

А.А. Юрченко
І.Г. Миронова

ҐРУНТОЗНАВСТВО

Навчальний посібник

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



**ДНІПРОВСЬКА
ПОЛІТЕХНІКА**
1899

А.А. Юрченко, І.Г. Миронова

ҐРУНТОЗНАВСТВО

Навчальний посібник

Дніпро
НТУ «ДП»
2022

УДК 631.4 (075.8)

Ю83

Затверджено Вченою радою НТУ «Дніпровська політехніка» як навчальний посібник для бакалаврів спеціальностей 183 «Технології захисту навколишнього середовища» та 101 «Екологія» (протокол №6 від 02.06.2022)

Рецензенти:

В.Є. Колесник – д-р техн. наук, професор, професор кафедри екології та технології захисту навколишнього середовища Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»;

М.М. Харитонов – д-р с.-г. наук, професор, професор кафедри загального землеробства та ґрунтознавства Дніпровського державного аграрно-економічного університету;

М.М. Федоряк – д-р біол. наук, професор, завідувачка кафедри екології та біомоніторингу Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

Юрченко А.А.

Ю83 Ґрунтознавство: навч. посібник / А.А. Юрченко, І.Г. Миронова ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2022. – 225 с.

Охарактеризовано земельні ресурси України, розглядаються значення земельних ресурсів для сталого розвитку економіки України, їх географічне районування і загальна схема. Наведені етапи розвитку ґрунтознавства як науки та обґрунтовано представлення ґрунтів як важливої складової біосфери та наведені головні їх властивості. Розглянуто зв'язок антропогенного впливу на ґрунти та погіршення ґрунтового покриву, антропогенні зміни ґрунтів та заходи, спрямовані на збереження та відтворення родючості і цілісності ґрунтів.

УДК 631.4 (075.8)

© А.А. Юрченко, І.Г. Миронова
© НТУ «Дніпровська політехніка»,
2022

ЗМІСТ

ВСТУП	6
ГЛАВА 1. ВСТУП ДО КУРСУ	7
1.1. Предмет, мета та завдання навчальної дисципліни	7
1.2. Поняття «грунт», його місце і роль в житті людини	9
1.3. Становлення ґрунтознавства як науки, етапи розвитку науки про ґрунти	11
1.4. Розвиток ґрунтознавства в Україні	13
1.5. Актуальні екологічні проблеми ґрунтів та шляхи їх вирішення	16
1.6. Законодавча та нормативна база у галузі ґрунтознавства в Україні ...	20
ГЛАВА 2. ҐРУНТОУТВОРЮЮЧІ ПРОЦЕСИ	34
2.1. Стадії ґрунтоутворення	34
2.2. Великий геологічний та малий біологічний кругообіг речовин	36
2.3. Вплив антропогенного фактора на кругообіг речовин	40
2.4. Енергетика ґрунтоутворення	41
2.5. Основні морфологічні ознаки генетичних горизонтів	42
2.6. Ґрунтовий профіль, ґрунтові горизонти та їх індексація	44
2.7. Фактори ґрунтоутворення	49
ГЛАВА 3. ҐРУНТ ЯК БАГАТОКОМПОНЕНТНА СИСТЕМА. ТВЕРДА КОМПОНЕНТА ҐРУНТІВ	69
3.1. Структура ґрунту	69
3.2. Утворення структури ґрунту	72
3.3. Втрата і відновлення водостійкої структури ґрунту	74
3.4. Екологічне значення структури ґрунту	75
3.5. Класифікація ґрунтів	76
3.6. Закономірності географічного поширення ґрунтів в Україні	79
ГЛАВА 4. ГРАНУЛОМЕТРИЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТІВ ЯК ДИСПЕРСНОЇ СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ЙОГО ВИВЧЕННЯ	86
4.1. Гранулометричний склад ґрунтів	86
4.2. Гранулометричний аналіз	90
4.3. Значення гранулометричного складу ґрунту	91
ГЛАВА 5. РІДКА КОМПОНЕНТА ҐРУНТІВ І КЛАСИФІКАЦІЯ ВОДИ В ҐРУНТАХ	93
5.1. Джерела води в ґрунті та умови її знаходження	93
5.2. Форми води в ґрунті	94
5.3. Водні властивості ґрунту	95
5.4. Типи водного режиму ґрунтів	96
5.5. Ґрунтово-гідрологічні константи	98

5.6. Доступність води в ґрунті для рослин	99
5.7. Регулювання водного режиму ґрунту	100

ГЛАВА 6. ПОХОДЖЕННЯ, СКЛАД ТА ВЛАСТИВОСТІ

ОРГАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ҐРУНТУ	102
6.1. Загальна схема формування органічної частини ґрунту	102
6.2. Джерела і склад органічної частини ґрунту	102
6.3. Хімічний склад гумусу і його характеристики	105
6.4. Організми, їх роль у ґрунтоутворенні, взаємодія з компонентами ґрунтового зростання	107
6.5. Вплив факторів ґрунтоутворення на гумусонакопичення	120
6.6. Значення гумусу у формуванні та відновлення родючості ґрунтів	123
6.7. Екологічна роль органічних речовин ґрунту	123
6.8. Родючість ґрунтів	125

ГЛАВА 7. ПОВІТРЯНА СКЛАДОВА ҐРУНТУ ТА ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ

7.1. Форми повітряної фази в ґрунті	138
7.2. Повітряно-фізичні властивості ґрунту	139
7.3. Газообмін ґрунтового повітря з атмосферним	141
7.4. Регулювання повітряного режиму ґрунту	143

ГЛАВА 8. ФІЗИЧНІ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ

8.1. Загальні фізичні властивості ґрунтів	145
8.2. Щільність (об'ємна маса) ґрунту	146
8.3. Пористість ґрунтів	147
8.4. Фізико-механічні властивості ґрунтів	151

ГЛАВА 9. ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ

9.1. Теплові особливості ґрунтів	155
9.2. Теплові характеристики ґрунту	156
9.3. Тепловий режим ґрунтів	159
9.4. Вплив природних чинників на тепловий режим	160
9.5. Тепловий баланс ґрунту	161
9.6. Типи теплового (температурного) режиму ґрунтів	161
9.7. Прийоми регулювання теплового режиму ґрунтів	162

ГЛАВА 10. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ.

ПОГЛИНАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ ҐРУНТІВ	165
10.1. Хімічні елементи та їх сполуки в ґрунтах	165
10.2. Мікроелементи ґрунтів	169
10.3. Радіоактивність ґрунтів	170
10.4. Поняття кислотності, лужності та буферності ґрунту	173

10.5. Здатність ґрунту вбирати хімічні речовини	175
10.6. Ємність вбирання ґрунтів	181
10.7. Екологічне значення вбирної здатності ґрунту	182
ГЛАВА 11. ЗАБРУДНЕННЯ ЗЕМЕЛЬ	184
11.1. Екологічні наслідки антропогенних змін земельних ресурсів	184
11.2. Основні забруднювачі ґрунту	185
ГЛАВА 12. ОХОРОНА ЗЕМЕЛЬ	189
12.1. Задачі охорони ґрунтів	189
12.2. Деградація ґрунтів, причини виникнення та заходи попередження ..	191
12.3. Ерозія ґрунтів	195
12.4. Промислова ерозія ґрунтів	202
12.5. Дегуміфікація ґрунтів	204
12.6. Охорона ґрунтів від забруднення агрохімікатами	205
12.7. Процеси вторинного засолення, осолонцювання та злитизації ґрунтів	209
12.8. Бонітування ґрунтів	212
12.9. Моніторинг ґрунтів та його значення для боротьби із забрудненням навколишнього середовища	214
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	220
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	222

ВСТУП

Ґрунтознавство являє собою науку про ґрунти та розглядає будову, властивості та склад ґрунтів, а також закономірності їх поширення на певній території. При цьому питання ґрунтового покриву та негативної антропогенної дії на останній складають предмет вивчення ґрунтознавства як дисципліни. Розглядається охорона та раціональне використання ґрунтів, а також їх зміна під дією промислового та невиробничого впливу.

