0	13,7	8,3	5,4	48,4	3,0	22,9	22,4	0,1
Херсонська	-	-	-	-	-	140,3	4,7	135,6	1,1	0,6	0,2	-	0,3
Хмельницька	619,5	325,2	175,0	99,1	20,2	121,9	5,5	116,4	82,8	31,8	29,4	16,7	4,9
Черкаська	690,5	470,1	178,1	38,5	3,8	22,2	8,9	13,3	15,3	1,3	9,0	3,6	1,4
Чернівецька	189,7	93,3	42,3	30,6	23,5	27,5	-	27,5	16,0	7,7	5,5	2,8	-
Чернігівська	922,6	352,7	360,4	158,8	50,7	178,7	43,1	135,6	399,2	312,9	14,3	24,8	47,2
<b>Разом по Україні</b>	<b>10692,0</b>	<b>5217,6</b>	<b>3465,3</b>	<b>1373,0</b>	<b>636,1</b>	<b>1852,1</b>	<b>321,6</b>	<b>1530,5</b>	<b>1778,4</b>	<b>1085,7</b>	<b>340,1</b>	<b>193,5</b>	<b>159,1</b>

## Кам'янисті та дефляційнонебезпечні ґрунти України

Назва адміністративних утворень	Кам'янисті					Дефляційнонебезпечні								
	Всього	в тому числі				Всього	з них			в тому числі еродовані	з них			Піддані сумісній дії водної та вітрової ерозії
		мало	помірно	багато	дуже багато		слабо	середньо	сильно		слабо	середньо	сильно	
АР Крим	206,8	117,0	69,5	18,2	2,1	1117,2	596,8	516,5	3,9	190,2	173,3	15,1	1,8	47,9
Вінницька	2,2	0,3	0,8	1,0	0,1	71,0	63,3	7,3	0,4	0,1	-	0,1	-	-
Волинська	-	-	-	-	-	257,7	64,2	172,8	20,7	1,7	1,1	0,5	0,1	-
Дніпропетровська	0,3	0,3	-	-	-	1913,9	883,4	1004,5	26,0	16,8	9,0	6,5	1,3	0,3
Донецька	42,5	23,2	10,5	8,1	0,7	1757,3	401,3	1347,9	8,1	-	-	-	-	1355,9
Житомирська	13,0	5,3	4,6	2,7	0,4	218,7	157,4	50,1	11,2	3,9	1,9	1,6	0,4	-
Закарпатська	87,9	58,7	26,5	2,2	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Запорізька	2,5	1,3	0,4	0,8	-	1877,1	639,1	1228,5	9,5	413,7	307,2	92,4	14,1	106,0
Івано-Франківська	55,5	32,4	14,9	7,1	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Київська	-	-	-	-	-	746,1	642,2	92,8	11,1	72,6	40,9	16,7	15,0	-
Кіровоградська	0,5	-	-	-	0,5	1111,7	475,1	634,7	1,9	-	-	-	-	-
Луганська	41,7	28,0	11,7	1,9	0,1	1623,2	1160,2	314,3	148,7	386,8	350,4	15,7	20,7	506,7
Львівська	11,9	7,1	4,0	0,3	0,5	224,4	54,8	161,1	8,5	41,9	20,3	19,3	2,3	0,5
Миколаївська	27,7	24,7	2,2	0,7	0,1	1702,7	804,2	896,1	2,4	45,8	45,1	0,7	-	-
Одеська	14,5	1,3	1,8	9,5	1,9	1662,9	756,1	905,2	1,6	1,2	0,4	0,4	0,4	0,4
Полтавська	-	-	-	-	-	412,3	285,2	109,3	17,8	-	-	-	-	38,3
Рівненська	13,1	10,5	1,8	0,8	-	324,8	87,0	122,3	115,5	6,1	4,5	1,4	0,2	-
Сумська	-	-	-	-	-	367,7	304,0	61,0	2,7	26,7	21,5	4,3	0,9	-
Тернопільська	19,1	2,4	1,5	14,4	0,8	3,8	1,4	2,4	-	-	-	-	-	-
Харківська	0,8	0,8	-	-	-	1028,2	470,8	555,0	2,4	70,7	70,6	0,1	-	-
Херсонська	2,6	1,7	-	0,9	-	1706,3	892,9	688,9	124,5	366,4	348,1	14,2	4,1	-
Хмельницька	10,7	4,6	5,4	0,6	0,1	27,3	22,7	4,6	-	-	-	-	-	-
Черкаська	0,1	-	-	-	0,1	255,4	233,7	19,5	2,2	3,1	2,3	0,7	0,1	0,2
Чернівецька	15,7	1,2	7,0	7,5	-	4,4	3,0	1,3	0,1	-	-	-	-	-
Чернігівська	-	-	-	-	-	942,2	689,4	237,7	15,1	15,1	15,1	-	-	-
<b>Разом по Україні</b>	<b>574,8</b>	<b>323,7</b>	<b>164,3</b>	<b>77,6</b>	<b>9,2</b>	<b>19360,4</b>	<b>9688,6</b>	<b>9137,5</b>	<b>534,3</b>	<b>1662,8</b>	<b>1411,7</b>	<b>189,7</b>	<b>61,4</b>	<b>2056,2</b>

## Грунти України піддані водній ерозії та розподілені за характером рельєфу

Назва адміністративних утворень	Піддані водній ерозії (змиті)				Розподіл земельних угідь за крутизною схилів								
	Всього	в тому числі			Разом	в тому числі							
		слабо	середньо	сильно		до 1°	1 - 2°	2 - 3°	3 - 5°	5 - 7°	7 - 10°	10 - 15°	більше 15°
АР Крим	247,2	181,3	52,8	13,1	1683,0	1213,3	237,1	106,2	58,9	32,5	21,4	10,6	3,0
Вінницька	743,8	570,6	135,1	38,1	1807,9	624,1	432,0	256,3	289,3	126,8	64,6	13,3	1,5
Волинська	105,2	59,0	32,0	14,2	1047,0	839,5	93,8	42,5	39,7	24,1	6,6	0,8	-
Дніпропетровська	1000,8	792,7	163,0	45,1	2493,2	1150,3	741,8	354,7	150,9	47,2	30,6	15,2	2,5
Донецька	1355,9	810,8	366,6	178,5	2038,1	530,9	678,4	464,0	258,2	73,4	26,6	5,8	0,8
Житомирська	63,6	39,3	16,7	7,6	1307,2	996,2	218,9	50,7	22,5	10,9	6,5	1,5	-
Закарпатська	37,6	25,1	9,0	3,5	456,8	201,6	21,9	19,9	30,9	37,7	44,1	54,6	46,1
Запорізька	799,0	378,8	238,8	181,4	2085,8	1348,0	498,7	162,4	59,9	12,3	4,1	0,4	-
Івано-Франківська	135,9	72,1	42,7	21,1	627,6	214,7	72,6	71,0	98,1	74,1	48,7	31,3	17,1
Київська	173,9	98,5	38,4	37,0	1507,4	1125,0	210,5	67,6	44,4	24,0	20,5	14,5	0,9
Кіровоградська	1029,1	701,7	250,1	77,3	1887,0	666,7	611,6	294,2	188,8	67,1	39,8	18,0	0,8
Луганська	1215,3	960,8	207,8	46,7	1809,4	456,6	466,4	442,4	296,2	89,6	40,2	15,0	3,0
Львівська	300,6	168,9	92,1	39,6	1256,7	600,9	216,5	127,7	123,9	93,0	58,8	26,8	9,1
Миколаївська	938,3	569,4	294,1	74,8	1991,9	1068,8	467,4	225,1	162,2	49,9	15,6	2,7	0,2
Одеська	1241,1	807,6	314,6	118,9	2560,6	1097,9	513,6	328,8	325,3	170,1	95,3	27,9	1,7
Полтавська	355,6	267,3	67,2	21,1	2015,4	1423,0	318,2	129,9	79,7	30,2	18,8	12,7	2,9
Рівненська	159,6	70,2	44,2	45,2	915,3	670,5	102,8	28,5	48,3	36,2	23,4	5,0	0,6
Сумська	305,1	241,2	54,8	9,1	1595,9	1067,7	246,5	128,0	83,0	31,1	26,1	12,7	0,8
Тернопільська	391,2	235,1	111,6	44,5	1054,4	467,5	159,4	144,5	154,2	80,1	36,8	10,1	1,8
Харківська	1121,4	853,1	217,3	51,0	2259,6	945,7	545,9	314,1	267,3	85,9	63,4	30,5	6,8
Херсонська	264,3	180,1	60,3	23,9	1957,2	1793,5	106,4	35,7	17,1	2,6	1,4	0,4	0,1
Хмельницька	664,2	380,7	244,7	38,8	1461,5	537,7	261,5	224,4	208,6	175,9	49,8	3,0	0,6
Черкаська	361,9	219,4	87,0	55,5	1293,5	732,9	210,2	135,2	109,0	56,1	34,6	14,1	1,4
Чернівецька	200,3	103,5	57,2	39,6	471,2	109,2	68,9	56,7	93,9	76,5	44,3	13,9	7,8
Чернігівська	65,3	41,7	16,9	6,7	1927,4	1661,3	188,0	44,0	18,1	6,0	4,6	5,0	0,4
<b>Разом по Україні</b>	<b>13284,2</b>	<b>8833,7</b>	<b>3218,1</b>	<b>1232,4</b>	<b>39537,6</b>	<b>21555,3</b>	<b>7692,3</b>	<b>4258,0</b>	<b>3232,1</b>	<b>1515,8</b>	<b>827,8</b>	<b>346,3</b>	<b>110,0</b>