Чорноземи, які займають майже 60 % території України, є її національним багатством. Тому важливою задачею українського суспільства є бережне використання та збереження якості ґрунтів країни та залучення для цих дій не тільки спеціалістів з агрономії та біології, а й інших галузей. При цьому фахівці у екологічній сфері повинні мати знання щодо оцінок стану сільськогосподарських земель, прогнозу зміни якості ґрунтів у напрямку їх деградації, а також обґрунтуванню пропозицій щодо районування та поліпшення екологічного стану ґрунтів на певній території.

У даному навчальному посібнику розглядаються основні питання щодо процесу ґрунтоутворення, властивостей ґрунтів, ґрунтового-географічного районування ґрунтів України, їх антропогенних змін та заходів, спрямованих на збереження та відтворення родючості і цілісності ґрунтів та ін.

Значення ґрунту для людського суспільства важко переоцінити. Якщо на ранніх етапах розвитку людства ґрунт мав другорядне значення, так як забезпечував людину продуктами харчування за рахунок дикоростучої рослинності, то після переходу до землеробства ґрунт стає одним з основних джерел продуктів харчування. Тому людина праці завжди з глибокою повагою ставилась до цього природного багатства, люб'язно називаючи його «ненькою». Ґрунтовий покрив разом з рослинним має велике значення для збереження біосфери, якості та чистоти повітря, води, їжі, а також здоров'я населення. Разом з рослинами він бере активну участь у виробництві необхідної для людини біологічної продукції, в акумуляції та розподілі космічної енергії у процесі фотосинтезу, забезпеченні оптимального балансу кисню в атмосфері, а також є екраном, який запобігає геохімічному стоку в світовий океан з біосфери важливих хімічних біосферних елементів. Крім того, ґрунтовий покрив відіграє роль фізико-хімічного і біологічного поглинача та нейтралізатора багатьох речовин, які забруднюють середовище. Ґрунт являє з себе надзвичайно особливе природне утворення, для якого притаманні особлива будова, склад та властивості. Найважливішою властивістю ґрунту є його родючість, тобто здатність забезпечувати ріст та розвиток рослин. Ця властивість ґрунту становить надзвичайну цінність для життя людини та усіх організмів, що живуть на суші.

Ґрунтознавство є широкою природничо-історичною дисципліною. При вивченні процесу ґрунтоутворення та властивостей ґрунту виявляється, що воно тісно пов'язано з геологією, мінералогією, фізикою, хімією, мікробіологією, біологією, метеорологією, біохімією, кліматологією. В той же час ґрунтознавство є важливою фундаментальною наукою, підставою для землеробства, рослинництва, агрохімії, агрометеорології, охорони навколишнього середовища.

ГЛАВА 1. ВСТУП ДО КУРСУ

1.1. Предмет, мета та завдання навчальної дисципліни

Ґрунт (від нім. *Grund* – земля, основа) – 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 для росту і розвитку рослин відповідні умови. Сучасна наука про ґрунти – ґрунтознавство – визначає ґрунт як складову частину педосфери (поверхнева оболонка Землі) разом з іншими біокосними тілами – ґрунтоподібними тілами (педолітами), ґрунтовими плівками, підґрунтовим ярусом біосфери. У докучаєвському генетичному ґрунтознавстві загальноприйнятим є субстанційно-функціонально-атрибутивне визначення, за яким ґрунт – це складна поліфункціональна і полікомпонентна відкрита багатофазна структурна система в поверхневому шарі кори вивітрювання гірських порід, що володіє родючістю, і є комплексною функцією гірської породи, організмів, клімату, рельєфу та часу. Ґрунтова школа США має загалом аналогічне визначення ґрунту, за яким 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 чи 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. Світова реферативна база ґрунтових ресурсів (*WRB*) використовує ширший підхід, називаючи ґрунтом будь-який об'єкт, що формує частину епідерми Землі; у *WRB* ґрунт – це будь-який матеріал у межах 2 м від поверхні Землі, що контактує з атмосферою (за винятком ділянок із суцільним льодом, водних тіл, глибших від 2 м, живих організмів).

Ґрунт серед інших фізичних тіл Землі живої (організми) і косної (гірські породи та мінерали) природи займає особливе проміжне положення, будучи так званим «біокосним тілом природи». У його складі беруть участь як мінеральні, так і органічні речовини, у тому числі велика група специфічних сполук – ґрунтовий гумус. Невіддільну частину ґрунту – його живу фазу – складають живі організми: кореневі системи рослин, тварини різного розміру, що живуть у ґрунті, величезна різноманітність мікроорганізмів. Однак глибше розуміння сутності ґрунту передбачає, що його основні ознаки не специфічні: ґрунт є біокосним тілом, але є й інші біокосні тіла; ґрунт є багатофазною системою, але є й інші багатофазні системи, включно із живою фазою; чинники, що їх називають ґрунтоутворюючими, формують також інші природні тіла.

Ґрунтознавство – це наука про ґрунт, його походження, розвиток, еволюцію, функціонування, склад, будову, властивості, взаємозв'язок з живими організмами та навколишнім середовищем, закономірності географічного поширення, родючість, шляхи раціонального використання та охорони. Воно пов'язане з фундаментальними науками (фізика, хімія, математика);

природничими (геологія, мінералогія, петрографія, фізична географія, геоботаніка, гідрологія, біологія, мікробіологія, біохімія); сільськогосподарськими (агрохімія, фізіологія рослин, рослинництво, землеробство, луківництво, лісівництво, економіка сільського господарства, землеустрій та ін.). Грунтознавство вивчає ґрунт як природне тіло, засіб виробництва, предмет і продукт людської праці. 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.

Завдання ґрунтознавства:

- раціональне освоєння та облаштування території;
- розробка ефективних методів і технологій вирощування сільськогосподарських культур, підвищення їх продуктивності, отримання екологічно чистих продуктів.

До найбільш важливих розділів ґрунтознавства відносять вчення про генезис (формування) ґрунтів, географію ґрунтів, родючість і принципи її регулювання. За властивостями ґрунтів виділяють фундаментальні розділи ґрунтознавства: фізика, хімія та біологія ґрунтів, а за формами використання ґрунту – агрономічне, лісове та меліоративне ґрунтознавство.

Особливий розділ, який використовує матеріали інших розділів ґрунтознавства, це класифікація ґрунтів – одна з найдискусійніших проблем генетичного ґрунтознавства. Вона служить таксономічною системою для картографії ґрунтів, характеристики й оцінки їх родючості, створення єдиного державного земельного кадастру. Грунтознавство 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 типи 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.