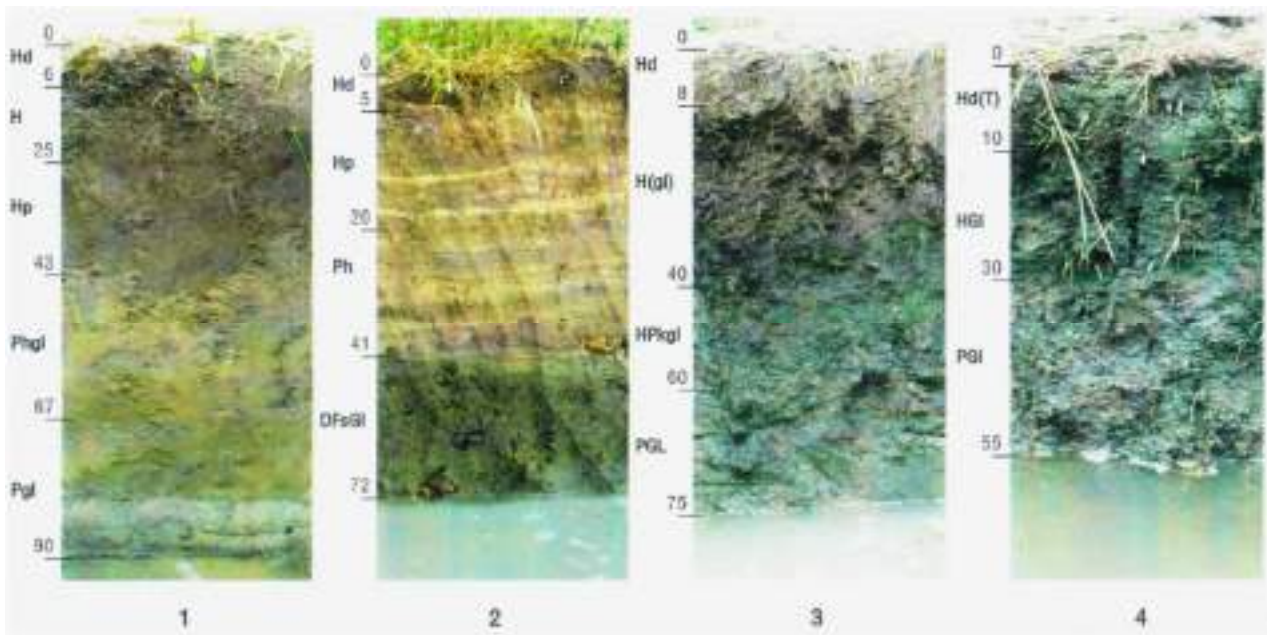
## Щільність забруднення радіонуклідами цезію і стронцію ґрунтів сільськогосподарських угідь станом на 01.01.2011 р.

Область	Обстежено угідь	Площа, тис. га	з них зі щільністю забруднення, кБк/м <sup>2</sup>							
			цезієм-137				стронцієм-90			
			до 37	37-185	186-555	>555	до 0,74	0,74-5,55	5,56-111	>111
Вінницька	Усього	1241,6	1192,1	49,4	0,1	-	-	1241,6	-	-
	у т.ч. рілля	1223,7	1176,5	47,1	0,1	-	-	1223,7	-	-
Волинська	Усього	547,4	546,0	1,4	-	-	547,4	-	-	-
	у т.ч. рілля	346,4	346,3	0,1	-	-	346,4	-	-	-
Житомирська	Усього	1150,3	994,4	145,6	10,3	-	354,3	757,5	38,5	-
	у т.ч. рілля	967,2	856,6	104,6	6,0	-	307,2	633,9	26,1	-
Івано-Франківська	Усього	276,1	267,1	9,0	-	-	87,4	186,2	2,5	-
	у т.ч. рілля	223,1	216,1	7,0	-	-	72,4	149,0	1,7	-
Київська	Усього	525,0	491,4	33,5	0,1	-	517,7	6,6	0,7	-
	у т.ч. рілля	523,2	486,6	33,5	0,1	-	515,9	6,6	0,7	-
Рівненська	Усього	420,7	369,0	51,4	0,3	-	392,5	27,9	0,3	-
	у т.ч. рілля	310,4	281,0	29,3	0,1	-	293,2	16,9	0,3	-
Сумська	Усього	1153,9	1143,6	10,3	-	-	1133,0	20,9	-	-
	у т.ч. рілля	1079,2	1070,0	9,2	-	-	1060,1	19,1	-	-
Тернопільська	Усього	127,5	126,8	0,7	-	-	93,3	34,2	-	-
	у т.ч. рілля	125,7	125,7	-	-	-	92,0	33,7	-	-
Хмельницька	Усього	950,3	947,0	3,3	-	-	949,2	1,1	-	-
	у т.ч. рілля	941,3	938,4	2,9	-	-	940,2	1,1	-	-
Черкаська	Усього	330,6	254,5	75,3	0,8	-	25,1	286,9	18,6	-
	у т.ч. рілля	296,1	233,1	62,4	0,6	-	24,6	257,4	14,2	-
Чернівецька	Усього	228,8	210,2	18,4	0,2	-	-	228,8	-	-
	у т.ч. рілля	189,3	173,7	15,4	0,2	-	-	189,3	-	-
Чернігівська	Усього	1836,7	1785,1	48,4	3,0	0,2	85,6	1699,0	51,6	0,5
	у т.ч. рілля	1393,7	1366,4	26,4	0,9	-	65,3	1294,8	33,6	-
Разом	Усього	<b>8788,9</b>	<b>8327,2</b>	<b>446,7</b>	<b>14,8</b>	<b>0,2</b>	<b>4185,4</b>	<b>4490,8</b>	<b>112,2</b>	<b>0,5</b>
	у т.ч. рілля	<b>7619,3</b>	<b>7273,4</b>	<b>337,9</b>	<b>8,0</b>	<b>-</b>	<b>3717,3</b>	<b>3825,4</b>	<b>76,6</b>	<b>-</b>

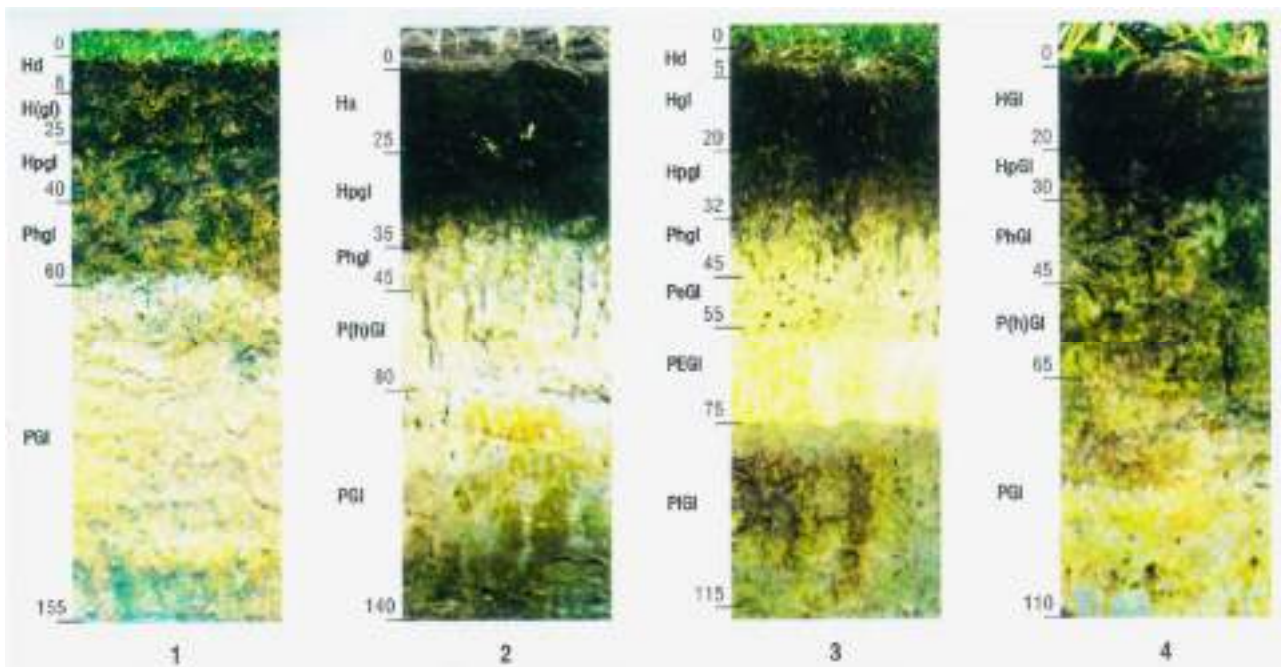
## Бали бонітету ґрунтів по областях України

№ п/п	Область	Бал бонітету
1	Автономна Республіка Крим	37
2	Вінницька	40
3	Волинська	28
4	Дніпропетровська	46
5	Донецька	49
6	Житомирська	27
7	Закарпатська	41
8	Запорізька	36
9	Івано-Франківська	38
10	Київська	38
11	Кіровоградська	51
12	Луганська	40
13	Львівська	29
14	Миколаївська	40
15	Одеська	49
16	Полтавська	47
17	Рівненська	29
18	Сумська	39
19	Тернопільська	44
20	Харківська	52
21	Херсонська	34
22	Хмельницька	46
23	Черкаська	55
24	Чернівецька	53
25	Чернігівська	33
	<b>Україна в цілому</b>	<b>41</b>

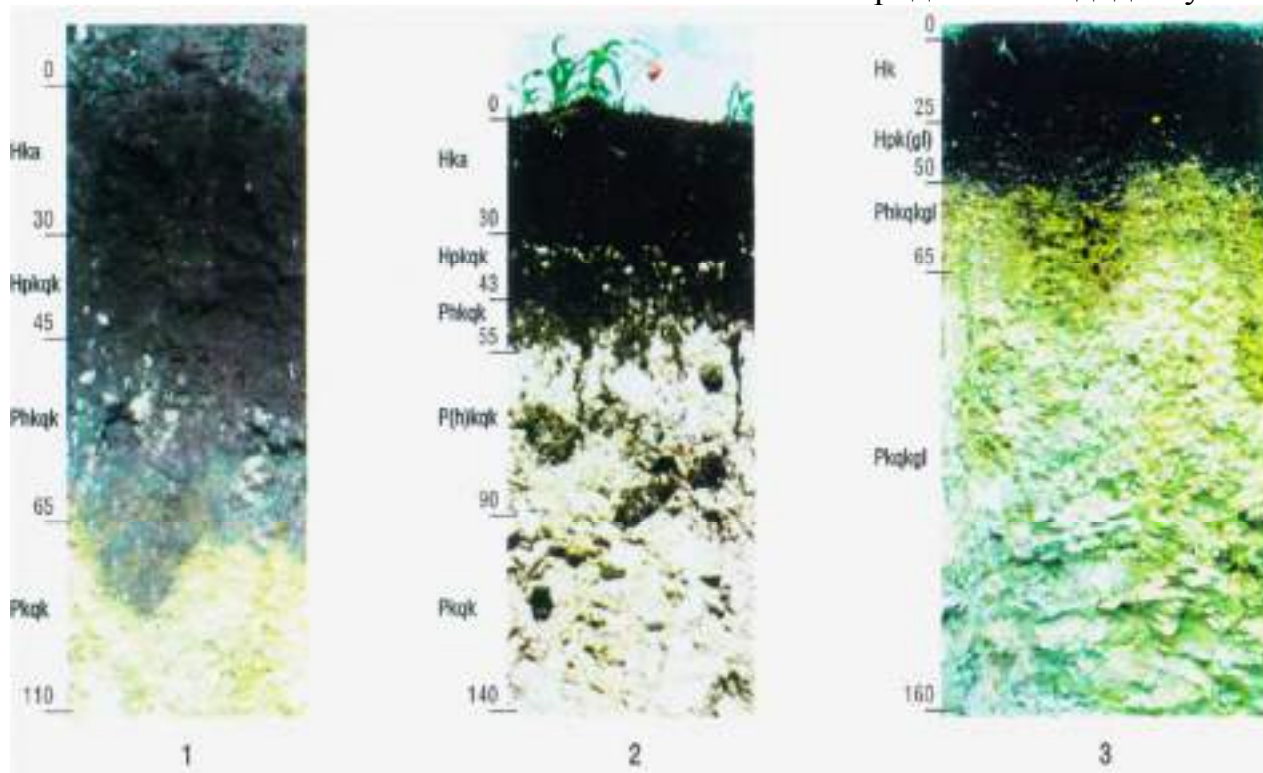
**Профілі основних типових ґрунтів України, які поширені на Вінниччині (тут і надалі для додатку И на основі фото профілів (за М.І. Полупан, В.Б. Соловей, В.А. Величко, 2005))**



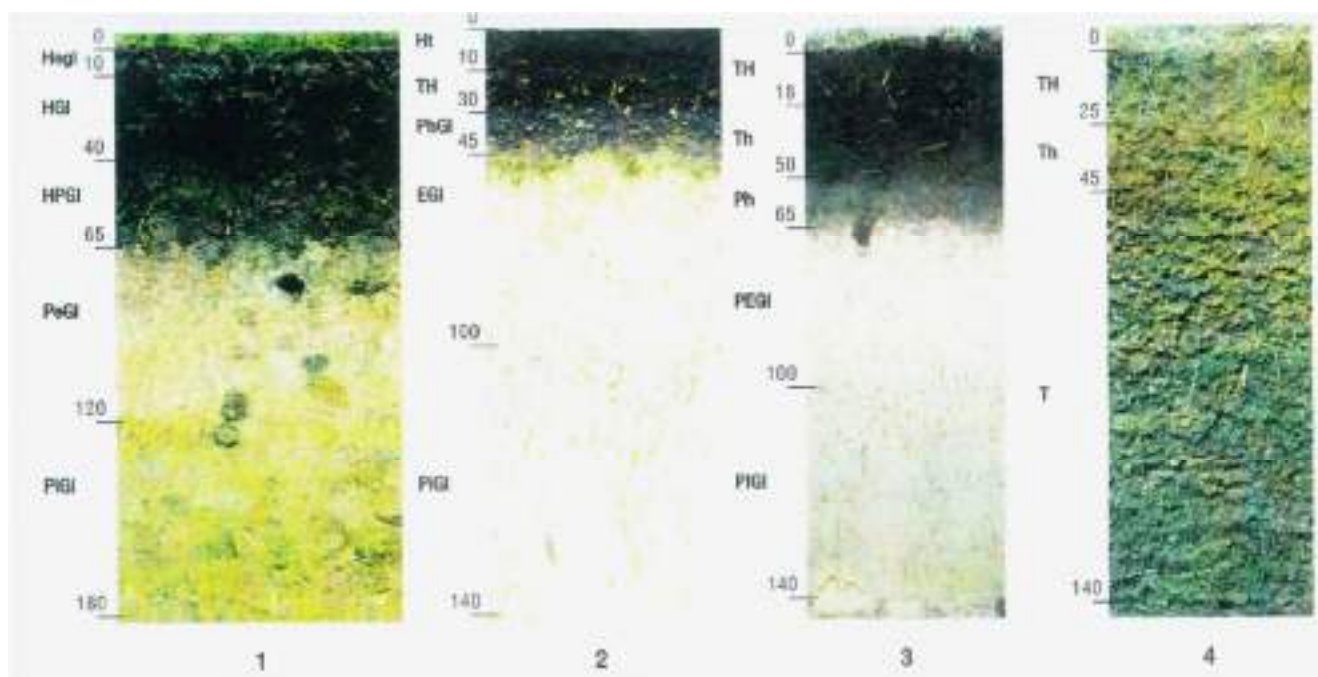
**Алювіальні ґрунти:** 1 – лучний середньосуглинковий середньоглибокий; 2 – лучний піщано-легкосуглинковий короткий шаруватий; 3 – лучно-болотний важкосуглинковий неглибокий; 4 – болотний важко-суглинковий короткий.