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 взаємозв'язаних генетичних горизонтів;

- морфологічний метод – найпростіший, всюдоступний і найпопулярніший серед дослідників і тому він завжди знаходиться в основі польової діагностики ґрунтів;

- порівняльно-географічний, в основі якого є 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 установа склади та властивостей ґрунтів;

– метод моделювання ґрунтових процесів та режимів (метод ґрунтових монолітів);

– широкого поширення останнім часом набули аерокосмічний та радіоізотопний методи.

1.2. Поняття «ґрунт», його місце і роль в житті людини

Перше наукове визначення ґрунтам дав В.В. Докучаєв: *«Почвой следует называть «дневные» или наружные горизонты горных пород (все равно каких), естественно измененные совместным воздействием воды, воздуха и различного рода организмов, живых и мертвых»*. Він установив, що всі ґрунти утворюються за рахунок складної взаємодії клімату, рослинного і тваринного світів, складу і будови материнських порід, рельєфу місцевості, а також віку країни. У науковій праці «Лекції з ґрунтознавства» (1901) він писав, що ґрунт є функцією (результатом) від материнської породи, клімату, організмів, рельєфу, помножених на час. Ці ідеї В.В. Докучаєва отримали подальший розвиток в уявленні В.І. Вернадського про ґрунти як про біомінеральну («біокосну») динамічну систему, що знаходиться у постійній взаємодії на матеріальному та енергетичному рівнях із зовнішнім середовищем і частково замкненої через біологічний коловорот.

ґрунт (сучасне визначення) – 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. Головною рисою ґрунту є родючість – здатність забезпечувати рослини під час їхнього росту і розвитку водою та поживними речовинами. Всебічне вивчення родючості провів відомий ґрунтознавець В.Р. Вільямс. 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. Провідна роль у ґрунтоутворенні біологічного фактора зумовлює формування у ґрунті специфічної органічної речовини – гумусу. ґрунт характеризується складним структурно-організованим профілем, у якому поряд із системою генетичних горизонтів обов'язково наявна визначена кількість гумусу, що залежить від типу ґрунтоутворення, вмісту фізичної глини та інтенсивності зволоження. Складається із твердої, рідкої, газоподібної та живої частин.

Класиками ґрунтознавства розроблено низку головних положень генетичного ґрунтознавства, які складають теоретичний фундамент сучасних методологічних підходів. Поміж них варто виділити такі:

– ґрунти – це самостійні природно-історичні тіла, що формуються в часі на поверхні землі з гірських порід під дією факторів ґрунтоутворення;

– єдність природного ґрунтового тіла і зв'язаного з ним ґрунтового профілю (профільний метод ґрунтових досліджень);

- фактори ґрунтоутворення – комплекс природних і антропогенних явищ;
- ґрунтоутворний процес – складний комплекс елементарних ґрунтових процесів, які є результатом взаємодії, трансформації та міграції органічних та мінеральних речовин;
- історизму ґрунтоутворення і послідовність його стадій та еволюції ґрунтів;
- типів ґрунтів і типів ґрунтоутворення;
- ґрунтових режимів;
- ґрунтових зон і зональних типів ґрунтів як основної форми організації ґрунтового покриву землі;
- систематики та класифікації ґрунтів;
- родючості ґрунтів.

Ґрунт розміщується між літосферою, атмосферою і гідросферою. Він формує особливу геосферу – педосферу, або ґрунтовий покрив планети – система просторового взаємопов'язаного та зумовленого різноманіття ґрунтових тіл за походженням і властивостями, яка сформована під впливом тісно пов'язаних, але неоднакових кліматичних, біологічних, літогранулометричних, гідрогеологічних та інших умов. Ґрунтовий покрив у просторі має безперервний (континуальний) характер розвитку ґрунтових тіл і відсутність дискретних їхніх індивідів з чітким природними межами. Водночас, він являє собою організований у просторі і часі єдиний функціональний комплекс з різними рівнями організації, які є ієрархічно підпорядкованими його структурами.

Елементарною одиницею ґрунту є ґрунтовий індивідуум (педон) – реально існуючий природній 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. Ґрунтовий покрив займає особливе місце серед матеріальних умов, які необхідні для життя людей. Він є першою передумовою і природною основою в багатьох галузях народного господарства. Без ґрунту неможливе суспільне виробництво. В різних галузях виробництва, які використовують землю, враховують різні властивості ґрунту.

Галуззю народного господарства, яка повністю базується на використанні ґрунтів, їх основної властивості родючості, є землеробство. В цій галузі ґрунт є економічною основою, основним засобом виробництва. Крім того, ґрунт в землеробстві виконує ще дві функції: одночасно він є предметом праці і продуктом праці. Порівняно з іншими засобами виробництва ґрунт має ряд специфічних особливостей – ґрунт є незамінним засобом виробництва. В інших галузях виробництва замість одних можна використати інші, досконаліші засоби виробництва. В землеробстві ґрунт не можна замінити ніякими іншими засобами – ґрунтовий покрив планети просторово обмежений. Його площу неможливо розширити. Крім того, використання ґрунту пов'язано з постійністю місця, з його фізичним не переміщенням. На відміну від інших засобів виробництва, які в

процесі використання фізично і морально зношуються, ґрунт є вічним засобом. За правильних умов використання він не зношується, а в разі дбайливого до нього ставлення поліпшується, родючість його підвищується. Не лише ґрунт, його родючість визначає ефективне ведення сільського господарства, а й інші засоби виробництва. Проте всі вони проявляють себе через ґрунт, через його родючість. Існує закономірний зв'язок між землею як економічною категорією, її оцінкою, родючістю ґрунту та урожайністю вирощуваних культур. Якісні характеристики ґрунтів значно впливають на оціночну вартість земельної ділянки, тому їх обов'язково враховують при здійсненні грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення.

Природні властивості ґрунтів залежать як від їх генетичних особливостей, так і від умов сільськогосподарського використання. Тому культурний, орний ґрунт іноді називають ще й дзеркалом господарської діяльності людини. Результатом культурного ґрунтотворного процесу може бути як поліпшення властивостей природних ґрунтів, так і їх погіршення. Культурний ґрунтотворний процес, який цілеспрямовано розвивається під впливом діяльності людини, зумовлює формування високопродуктивного культурного ґрунту.

1.3. Становлення ґрунтознавства як науки, етапи розвитку науки про ґрунти

Ґрунтознавство – наука про ґрунти, їх походження, властивості, географічне поширення, про шляхи раціонального використання і охорону ґрунтового покриву.

Ґрунт серед природних факторів – джерело життя і достатку – відіграє основну роль у навколишньому середовищі. Без ґрунту неможливе життя на Землі. Ґрунти – необхідний чинник як для підтримання екологічної рівноваги, так і для життя людини, оскільки він являє собою один з основних природних ресурсів, що обумовлюють соціальний і економічний розвиток суспільства.

Основною властивістю ґрунту є її родючість. Саме це найважливіша якість ґрунту, що відрізняє його від гірської породи, підкреслював академік В.Р. Вільямс, визначаючи ґрунт як *«поверхневий горизонт суші земної кулі, здатний виробляти урожай рослин»*.