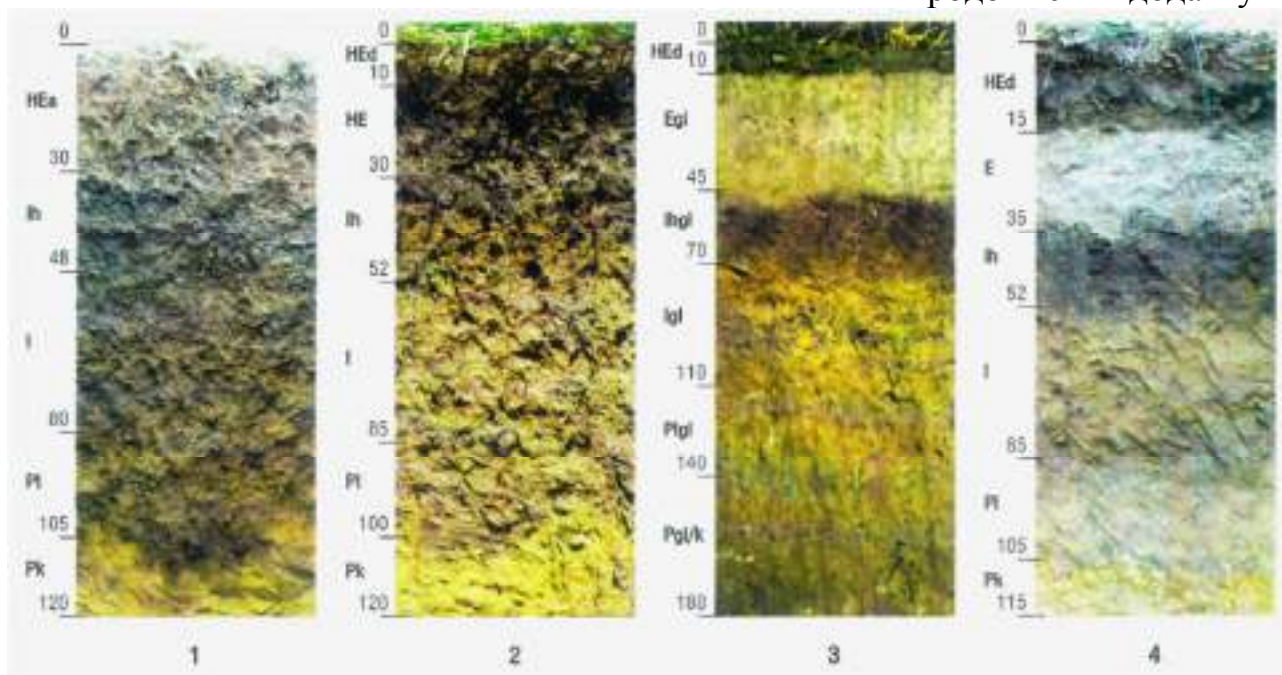
**Дернові оглесні ґрунти:** 1 – глеюватий на водно-льодовикових відкладах; 2 – глеюватий на водно-льодовикових суглинкових відкладах; 3, 4 – глейові на водно-льодовикових суглинкових.



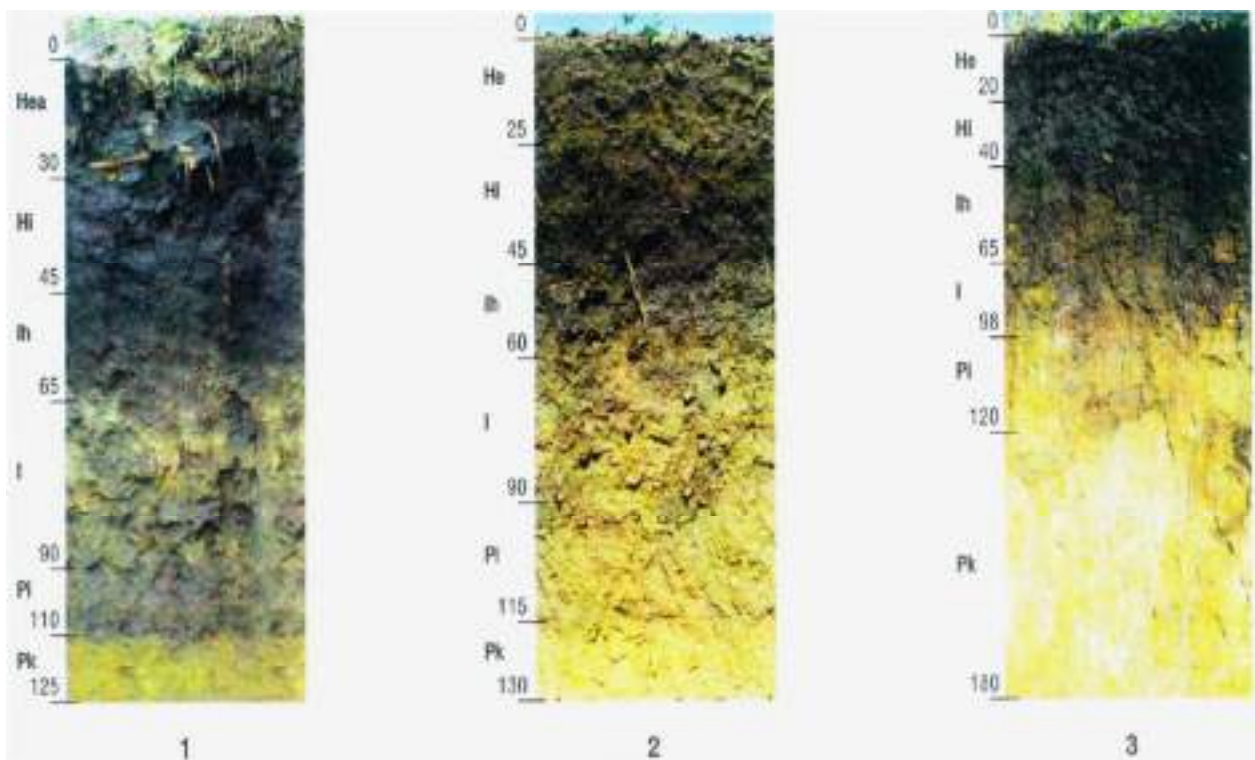
Дернові опідзолені карбонатні ґрунти на крейдіяно-мергельних породах: 1, 2 – автоморфні; 3 – глеюватий.



Дерновий глейовий (1) та органогенні (2, 3, 4) ґрунти: 1 – на суглинкових відкладах; 2 – торф'янисто-глейовий на пісках; 3 – торф'яно-глейовий на пісках; 4 – торфовий.

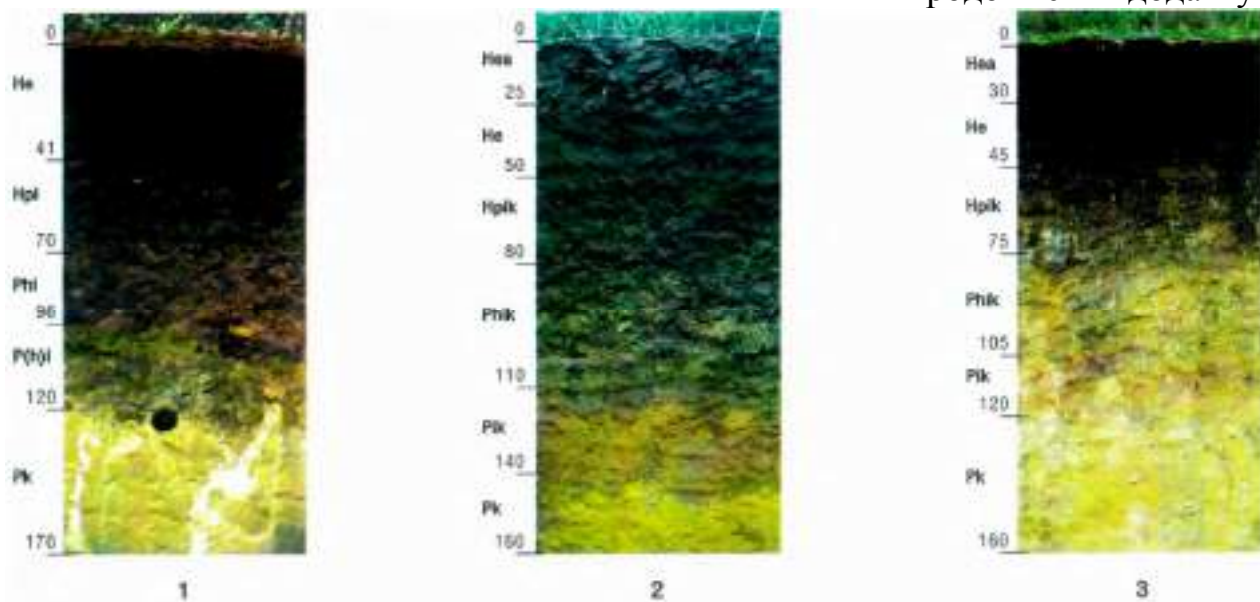


**Сірі (1, 2) та ясно-сірі (3, 4) лісові ґрунти на лесах:** 1 – помірно слабогумусоаккумулятивний легкосуглинковий; 2 – низькогумусоаккумулятивний важкосуглинковий; 3 – слабогумусоаккумулятивний глеюватий легкосуглинковий; 4 – дуже низькогумусоаккумулятивний легковажкосуглинковий.

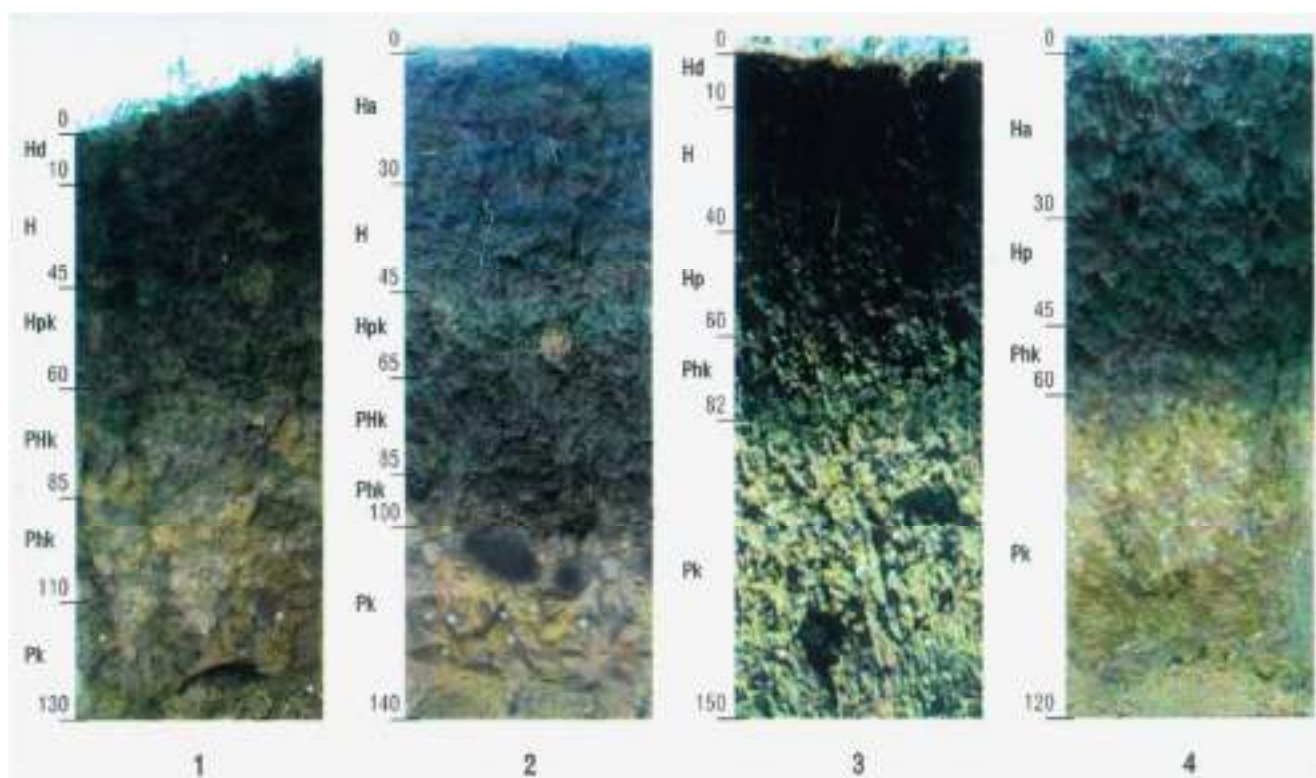


**Темно-сірі опідзолені на лесах:** 1 – середньогумусоаккумулятивний; 2 – помірно слабогумусоаккумулятивний; 3 – слабогумусоаккумулятивний.





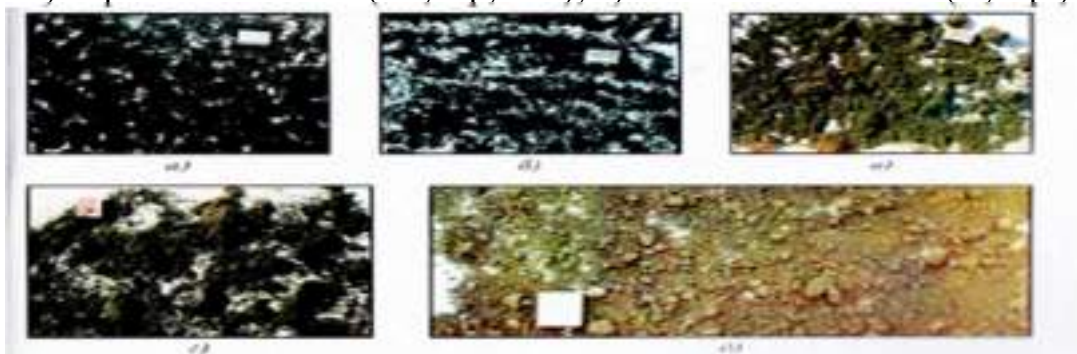
**Чорноземи опідзолені на лесах:** 1 – помірно слабогумусоаккумулятивний; 2 – помірно добрегумусоаккумулятивний (з міграційними формами карбонатів); 3 – добрегумусоаккумулятивний (з міграційними формами карбонатів і у вигляді дутиків).



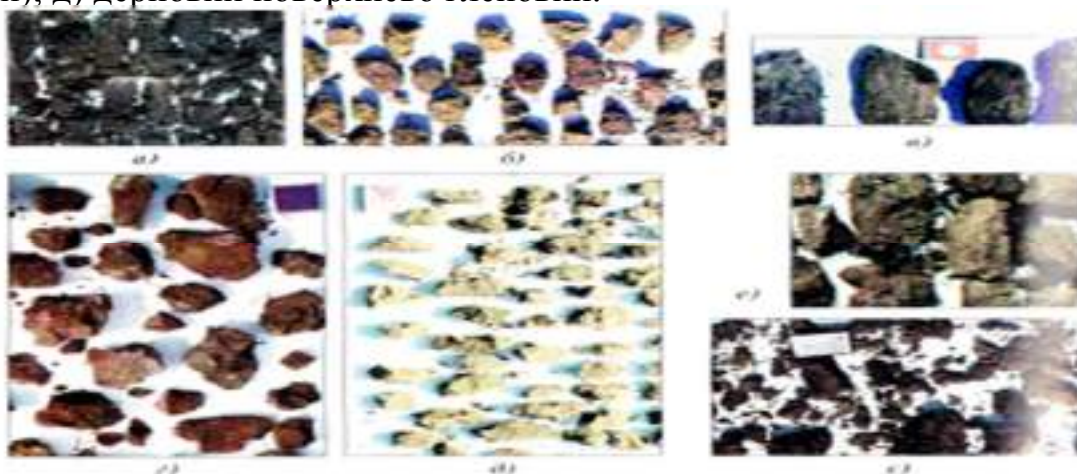
**Чорноземи звичайні (1, 2, 3), та південний (4) на лесах:** 1, 2 – помірно добрегумусоаккумулятивний; 3 – середньогумусоаккумулятивний; 4 – слабогумусоаккумулятивний.