За тисячоліття своєї практичної діяльності людство накопичило багато спостережень про життя ґрунту і пов'язувало свою господарську діяльність з підміченими характерними особливостями і закономірностями. Так виникали, змінюючи одна одну, фізичні та хімічні теорії структури і властивостей ґрунтів, а також теорії, що пояснюють зростання на них рослин, теорії водного, гумусового, мінерального живлення.

В даний час виділяють наступні етапи розвитку науки про ґрунти:

I етап – первинна систематизація відомостей про ґрунти і добрива ґрунтів (IV ст. до н. е. – IV ст. н. е.);

Коріння становлення цієї дисципліни йдуть у глибоку стародавність – початок зародження землеробства (близько 10 тис. років тому). В осередках

стародавньої цивілізації (Китай, Стародавній Єгипет, Стародавня Греція, Стародавній Рим) мало місце накопичення емпіричних знань про ґрунти, прийоми її обробки, властивості. В цей час були перші спроби створити угруповання ґрунтів для цілей їх використання та його поліпшення. Відомі своїми роботами в галузі ґрунтознавства такі вчені Стародавнього Риму і Древньої Греції, як Катон Старший, Вергілій, Колумелла, Геродот та ін.

2 етап – створення кадастрів ґрунтів (VI–XVI ст.);

Середньовіччя – тривалий період застою в галузі природничих наук. Деякі успіхи в дослідженні ґрунтового покриву були отримані у Візантії, Китаї, Німеччині, Італії. До цього періоду відносяться перші наукові дослідження і в Росії. З початком розкладу феодального суспільства знову з'явився інтерес до вивчення ґрунтів у зв'язку з проблемою живлення рослин. У ряді робіт того часу відбивалась думка, що рослини живляться водою, створюючи хімічні сполуки повітря та води; ґрунт же розглядався як інертне середовище, механічна опора для рослин.

3 етап – складання агрономічних трактатів про ґрунти і перші думки про роль мінеральних сполук у живленні рослин (XV–XVII ст.);

Великі успіхи у розвитку науки про ґрунти були досягнуті в період Відродження (XV–XVII ст.) на 3 етапі. Були розроблені теорії про роль ґрунту в живленні рослин, визначені в загальних рисах склад і походження гумусу, покращено групування ґрунтів. Вважається, що в період Відродження ґрунтознавство як наука була майже повністю сформована.

4 етап – зародження сучасних поглядів на родючість ґрунтів вчених Західної Європи і Ломоносова в Росії; поява гумусової теорії живлення рослин (XVIII–XIX ст.);

Етап припадає на XVIII століття і ознаменувався інтенсивним розвитком російського ґрунтознавства. Велике значення для формування наукових поглядів на ґрунт мали роботи М.В. Ломоносова (1711–1765) – про живлення рослин, про походження чорноземів та ін. М.В. Ломоносов вважав, що рослини живляться не тільки водою, але і тонкими частинками землі. Велику увагу Ломоносов приділяв питанню про походження перегною, який він розглядав як продукт біологічних процесів.

А. Теєр був одним з основоположників агрономії та організатором першого вищого агрономічного навчального закладу. У XVIII–XIX столітті в розробці питань живлення рослин і хімії ґрунтів слід відзначити роботи шведа Берцеліуса, німця Ю. Лібіха, француза Ж. Б. Буссенго та ін. У першій половині XIX ст. знаменитий німецький хімік Юстус Лібіх (1803–1873) розробив мінеральну теорію живлення рослин. За цією теорією рослини засвоюють з ґрунту мінеральні речовини, з перегною ж – тільки вуглець у вигляді вуглекислоти. Так як рослини витягують з ґрунту мінеральні елементи, то кожен урожай, який возять з поля, виснажує ґрунт. З метою ліквідації дефіциту елементів у ґрунті, необхідно вносити мінеральні добрива, виготовлені заводським шляхом. Велика заслуга Лібіха – введення в практику сільського господарства застосування мінеральних добрив. Великим мінусом в його

поглядах був недооблік ролі азоту в живленні рослин. Значення азоту для ґрунту та рослин було широко вивчено французьким вченим Ж.Ю. Буссенго.

5 етап – створення теоретичного ґрунтознавства і науки про ґрунти в роботах Докучаєва, Сибірцева, Костичева, Вільямса та інших російських вчених (кінець XIX ст.– перша половина XX ст.);

На 5 етапі до середини XIX ст. накопичився великий матеріал по вивченню ґрунтів. Однак ці дані були надзвичайно неоднорідними і навіть відносилися до різних об'єктів. Фахівці у галузі сільського господарства та агрономії вивчали переважно орний горизонт.

Геологи ґрунт представляли, як потужну товщу продуктів вивітрювання гірських порід. Спроби механічно поєднати ці по суті різні напрямки призвели до появи еkleктичної і нежиттєздатної аерогеології.

Для ґрунтознавства XIX століття характерний великий підйом. Починається диференціація науки, розширюються зв'язки з іншими науками, утворюються навчальні центри з підготовки фахівців сільського господарства.

Однак справжню наукову революцію в ґрунтознавстві в цей час здійснив Василь Васильович Докучаєв (1846–1903). Йому належить честь створення справжньої науки про ґрунти (наукового ґрунтознавства) – генетичного ґрунтознавства. Він розглядав ґрунт як самостійне природне тіло, розробив вчення про природні і ґрунтові зони, про фактори ґрунтоутворення, про класифікацію ґрунтів та ін.

6 етап – сучасний етап розвитку географії ґрунтів та ґрунтознавства в світі, використання новітніх методів досліджень та відкриття нових знань про ґрунти Землі та їх родючість (друга половина XX століття – початок XXI століття).

1.4. Розвиток ґрунтознавства в Україні

Дослідження ґрунтів України та їх вбирної здатності проводились *О.Н. Соколовським* (1884–1959). Працюючи завідувачем кафедри ґрунтознавства Харківського СГІ (1924–1959), він паралельно з К.К. Гедроцем плідно досліджував колоїди та структуру ґрунту, його фізичні й фізико-хімічні властивості, динаміку гумусу залежно від обмінно-поглинутих катіонів. Ним розроблена індексація ґрунтових генетичних горизонтів, яка стала основною в Україні. Дуже плідною була організація ним та керівництво багатьма програмними дослідженнями, заснування наукових лабораторії та науково-дослідних установ. Це в першу чергу Український науково-дослідний інститут ґрунтознавства і агрохімії (УНДІГА), що носить його ім'я.

Велетенською фігурою серед вчених-природознавців постає *В.І. Вернадський* (1863–1945), який збагатив науку глибокими ідеями, які стали основою нових провідних напрямків у сучасній геології, мінералогії, гідрогеології. В.І. Вернадський – основоположник вчення про біосферу та ноосферу, а також перший президент Академії наук УРСР (1919–1921 рр.).

Визначна роль у вивченні водного режиму чорноземів та інших ґрунтів під степовою природною і штучною лісовою рослинністю належить

Г.М. Висоцькому (1865–1940). Будучи директором Великоанадольської дослідної станції (Донецька область), він розробив методи дослідження ґрунтової вологи, класифікації чинників водного режиму ґрунтів. Йому належить вислів: «Вода у ґрунті – все рівно, що кров в організмі». Його роботи, виконані головним чином в Україні, стали класичними і лягли в основу створеної ним ґрунтової гідрології.

На початку ХХ ст. в ряді губерній та повітів України були виконані роботи по вивченню генезису основних типів ґрунтів. Ґрунти Волинської губернії та зональність їх розподілення вивчав в 1897–1920 рр. *П.А. Тутковський*; ґрунти Подільської і Херсонської губерній вивчав у 1906–1916 рр. *О.Г. Набоких*, який встановив основні райони розповсюдження сірих лісових ґрунтів, опідзолених і типових чорноземів та вивчив їх генезу, будову і властивості.

В 1905–1906 рр. *М.О. Дімо* і *Б.Б. Полиновим* проводились ґрунтові дослідження у Чернігівській губернії. В результаті були складені ґрунтові карти окремих повітів. В 1910–1914 рр. *М.І. Фролов* досліджував ґрунтовий покрив в зоні бурякосіяння Київської губернії. Він склав великомасштабні ґрунтові карти окремих повітів, які були пізніше використанні при складанні ґрунтової карти України.

В 20–30-ті роки ХХ ст. розвиток ґрунтознавства в Україні багато в чому був пов'язаний з ім'ям професора *Г.Г. Махова*, який продовжив докучаєвську традицію польового обстеження ґрунтів, підготував на матеріалах експедицій *В.В. Докучаєва*, *М.О. Дімо*, *О.Г. Набоких*, *М.К. Клепініна*, *В.В. Курилова* та своїх власних карту ґрунтів України.

В 1939 р. матеріали про ґрунти України були узагальнені в роботі *С.С. Соболева* «Почвы Украины и степного Крыма», складена ґрунтова карта під редакцією *О.Н. Соколовського*. Після другої світової війни були проведенні регіональні дослідження ґрунтів України, які проводилися *К.С. Божком*, *Н.Б. Вернандером*, *М.М. Годліним*, *Г.М. Самбуром*, *С.О. Скоріню*. В результаті була побудована республіканська ґрунтова карта, де вперше були узагальнені всі дані про ґрунти. Ці роботи були удостоєні Золотої медалі *В.В. Докучаєва* АН СРСР.

В 1956–1962 рр. була виконана суцільна великомасштабна зйомка територій колгоспів і радгоспів республіки. Методику досліджень, організацію робіт координував УНДІГА ім. *О.Н. Соколовського* і Міністерство сільського господарства України за участю всіх науково-дослідних інститутів сільського господарства, сільськогосподарських вузів, університетів республіки, де були організовані експедиції для дослідження ґрунтів по зонах і областях.

Завдяки участі в ґрунтових експедиціях висококваліфікованих фахівців-картографів і землевпорядників, агроекономістів, робота була забезпечена всіма необхідними матеріалами і велась комплексно, із складанням не тільки ґрунтових карт, але й цілого ряду картограм. Результатом експедицій стали науково-обґрунтовані рекомендації щодо раціонального використання ґрунтів, захисту від ерозії, меліорації перезволожених та інших малопродуктивних земель. Кожне господарство одержало ґрунтову карту М 1:10000 або 1:25000 з

грунтовим нарисом та рекомендаціями щодо використання та поліпшення земель.

В 1969 та 1972 роках в результаті узагальнення матеріалів суцільної великомасштабної ґрунтової зйомки колективом авторів під керівництвом *М.К. Крупського* була надрукована Ґрунтова карта УРСР М 1:750000. Для всіх областей були складені ґрунтові карти М 1:200000 та опубліковані монографії.

В останній чверті ХХ століття було опубліковано: «Атлас почв Украинской ССР»; «Полевой определитель почв» (*М.І. Полупан*, 1988); «Почвы Украины и повышение их плодородия»; «Леса и лесные земли» (*Е.С Мигунова*, 1993); «Естественные леса и естественные почвы» (*Н.А. Белова, А.П. Травлєєв*, 1999). В останні роки велика увага приділялась дослідженню генезису ґрунтів Українських Карпат. Розроблена класифікація і діагностика бурих ґрунтів, уточнена генеза лісових ґрунтів передгірських Карпат, виділено нові типи підзолисто-буроземних і буро-підзолистих оглеєних ґрунтів, визначено їх генетичний зв'язок з буроземним процесом і відмінність від дерново-підзолистих ґрунтів.

Зараз в Україні дослідження ґрунтів виконуються багатьма науковими установами та вузами. УНДІГА проводить стаціонарні дослідження ґрунтових процесів і режимів (динаміка гумусу та інших елементів родючості, водно-сольовий режим засолених ґрунтів). Харківський НАУ розробляє методи меліорації та окультурення солонцевих та оглеєних ґрунтів, Українська національна аграрна академія (м. Київ) проводить обґрунтування ґрунтозахисних систем землеробства в степовій та лісостеповій зонах України, Український науково-дослідний інститут землеробства розроблює наукові основи хімічної меліорації кислих та лужних ґрунтів, окультурення дерново-підзолистих піщаних і супіщаних ґрунтів, родючості ґрунтів Полісся та Лісостепу.

Значну участь в цій роботі беруть університети України: Харківський (захист ґрунтів від дефляції), Одеський (вплив зрошення на родючість чорноземів), Київський (географія, генезис та класифікація ґрунтів, структура ґрунтового покриву і географічне обґрунтування ґрунтових меліорацій), Львівський (меліорація ґрунтів та їх захист від водної ерозії). Крім загальновідомих центрів розвитку ґрунтознавчої науки в Україні (Київ, Харків), все більшої ваги набувають регіональні школи: Дніпровська (*А.П. Травлєєв*), Рівненська (*С.Т. Вознюк*), Чернівецька (*І.І. Назаренко*) та ін.

Вирішенням цих та інших питань, що постали перед сучасним ґрунтознавством, займається цілий ряд дослідників, прізвища яких навіть перелічити досить проблематично. Перспектива розвитку сучасного ґрунтознавства зводиться до:

- а) підвищення ефективності використання меліорації;
- б) раціонального використання добрив;
- в) мінімізації обробітку ґрунту;
- г) раціональної структури посівних площ сільськогосподарських угідь, екосистем.

1.5. Актуальні екологічні проблеми ґрунтів та шляхи їх вирішення

Виділяють п'ять глобальних функцій ґрунту.

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 його 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. Згідно з вченням В.М. Сукачова про біогеоценози, ґрунт є невід'ємним компонентом природних екологічних систем (екосистем), або біогеоценозів, з яких складається біосфера. Він входить до них як окрема підсистема, яка пов'язана з іншими підсистемами (рослини, тварини, атмосфера тощо) численними зв'язками. Отже, функціонування наземних екосистем неможливе без ґрунту. В економічній сфері людського суспільства ґрунт набуває соціально-економічного поняття. У даному випадку ґрунт одночасно виступає як фізичне середовище, життєвий простір існування людей і як економічна основа, тобто основний засіб сільськогосподарського виробництва. Народногосподарське значення ґрунту як основного засобу виробництва в сільському господарстві визначається його

основною властивістю – родючістю. Ґрунт є надбанням усього людства і тому всі люди Землі повинні раціонально використовувати і охороняти його для сучасного і майбутніх поколінь.