**Структура різних генетичних горизонтів:** а) сірий лісовий ґрунт (H E, Ih, I); б) чорнозем типовий (Ha, Hp, H P); в) темно-каштановий (H, Hpi)



**Зерниста структура гумусоаккумулятивних горизонтів:** а) чорнозем типовий; б) темно-сірий опідзолений; в) сірий лісовий; г) чорнозем опідзолений (орний); д) дерновий поверхнево-глейовий.



**Призматична і призматично-грудкувата структура ілювіальних горизонтів:** а) солонець каштановий; б) темно-сірий опідзолений (I); в) мілкий солонець чорноземно-лучний (стовпчаста); г) буроземно-підзолистий поверхнево-оглесний; д) ясно-сірий поверхнево-глейовий; е) глеєсолось; е) темно-сірий опідзолений (Ih).



**Пластинчаста структура елювіального горизонту:** а) солонець каштановий; б) ясно-сірий лісовий; в) дерново-підзолистий суглинковий; г) глеєсолось.

## Вміст гумусу, фізичні та водні властивості основних видів ґрунтів України

№ п/п	Назва ґрунту	Горизонт	Глибина, см	Вміст гумусу, %	Сгк : Сфк	Щільність ґрунту	Щільність твердої фази ґрунту	Пористість ґрунту	НВ	ВВ	МГ
1.	Дерново-слабопідзолистий глинисто-піщаний слабозмитий	He	0-15	0,49	0,46	1,52	2,63	42,30	14,50	1,60	1,14
		Pe	15-40	0,09	0,48	1,62	2,67	39,40	14,00	1,45	0,98
		Pi	40-66	0,05	-	1,66	2,70	38,50	12,00	3,01	2,04
		Pi	66-100	0,04	-	1,76	2,68	34,30	11,50	3,22	1,89
2.	Дерново-слабопідзолистий супіщаний	He	0-18	1,40	0,46	1,52	2,65	-	14,30	2,00	1,50
		Pe	18-36	0,40	-	1,62	2,69	-	12,50	1,90	1,40
		Pi	36-95	0,20	-	1,66	2,70	-	12,90	2,60	2,10
		P	95-100	0,10	-	1,76	2,68	-	11,00	3,30	2,30
3.	Дерново-слабопідзолистий супіщаний середньозмитий	He	0-13	1,31	0,46	1,52	2,65	-	14,30	-	1,55
		Pe	13-36	0,35	-	1,62	2,68	-	12,50	-	1,47
		Pi	36-95	0,20	-	1,66	2,70	-	12,90	-	2,20
		P	95-100	0,10	-	1,76	2,68	-	11,00	-	2,38
4.	Дерново-середньопідзолистий супіщаний слабозмитий	HE	0-22	0,87	0,34	1,48	2,63	43,80	14,30	2,10	-
		E(h)	22-41	0,10	0,27	1,61	2,64	39,00	12,50	1,95	-
		IE	41-90	0,23	0,28	1,65	2,76	38,30	12,90	2,60	-
		IE	90-100	0,04	-	1,68	2,68	37,20	11,00	3,10	-
5.	Світло-сірі опідзолені слабозмиті	HE	0-18	2,14	0,91	1,35	2,61	48,40	21,10	5,50	-
		Eh	18-40	0,91	0,73	1,47	2,64	44,40	18,80	5,80	-
		I <sub>1h</sub>	40-85	0,68	0,25	1,43	2,68	46,40	19,50	11,40	-
		I <sub>2</sub>	85-100	0,31	0,18	1,48	2,69	45,00	21,20	12,60	-
6.	Світло-сірі опідзолені середньозмиті	HE	0-14	1,74	0,91	1,35	2,61	48,40	21,40	-	3,70
		Eh	14-40	0,81	0,73	1,47	2,64	44,40	19,80	-	3,60
		I <sub>1h</sub>	40-85	0,78	0,25	1,43	2,68	46,40	17,50	-	7,60
		I <sub>2</sub>	85-100	0,30	0,18	1,48	2,69	45,00	20,20	-	8,20
7.	Сірі лісові слабозмиті	HE	0-25	1,93	0,63	1,37	2,66	48,20	24,00	6,00	-
		I <sub>1(h)</sub>	25-60	0,62	0,59	1,46	2,72	46,30	23,30	8,60	-
		I <sub>2</sub>	60-85	0,43	0,43	1,44	2,70	-	24,10	10,80	-
		I <sub>3</sub>	85-100	0,19	0,37	1,45	2,72	-	24,50	11,60	-
8.	Сірі лісові середньозмиті	HE	0-18	1,73	0,63	1,39	2,66	-	24,00	-	4,00
		I <sub>1(h)</sub>	18-56	0,62	0,59	1,46	2,72	46,30	23,30	-	5,80
		I <sub>2</sub>	56-85	0,53	0,43	1,44	2,70	-	24,10	-	7,72
		I <sub>3</sub>	85-100	0,19	0,37	1,45	2,72	-	24,50	-	8,41
9.	Темно-сірі опідзолені слабозмиті	He	0-13	5,76	0,72	1,17	2,63	54,30	28,83	-	9,90
		He	13-38	2,21	1,17	1,23	2,65	55,60	25,53	-	8,70
		HI	38-65	1,87	1,44	1,35	2,64	48,70	23,49	-	9,73

		I	65-100	0,65	0,40	1,47	2,68	45,10	23,24	-	9,70
10.	Темно-сірі опідзолені середньозмиті	He	0-11	5,06	0,72	1,17	2,63	54,30	28,83	12,57	-
		He	11-38	2,41	1,17	1,23	2,65	55,60	25,53	11,67	-
		HI	38-65	1,87	1,44	1,35	2,64	48,70	23,49	12,98	-
		I	65-100	0,65	0,40	1,47	2,68	45,10	23,24	12,78	-
11.	Темно-сірі реградовані слабозмиті	He	0-24	3,12	1,06	1,29	2,59	51,00	29,93	-	8,50
		HI/к	24-55	1,90	0,76	1,21	2,65	55,00	26,53	-	8,80
		Ihk	55-83	1,31	1,18	1,27	2,65	52,00	23,71	-	7,99
		P(h)к	83-100	1,01	0,84	1,22	2,70	55,00	22,24	-	7,79
12.	Темно-сірі реградовані середньозмиті	He	0-21	2,92	1,06	1,29	2,59	51,00	30,83	11,78	-
		HI/к	21-57	1,80	0,76	1,21	2,65	55,00	27,51	11,43	-
		Ihk	57-83	1,29	1,18	1,27	2,65	52,00	24,49	12,23	-
		P(h)к	83-100	0,81	0,84	1,22	2,70	55,00	23,24	12,04	-
13.	Чорноземи опідзолені слабозмиті	He	0-23	5,01	1,13	1,19	2,62	-	31,50	11,50	-
		He	23-48	3,13	1,14	1,26	2,65	-	27,30	11,80	-
		Hpi	48-76	1,67	0,96	1,35	2,69	-	25,70	11,70	-
		PhI	76-100	0,96	0,89	1,37	2,69	-	25,00	11,60	-
14.	Чорноземи опідзолені середньозмиті	He	0-18	4,01	1,13	1,19	2,62	-	31,50	-	8,50
		He	18-44	3,03	1,14	1,26	2,65	-	27,30	-	8,70
		Hpi	44-76	1,67	0,96	1,35	2,69	-	25,70	-	8,60
		PhI	76-100	0,96	0,89	1,37	2,69	-	25,00	-	8,30
15.	Чорноземи реградовані слабозмиті	He	0-26	3,24	1,28	1,36	2,69	-	28,22	-	7,21
		He	26-44	2,78	1,04	1,24	2,65	-	27,36	-	6,57
		Hpi/к	44-70	1,97	1,00	1,23	2,69	-	24,33	-	7,25
		PhIk	70-100	1,45	0,72	1,22	2,69	-	23,75	-	7,56
16.	Чорноземи реградовані середньозмиті	He	0-26	3,01	1,28	1,34	2,69	-	28,72	9,67	-
		He	26-44	2,68	1,04	1,22	2,65	-	28,36	10,34	-
		Hpi/к	44-70	1,77	1,00	1,23	2,69	-	25,33	11,04	-
		PhIk	70-100	1,35	0,72	1,22	2,69	-	23,25	9,95	-
17.	Чорноземи типові малогу́мусні слабо змиті	H	0-22	4,12	1,97	1,23	2,55	51,80	26,74	-	7,37
		Hк	22-40	4,09	2,32	1,14	2,62	56,50	23,91	-	8,19
		Hрк	40-70	3,55	2,60	1,13	2,62	56,90	22,69	-	8,47
		Phк	70-100	2,26	1,36	1,12	2,63	57,30	20,94	-	7,45
18.	Чорноземи типові малогу́мусні середньозмиті	H	0-18	3,82	1,97	1,23	2,55	51,80	26,74	9,88	-
		Hк	18-43	3,89	2,32	1,14	2,62	56,50	23,91	10,97	-
		Hрк	43-72	3,25	2,60	1,13	2,62	56,90	22,69	11,35	-
		Phк	72-100	2,06	1,36	1,12	2,63	57,30	20,94	9,98	-
19.	Чорноземи типові малогу́мусні сильнозмиті	H	0-15	3,32	1,97	1,23	2,55	51,80	26,74	10,18	-
		Hк	15-40	3,09	2,32	1,14	2,62	56,50	23,91	11,47	-