Сучасний етап розвитку науки про ґрунт, в результаті прогресуючої екологічної кризи, обумовлено впливом людини на біосферу в цілому і зокрема на ґрунтовий покрив, вимагає ретельного аналізу досягнутого, чітке розуміння ролі ґрунту у збереження біологічного різноманіття нашої планети, в подальшому розвитку людської цивілізації та забезпечення екологічно стійкого стабільного співіснування. Ґрунти як феномен нашої планети – це своєрідні природні тіла і заслуговують не менше уваги, ніж океан або космос і тому потребують комплексного дослідження на високому екосистемному (анатомічному) рівні.

В.В. Докучаєв зазначав, що з усіх елементів природи (царств, компонентів) тільки ґрунт ніколи не шкодив людині, але замість цього завжди годував його і зберігав навколишнє середовище. Насправді, як справедливо зазначив засновник генетичного ґрунтознавства, тільки ґрунт проявляє кращу й вищу чарівність природознавства, ядро справжньої натурфілософії, встановлює віковий і завжди закономірний зв'язок між рослинами, тваринами і мінеральним царством з одного боку, і людиною, її побутом і духовним світом з іншого.

Будучи складною, поліфункціональною, відкритою і динамічною системою екосистеми ґрунтів мають певну стійкість до техногенних і антропогенних впливів. На думку вчених деякі ґрунтові екосистеми в Україні вже знаходяться на межі необоротних змін. Найбільш яскраво це простежується у зміні біоти ґрунту. Відновлення деградованих земель є досить складним і в деяких випадках неможливим процесом. Навіть найбільш успішні методи рекультиваци ґрунтів супроводжуються значною (40–60 %) втратою їх природної родючості. У зв'язку з обмеженою площею ґрунтів на нашій планеті пріоритетним завданням ґрунтознавців і екологів на короткостроковий термін є подальший захист ґрунтового покриву від прояву різних видів деградації. Особливо викликаних діяльністю людини, яка пов'язана не стільки необхідністю виробництва екологічно безпечних продуктів харчування, скільки необхідністю забезпечення сприятливого екологічного середовища для існуючого біорізноманіття і, насамперед, для людини.

У кінцевому рахунку рішення задач збереження і охорони ґрунтового покриву шляхом екологізації аграрного землекористування сприяє забезпеченню національної безпеки будь-якої країни.

Ось чому питання по раціональному природокористуванню, особливо охорони землі з усіма її особливостями і властивостями, як універсального природного ресурсу і життєвого середовища, є найбільш актуальним. В даний час збільшення масштабів ерозії, деградації і виснаження ґрунтів, катастрофічний стан з водопостачанням (особливо питною водою), скорочення видового різноманіття фауни і флори, знищення агроландшафтів, забруднення пестицидами, нітратами, важкими металами та іншими забруднювачами, що обумовлено сільськогосподарською діяльністю, досягло свого апогею.

Порушення ґрунту є результатом складного комплексу антропогенних і природних впливів на процеси зміни фізико-хімічних і механічних характеристик ґрунту. Основною причиною порушення (руйнування) ґрунтів є зазвичай процеси, які викликані людською діяльністю: обробка ґрунту, перетворення земляних шарів під час будівництва, ущільнення ґрунту в результаті діяльності транспорту, випас худоби, поливу земель, інші види змін режиму підземних або поверхневих вод, забруднення ґрунту і т.д. Прикладом такого впливу є:

Ерозія ґрунтів – це процес руйнування верхніх, найбільш родючих шарів ґрунту і гірських порід, що лежать в її основі. Як вказувалося вище, основною причиною ерозії є діяльність людини, яка потім посилюється впливом природних сил. В залежності від переважання тих чи інших факторів, які впливають на хід процесів ерозії, існують такі форми цього виду порушення ґрунтів: механічна (агротехнічна) ерозія; будівельна ерозія; транспортна ерозія; пасовищна ерозія; вітрова ерозія; водна ерозія; хімічна ерозія.

Ущільнення ґрунту за своїм екодеструктивним наслідком – дуже близька до процесу ерозії і часто стає його початковою стадією. Ущільнення ґрунту є процес руйнування структури ґрунтів під впливом надмірного антропогенного тиску на ґрунтову поверхню.

Висушування земель – процес появи в літологічному профілі повітряно-сухого ґрунту з низькою природною вологістю менше ніж 60% від загальної вологоємності. Висушування є причиною зниження родючості ґрунтів, сприяє розвитку ерозійних процесів.

Підтоплення земель – це процес підвищення природної вологості ґрунтів понад 80 % від їх повної вологоємності, що відбувається під впливом примусового підвищення ґрунтових вод в зоні аерації. Значна частина підтоплених земель формується за рахунок порушення норм поливу під час зрошення, втрати води (витоку) в іригаційних мережах, через технічні недоліки проектів іригації. Досить часто підтоплення викликано порушенням структури верхнього ґрунтового шару, видаленням рослинного покриву і викорчовуванням кореневої системи. Поверхневі ґрунти втрачають свій природний захисний шар, який може призвести до збільшення розміру вологи в породах через кращу проникність поверхні ґрунту та збереження вологи в породі із-за відсутності її транспірації рослинністю. Процеси стійкого довгострокового підтоплення земель відомі під назвою заболочування.

Забруднення ґрунтів – введення і виникнення в ґрунті нових, зазвичай не характерних для неї фізичних, хімічних або біологічних сполук, або перевищення на певний час середнього багаторічного природного рівня концентрації зазначених речовин. Основними джерелами забруднення ґрунту є забруднювачі, які осідають з повітря; внесення мінеральних і надмірної кількості органічних добрив, пестицидів або інших хімічних речовин; речовини, що містяться у воді для зрошення; речовини, які надходять в результаті людської діяльності (паливо і мастильні матеріали), непередбачені витоки або розливи матеріалів під час роботи машин, транспортних засобів, а також втрати

поживних речовин через неналежне зберігання на складах; промислові та побутові відходи. Забруднення ґрунтів змінює хід процесу ґрунтоутворення (головним чином уповільнює його), різко знижує родючість ґрунту, призводить до накопичення забруднюючих речовин в рослинах, з яких вони потрапляють в організм людини, прямо або побічно. Ще одним наслідком забруднення є ослаблення процесу самоочищення ґрунтів.

Засолення ґрунтів є однією з форм забруднення ґрунту і спостерігається при збільшенні вмісту в ґрунті легко розчинних солей (карбонату натрію, хлоридів і сульфатів). Засолення зазвичай обумовлено природним припливом солей із ґрунтових вод чи поверхневих вод, але часто причиною є нераціональне зрошення. Ґрунти вважаються засоленими при вмісті більше ніж 0,1 % ваги токсичних для рослин солей або 0,25 % солей у густому осаді (Реймерс, 1990).

Порушення режиму водних систем – це зміна процесів циркуляції водних потоків, що погіршують підтримку рівноваги природних екосистем. Вода відіграє найважливішу роль у забезпеченні існування живих організмів.

По-перше, активні обмінні процеси в організмі відбуваються тільки у водному середовищі. Поживні речовини та гази надходять у клітини, тільки в розчиненому вигляді. Не випадково відомий фізіолог К. Шмідт-Нільсон характеризував живий організм як «водний розчин, укладений в оболонку поверхні тіла».

По-друге, вода – основа всього життя на Землі і не тільки в кількісному вираженні. Завдяки унікальним фізико-хімічним властивостям вона забезпечує можливість протікання процесів метаболізму, як в організмах, так і на екосистемному рівні. Це відбувається завдяки важливим якісним характеристикам води.