		Нрк Рhk	40-70 70-100	2,55 2,26	2,60 1,36	1,13 1,12	2,62 2,63	56,90 57,30	22,69 20,94	11,95 10,38	- -
20.	Чорноземи типові вологі середньогумусні слабозмиті	Н/к Н/к Нрк Нрк Рhk	0-24 24-45 45-57 57-80 80-100	5,21 4,57 3,99 3,48 2,29	1,53 1,95 3,12 3,42 2,55	1,16 1,19 1,28 1,37 1,42	2,62 2,64 2,66 2,68 2,70	- - - - -	38,00 34,60 32,89 30,13 28,87	16,40 17,90 18,10 17,20 16,90	- - - - -
21.	Чорноземи типові вологі середньогумусні середньозмиті	Н/к Н/к Нрк Нрк Рhk	0-24 24-45 45-57 57-80 80-100	4,91 4,47 3,89 3,44 2,19	1,53 1,95 3,12 3,42 2,55	1,18 1,22 1,28 1,37 1,42	2,62 2,64 2,66 2,68 2,70	- - - - -	38,20 34,80 32,59 30,33 28,67	16,70 18,20 18,50 17,60 16,60	- - - - -
22.	Чорноземи звичайні середньогумусні слабоеродовані	Н Н Нр/к Нр/к Рhk Рhk	0-27 27-46 46-60 60-75 75-85 85-100	5,87 5,34 4,07 4,04 2,63 2,12	2,70 2,56 - - - -	1,10 1,20 1,25 1,27 1,27 1,28	2,60 2,60 2,62 2,62 2,63 2,64	57,69 53,84 52,29 51,52 51,71 51,51	32,10 31,15 29,00 28,70 27,90 27,00	12,06 12,00 11,84 12,20 12,06 11,72	- - - - - -
23.	Чорноземи звичайні малогумусні слабоеродовані	Н Н Нрк Рhk	0-24 24-52 52-87 87-100	4,31 3,20 2,00 1,43	2,50 2,43 1,98 -	1,05 1,18 1,24 1,30	2,44 2,47 2,52 2,58	- - - -	27,98 25,45 22,34 21,76	- - - -	8,35 8,23 8,12 8,04
24.	Чорноземи звичайні малогумусні середньоеродовані	Н Н Нрк Рhk	0-19 19-50 50-85 85-100	4,11 3,30 2,10 1,33	2,50 2,43 1,98 -	1,15 1,20 1,24 1,30	2,44 2,47 2,52 2,58	- - - -	27,78 24,85 22,34 21,76	12,00 12,20 12,10 11,68	- - - -
25.	Чорноземи південні слабоеродовані	Н Нр(i) Phi/к P(h)к P(h)к Рк	0-22 22-38 38-55 55-70 70-90 90-100	3,00 2,70 1,60 0,90 0,70 0,50	2,90 3,00 1,56 1,17 - -	1,15 1,22 1,28 1,36 1,42 1,51	2,60 2,62 2,63 2,63 2,63 2,65	61,60 51,60 49,90 46,10 43,10 41,20	31,90 27,90 23,90 23,30 20,60 19,70	- - - - - -	8,20 8,30 9,60 9,20 8,10 7,70
26.	Чорноземи південні середньоеродовані	Н Нр(i) Phi/к P(h)к P(h)к Рк	0-18 18-36 36-55 55-70 70-90 90-100	2,90 2,60 1,50 0,80 0,65 0,50	2,90 3,00 1,56 1,17 - -	1,15 1,22 1,28 1,36 1,42 1,51	2,60 2,62 2,63 2,63 2,63 2,65	61,60 51,60 49,90 46,10 43,10 41,20	32,50 28,90 24,70 23,10 20,40 19,10	11,00 11,12 12,86 12,32 10,78 9,90	- - - - - -
27.	Чорноземи південні міцелярно-карбонатні слабоеродовані	Н(к) Нрк Рhk	0-25 25-45 45-67	3,20 2,30 1,80	2,50 2,43 1,98	1,20 1,35 1,40	2,61 2,61 2,68	54,02 48,27 47,01	32,05 28,30 26,80	- - -	6,10 6,05 4,80

		P <sub>K</sub>	67-88	0,90	-	1,48	2,67	44,56	22,30	-	4,50
		P <sub>K</sub>	88-100	0,60	-	1,49	2,69	44,60	21,00	-	4,20
28.	Чорноземи південні міцелярно-карбонатні середньєеродовані	H(к)	0-25	2,90	2,50	1,25	2,61	54,02	31,25	10,10	-
		H <sub>p</sub> к	25-45	2,20	2,43	1,35	2,61	48,27	27,15	10,05	-
		Ph <sub>k</sub>	45-67	1,75	1,98	1,40	2,68	47,01	26,50	9,80	-
		P <sub>K</sub>	67-88	0,80	-	1,48	2,67	44,56	23,30	9,50	-
		P <sub>K</sub>	88-100	0,50	-	1,49	2,69	44,60	21,41	9,20	-
29.	Темно-каштанові солонцюваті слабоєродовані	He	0-18	4,00	1,89	1,15	2,63	56,30	32,20	-	8,12
		H(i)	18-28	2,45	2,22	1,25	2,64	53,20	27,50	-	9,98
		H <sub>p</sub> i	28-43	1,80	1,93	1,31	2,65	50,90	25,30	-	9,87
		Ph <sub>i</sub> /к	43-57	1,20	1,17	1,38	2,67	47,60	23,90	-	8,90
		Ph <sub>i</sub> /к	57-68	0,80	-	1,43	2,67	46,10	21,70	-	8,60
		P <sub>K</sub> (h)	68-80	0,30	-	1,45	2,69	45,00	21,80	-	8,86
		P <sub>K</sub> (h)	80-100	0,10	-	1,48	2,69	45,10	21,40	-	8,90
30.	Темно-каштанові солонцюваті середньєеродовані	He	0-15	3,80	1,89	1,15	2,63	56,30	32,40	12,00	-
		H(i)	15-28	2,25	2,22	1,25	2,64	53,20	27,15	12,20	-
		H <sub>p</sub> i	28-43	1,75	1,93	1,31	2,65	50,90	24,30	12,10	-
		Ph <sub>i</sub> /к	43-57	1,20	1,17	1,38	2,67	47,60	23,58	11,68	-
		Ph <sub>i</sub> /к	57-68	0,70	-	1,43	2,67	46,10	21,70	11,90	-
		P <sub>K</sub> (h)	68-80	0,30	-	1,45	2,69	45,00	21,80	11,30	-
		P <sub>K</sub> (h)	80-100	0,10	-	1,48	2,69	45,10	21,40	11,10	-
31.	Каштанові солонцюваті слабоєродовані	He	0-15	3,30	-	1,17	2,64	-	26,22	3,5	9,00
		H <sub>p</sub> i <sub>k</sub>	15-30	2,20	-	1,24	2,66	-	24,57	15,40	10,10
		Ph <sub>i</sub> k	30-55	1,18	-	1,28	2,66	-	23,13	17,50	-
		P <sub>K</sub> (h)	55-75	0,70	-	1,35	2,68	-	21,00	14,80	-
		P <sub>K</sub> /s	75-100	0,51	-	1,40	2,68	-	20,80	11,90	-
32.	Каштанові солонцюваті середньєеродовані	He	0-15	3,30	-	1,17	2,64	-	26,22	3,7	8,90
		H <sub>p</sub> i <sub>k</sub>	15-30	2,20	-	1,24	2,66	-	24,57	13,10	9,20
		Ph <sub>i</sub> k	30-55	1,18	-	1,28	2,66	-	23,13	-	11,20
		P <sub>K</sub> (h)	55-75	0,70	-	1,35	2,68	-	21,00	-	10,50
		P <sub>K</sub> /s	75-100	0,51	-	1,40	2,68	-	20,80	-	10,30
33.	Каштанові солонцюваті	He	0-15	3,30	-	1,17	2,64	-	26,22	3,5	9,00
		H <sub>p</sub> i <sub>k</sub>	15-30	2,20	-	1,24	2,66	-	24,57	15,40	10,10
		Ph <sub>i</sub> k	30-55	1,18	-	1,28	2,66	-	23,13	17,50	-
		P <sub>K</sub> (h)	55-75	0,70	-	1,35	2,68	-	21,00	14,80	-
		P <sub>K</sub> /s	75-100	0,51	-	1,40	2,68	-	20,80	11,90	-
34.	Солонці каштанові	HE	0-7	4,10	1,45	1,29	2,59	51,00	25,28	4,5	10,10
		Eh	7-16	2,38	2,11	1,21	2,65	55,00	24,27	16,40	11,10
		Ih	16-30	2,15	1,05	1,27	2,65	52,00	22,19	17,20	-
		PIh/к	30-55	1,60	1,42	1,22	2,70	55,00	21,40	14,80	-
		P <sub>K</sub> S	55-85	0,80	-	1,34	2,70	-	20,80	11,90	-

## Фізико-хімічні та агрохімічні властивості основних видів ґрунтів України

№ п/п	Назва ґрунту	Горизонт	Глибина, см	рН <sub>KCl</sub>	рН <sub>вод</sub>	H <sub>r</sub>	S	E	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
						Мг-екв на 100 г ґрунту			Валовий вміст, %			Рухомі форми, мг на 100 г ґрунту		
1.	Дерново-слабопідзолистий глинисто-піщаний слабозмитий	He	0-15	4,6	5,7	1,87	4,69	-	0,03	0,07	1,11	6,95	5,10	7,77
2.	Дерново-слабопідзолистий супіщаний	He	0-18	5,5	6,4	2,7	-	6,37	0,05	0,07	1,11	5,47	6,11	7,23
3.	Дерново-слабопідзолистий супіщаний середньозмитий	He	0-13	5,5	6,4	2,7	-	6,37	0,05	0,07	1,11	5,47	6,11	7,23
4.	Дерново-середньопідзолистий супіщаний слабозмитий	HE	0-22	5,5	6,4	2,7	-	6,37	0,05	0,07	1,11	5,47	6,11	7,23
5.	Світло-сірі опідзолені слабозмиті	HE	0-18	4,6	5,6	3,1	16,52	-	0,09	0,10	1,62	6,87	6,52	8,57
6.	Світло-сірі опідзолені середньозмиті	HE	0-14	4,4	5,7	3,2	-	20,12	0,09	0,10	1,62	6,87	6,52	8,57
7.	Сірі лісові слабозмиті	HE	0-25	4,6	5,7	3,52	19,98	-	0,11	0,13	1,74	6,54	6,59	8,57
8.	Сірі лісові середньозмиті	HE	0-18	4,8	5,9	3,01	-	23,88	0,11	0,13	1,74	6,54	6,59	8,57
9.	Темно-сірі опідзолені слабозмиті	He	0-13	6,3	7,0	3,89	-	35,4	0,14	0,12	1,88	7,98	9,58	11,2
10.	Темно-сірі опідзолені середньозмиті	He	0-11	6,4	7,2	3,47	31,5	-	0,14	0,12	1,88	7,98	9,58	11,2
11.	Темно-сірі реградовані слабо змиті	He	0-24	6,0	7,0	2,1	21,5	-	0,21	0,13	1,89	8,15	9,67	9,63
12.	Темно-сірі реградовані середньозмиті	He	0-21	6,0	6,8	2,4	-	24,7	0,21	0,13	1,89	8,15	9,67	9,63
13.	Чорноземи опідзолені слабозмиті	He	0-23	6,4	7,0	3,28	30,9	-	0,21	0,13	2,07	9,11	11,21	12,63
14.	Чорноземи опідзолені середньозмиті	He	0-18	6,3	7,0	3,16	31,6	-	0,21	0,13	2,07	9,11	11,21	12,63
15.	Чорноземи реградовані слабо змиті	He	0-26	6,4	7,2	1,5	26,9	-	0,21	0,14	1,90	9,8	14,1	11,8
16.	Чорноземи реградовані середньозмиті	He	0-26	6,4	7,2	1,5	-	27,1	0,21	0,14	1,90	9,8	14,1	11,8
17.	Чорноземи типові малогумусні слабозмиті	H	0-22	6,6	7,2	1,10	35,34	-	0,30	0,14	0,21	12,1 0	12,50	11,49
18.	Чорноземи типові малогумусні середньозмиті	H	0-18	6,6	7,2	1,10	-	37,8	0,30	0,14	0,21	12,1 0	12,50	11,49
19.	Чорноземи типові малогумусні сильнозмиті	H	0-15	6,6	7,2	1,10	35,34	-	0,30	0,14	0,21	10,3 0	12,50	11,49
20.	Чорноземи типові вологі середньогумусні слабозмиті	H/к	0-24	6,6	7,2	0,82	-	36,2	0,30	0,14	0,21	12,8 0	12,50	11,49

21.	Чорноземи типові вологі середньогумусні середньозмиті	H/к Phк	0-24	6,6	7,2	0,87	35,34	-	0,30	0,14	0,21	12,4 0	12,50	11,49
22.	Чорноземи звичайні середньогумусні слабоеродовані	H	0-27	6,4	7,2	1,15	31,4	-	0,27	0,15	1,90	15,5	13,4	19,2
23.	Чорноземи звичайні малогумусні слабоеродовані	H	0-24	6,4	7,2	1,00	32,3	-	0,27	0,15	1,90	15,5	13,4	19,2
24.	Чорноземи звичайні малогумусні середньоеродовані	H	0-19	6,4	7,2	1,00	-	34,7	0,27	0,15	1,90	15,5	13,4	19,2
25.	Чорноземи південні слабоеродовані	H	0-22	6,2	6,8	1,7	25,8	-	0,16	0,13	2,60	14,2	12,6	18,5
26.	Чорноземи південні середньоеродовані	H	0-25	6,2	6,8	1,8	-	25,6	0,16	0,13	2,60	14,2	12,6	18,5
27.	Чорноземи південні міцелярно-карбонатні слабоеродовані	H(к)	0-25	6,3	6,8	1,5	24,8	-	0,16	0,13	2,60	14,2	12,6	18,5
28.	Чорноземи південні міцелярно-карбонатні середньоеродовані	H(к)	0-25	6,3	6,8	1,6	-	26,1	0,16	0,13	2,60	14,2	12,6	18,5
29.	Темно-каштанові солонцюваті слабоеродовані	He	0-18	6,2	6,9	Na:3,3	-	34,0	0,15	0,11	2,40	11,8	10,4	21,3
30.	Темно-каштанові солонцюваті середньоеродовані	He	0-15	6,2	6,9	Na:3,5	-	33,0	0,15	0,11	2,40	11,8	10,4	21,3
31.	Каштанові солонцюваті слабоеродовані	He	0-15	7,0	7,7	Na:3,9	26,7	26,5	0,13	0,14	2,11	12,0	10,7	20,7
32.	Каштанові солонцюваті середньоеродовані	He	0-15	7,0	7,7	Na:3,9	26,7	26,5	0,13	0,14	2,11	12,0	10,7	20,7
33.	Каштанові солонцюваті	He	0-15	7,0	7,7	Na:3,9	26,7	26,5	0,13	0,14	2,11	12,0	10,7	20,7
34.	Солонці каштанові	HE	0-7	7,2	7,7	Na:4,7	17,6	21,3	0,20	0,12	1,98	12,3	10,4	19,6







A series of horizontal lines for writing, consisting of 36 lines. The lines are organized into 12 groups, with each group containing three lines. The first line of each group is slightly indented from the left margin, while the second and third lines are aligned with the left margin.

Підписано до друку 4.07.2020 Формат 60x84/16. Папір офсетний. Друк цифровий.  
Гарнітура Times new roman. Умовних друкованих аркушів 39,30. Наклад 100 прим.  
За. № 305 Видавець ТОВ "Друк шоос" Реєстраційне свідоцтво про внесення  
суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців серія ДК № 5909 від  
18.09.2017 р. Віддруковано з (філіалу макету замовника в ТОВ «Друк плюс» м.  
Вінниця, вул. 600-річчя, 25,21027.