По-третє, унікальні фізичні та хімічні властивості води сприяють утворенню так званої буферної зони, що «гасить» процеси турбулентності, підтримуючи стан стабільної динамічної рівноваги в екосистемах землі.

По-четверте, водні системи водопостачання є середовищем існування та міграції багатьох біологічних видів. Водні об'єкти служать їм джерелом їжі, транспортними магістралями, будинком або репродуктивним середовищем (місцям розмноження).

Вплив на біоту здійснюється в результаті антропогенних процесів, що прямо чи опосередковано діють на біологічні об'єкти (рослинний світ і царство тварин) до їх знищення або можуть призвести до погіршення їх репродуктивних або інших функцій. Звичайно, говорячи про негативні наслідки впливу на біоту, розрізняють два основних аспекти: екологічні та моральні. Екологічні наслідки пов'язані з погіршенням екологічних функцій біоценозів, порушенням їх динамічної рівноваги, деградації екосистем із-за пошкодження і видалення частини біологічних об'єктів, порушення умов їх життєдіяльності, блокування встановлених взаємин між організмами. Моральні наслідки, звичайно, пов'язані з моральним збитком, який досягає людина, вихована на основі поваги до всіх форм життя на Землі, під час знищення інших представників фауни чи флори, або заподіяння їм шкоди.

1.6. Законодавча та нормативна база у галузі ґрунтознавства в Україні

Україна займає четверте місце в світі після Росії, США та Китаю. Чорноземи займають в Україні близько 60% території (у світі близько 25 %), майже всю лісостепову (за винятком західних частин) і степову зони. Тому турбота про збереження родючих земель завжди була однією із головних задач нашої держави. Це знайшло відображення в законодавчих та нормативних документах.

Серед законодавчих документів насамперед необхідно відмітити діючу *Конституцію України*, яка прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996 року. Стаття 14 затверджує, що земля є основним національним багатством і перебуває під особливою охороною держави. Право власності на землю гарантується. Це право набувається і реалізується громадянами, юридичними особами та державою виключно відповідно до закону.

Найбільш широко регулює земельні відносини в Україні *«Земельний кодекс України»*, який набув чинності 25 жовтня 2001 року. Гарантується право власності на землю, але використання власності на землю не може завдавати шкоди правам і свободам громадян, інтересам суспільства, погіршувати екологічну ситуацію і природні якості землі.

Встановлюються принципи земельних відносин – суспільних відносин щодо володіння, користування і розпорядження землею.

Земельне законодавство базується на таких принципах:

а) поєднання особливостей використання землі, як територіального базису, природного ресурсу і основного засобу виробництва;

б) забезпечення рівності права власності на землю громадян, юридичних осіб, територіальних громад та держави;

в) невторчання держави в здійснення громадянами, юридичними особами та територіальними громадами своїх прав щодо володіння, користування і розпорядження землею, крім випадків, передбачених законом;

г) забезпечення раціонального використання та охорони земель;

д) забезпечення гарантійних прав на землю;

е) пріоритету вимог екологічної безпеки.

До земель України належать усі землі в межах її території, в тому числі острови та землі, зайняті водними об'єктами, які за основним цільовим призначенням поділяються на категорії:

а) землі сільськогосподарського призначення;

б) землі житлової та громадської забудови;

в) землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення;

г) землі оздоровчого призначення;

д) землі рекреаційного призначення;

е) землі історико-культурного призначення;

ж) землі лісгосподарського призначення;

з) землі водного фонду;

ж) землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення.

Встановлюється зміст права власності на землю держави, приватних осіб та територіальних громад.

Цей кодекс регламентує створення охоронних зон. Охоронні зони створюються:

а) навколо особливо цінних природних об'єктів, об'єктів культурної спадщини, гідрометеорологічних станцій тощо з метою охорони і захисту їх від несприятливих антропогенних впливів;

б) уздовж ліній зв'язку, електропередачі, земель транспорту, навколо промислових об'єктів для забезпечення нормальних умов їх експлуатації, запобігання ушкодження, а також зменшення їх негативного впливу на людей та довкілля, суміжні землі та інші природні об'єкти.

Охоронні зони підрозділяються на санітарну, санітарно-захисну, особливого режиму використання земель, прикордонна смуга.

Громадяни України мають право на безоплатну передачу їм земельних ділянок із земель державної або комунальної власності в таких розмірах:

а) для ведення фермерського господарства – в розмірі земельної частки (паю), визначеної для членів сільськогосподарських підприємств, розташованих на території сільської, селищної, міської ради, де знаходиться фермерське господарство;

б) для ведення особистого селянського господарства – не більше 2,0 гектара;

в) для ведення садівництва – не більше 0,12 гектара;

г) для будівництва і обслуговування жилого будинку, господарських будівель і споруд (присадибна ділянка) у селах – не більше 0,25 гектара, в селищах – не більше 0,15 гектара, в містах – не більше 0,10 гектара;

г) для індивідуального дачного будівництва – не більше 0,10 гектара;

д) для будівництва індивідуальних гаражів – не більше 0,01 гектара.

Земельний кодекс регламентує також порядок виконання наступних питань:

– Продаж земельних ділянок державної чи комунальної власності для набуття прав користування ними;

– Припинення прав на землю;

– Захист прав на землю;

– Відшкодування збитків власникам земель та землекористувачам;

– Вирішення земельних спорів;

– Завдання, зміст і порядок охорони земель;

– Використання техногенно забруднених земель;

– Моніторинг земель;

– Державний земельний кадастр;

– Відповідальність за порушення земельного законодавства.

«Закон України про охорону земель» (прийнятий 19 червня 2003 року) визначає правові, економічні та соціальні основи охорони земель з метою

забезпечення їх раціонального використання, відтворення та підвищення родючості ґрунтів, інших корисних властивостей землі, збереження екологічних функцій ґрунтового покриву та охорони довкілля.

Основними принципами державної політики у сфері охорони земель є:

- забезпечення охорони земель як основного національного багатства українського народу;
- пріоритет вимог екологічної безпеки у використанні землі як просторового базису, природного ресурсу і основного засобу виробництва;
- відшкодування збитків, заподіяних порушенням законодавства України про охорону земель;
- нормування і планомірне обмеження впливу господарської діяльності на земельні ресурси;
- поєднання заходів економічного стимулювання та юридичної відповідальності в галузі охорони земель;
- публічність у вирішенні питань охорони земель, використанні коштів Державного бюджету України та місцевих бюджетів на охорону земель.

Закон встановлює систему заходів у галузі охорони земель.

У галузі охорони земель та відтворення родючості ґрунтів встановлюються такі нормативи:

- гранично допустимого забруднення ґрунтів;
- якісного стану ґрунтів;
- оптимального співвідношення земельних угідь;
- показників деградації земель та ґрунтів.

Нормативи в галузі охорони земель та відтворення родючості ґрунтів встановлює Кабінет Міністрів України.

Власники і землекористувачі, в тому числі орендарі, земельних ділянок при здійсненні господарської діяльності зобов'язані:

- дотримуватися вимог земельного та природоохоронного законодавства України;
- проводити на земельних ділянках господарську діяльність способами, які не завдають шкідливого впливу на стан земель та родючість ґрунтів;
- підвищувати родючість ґрунтів та зберігати інші корисні властивості землі на основі застосування екологічнобезпечних технологій обробітку і техніки, здійснення інших заходів, які зменшують негативний вплив на ґрунти, запобігають безповоротній втраті гумусу, поживних елементів тощо;
- дотримуватися нормативів при здійсненні протиерозійних, агротехнічних, агрохімічних, меліоративних та інших заходів, пов'язаних з охороною земель, збереженням і підвищенням родючості ґрунтів;
- надавати відповідним органам виконавчої влади та органам місцевого самоврядування відомості про застосування пестицидів та агрохімікатів;
- сприяти систематичному проведенню вишукувальних, обстежувальних, розвідувальних робіт за станом земель, динамікою родючості ґрунтів;

– своєчасно інформувати відповідні органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування щодо стану, деградації та забруднення земельних ділянок;

– забезпечувати додержання встановленого законодавством України режиму використання земель, що підлягають особливій охороні;

– забезпечувати використання земельних ділянок за цільовим призначенням та дотримуватися встановлених обмежень (обтяжень) на земельну ділянку;

– забезпечувати захист земель від пожеж, ерозії, виснаження, забруднення, засмічення, засолення, осолонцювання, підкислення, перезволоження, підтоплення, заростання бур'янами, чагарниками і дрібноліссям;

– уживати заходів щодо запобігання негативному і екологонебезпечному впливу на земельні ділянки та ліквідації наслідків цього впливу.

Юридичні і фізичні особи, винні в порушенні законодавства України про охорону земель, несуть відповідальність згідно із законом.

Застосування заходів дисциплінарної, цивільно-правової, адміністративної або кримінальної відповідальності не звільняє винних від відшкодування шкоди, заподіяної земельним ресурсам.

«Закон України про охорону навколишнього природного середовища» (прийнятий 25 червня 1991 року) регулює відносини у галузі охорони, використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, запобігання і ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище, збереження природних ресурсів, генетичного фонду живої природи, ландшафтів та інших природних комплексів, унікальних територій та природних об'єктів, пов'язаних з історико-культурною спадщиною.

Основні принципи охорони навколишнього природного середовища:

а) пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість додержання екологічних нормативів та лімітів використання природних ресурсів при здійсненні господарської, управлінської та іншої діяльності;

б) гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей;

в) запобіжний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища;

г) екологізація матеріального виробництва на основі комплексності рішень у питаннях охорони навколишнього природного середовища, використання та відтворення відновлюваних природних ресурсів, широкого впровадження новітніх технологій;

д) збереження просторової та видової різноманітності і цілісності природних об'єктів і комплексів;

е) науково обґрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства на основі поєднання міждисциплінарних знань

екологічних, соціальних, природничих і технічних наук та прогнозування стану навколишнього природного середовища;

є) обов'язковість оцінки впливу на довкілля;

ж) гласність і демократизм при прийнятті рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього природного середовища, формування у населення екологічного світогляду;

з) науково обґрунтоване нормування впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище;

и) безоплатність загального та платність спеціального використання природних ресурсів для господарської діяльності;

і) компенсація шкоди, заподіяної порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища;

ї) вирішення питань охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів з урахуванням ступеня антропогенної змінності територій, сукупної дії факторів, що негативно впливають на екологічну обстановку;

й) поєднання заходів стимулювання і відповідальності у справі охорони навколишнього природного середовища;

к) вирішення проблем охорони навколишнього природного середовища на основі широкого міждержавного співробітництва;

л) встановлення екологічного податку, рентної плати за спеціальне використання води, рентної плати за спеціальне використання лісових ресурсів, рентної плати за користування надрами відповідно до «Податкового кодексу України»;

м) врахування результатів стратегічної екологічної оцінки.

Кожний громадянин України має право на безпечне для його життя та здоров'я навколишнє природне середовище, внесення пропозицій до проєктів нормативних актів щодо охорони навколишнього середовища, на одержання екологічної освіти. Законом визначені й інші екологічні права громадян та заходи по їх забезпеченню.

Закон встановлює також повноваження в галузі охорони навколишнього природного середовища Верховної Ради України, Верховної Ради Автономної Республіки Крим та місцевих рад.

Державне управління в галузі охорони навколишнього природного середовища здійснюють Кабінет Міністрів України, Рада міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві ради та виконавчі органи сільських, селищних, міських рад, державні органи по охороні навколишнього природного середовища і використанню природних ресурсів та інші державні органи відповідно до законодавства України.

Громадські організації можуть брати участь в управлінні галуззю охорони навколишнього середовища, якщо така діяльність передбачена їх статутами, зареєстрованими відповідно до законодавства України.

Екологічні нормативи встановлюють гранично допустимі викиди та скиди у навколишнє природне середовище забруднюючих хімічних речовин, рівні допустимого шкідливого впливу на нього фізичних та біологічних факторів.

Нормативи гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у навколишньому природному середовищі та рівні шкідливих фізичних та біологічних впливів на нього є єдиними для всієї території України.

Законом передбачається державний контроль у сфері охорони навколишнього природного середовища, встановлені органи виконавчої влади для його проведення.

Законодавством України громадянам гарантується право загального використання природних ресурсів для задоволення життєво необхідних потреб (естетичних, оздоровчих, рекреаційних, матеріальних тощо) безоплатно, без закріплення цих ресурсів за окремими особами і надання відповідних дозволів, за винятком обмежень, передбачених законодавством України.

Передбачені економічні заходи забезпечення охорони навколишнього природного середовища.

Крім цього Закон передбачає:

- Заходи щодо забезпечення екологічної безпеки.
- Систему природних територій та об'єктів, що підлягають особливій охороні.
- Порядок оголошення надзвичайної екологічної ситуації.
- Порядок вирішення спорів у галузі охорони навколишнього природного середовища.
- Відповідальність за порушення вимог цього закону.
- Міжнародні відносини України у галузі охорони навколишнього природного середовища.

«Закон України про оцінку земель» (прийнятий 11 грудня 2003 року) визначає правові засади проведення оцінки земель, професійної оціночної діяльності у сфері оцінки земель в Україні та спрямований на регулювання відносин, пов'язаних з процесом оцінки земель, забезпечення проведення оцінки земель, з метою захисту законних інтересів держави та інших суб'єктів правовідносин у питаннях оцінки земель, інформаційного забезпечення оподаткування та ринку земель.

Об'єктами оцінки земель є: територія адміністративно-територіальних одиниць або їх частин, території оціночних районів та зон, земельні ділянки чи їх частини або сукупність земельних ділянок і прав на них, у тому числі на земельні частки (паї), у межах території України.

Оцінка земель проводиться на основі принципів:

- законності, додержання законів України, інших нормативно-правових актів у сфері оцінки земель;
- єдності методологічного та інформаційного простору у сфері оцінки земель;
- безперервності процесу оцінки земель;
- доступності використання даних з оцінки земель;

– рівності перед законом суб'єктів оціночної діяльності у сфері оцінки земель.

Залежно від мети та методів проведення оцінка земель поділяється на такі види:

- бонітування ґрунтів;
- грошова оцінка земельних ділянок.

Грошова оцінка земельних ділянок залежно від призначення та порядку проведення може бути нормативною і експертною. Експертна грошова оцінка земельних ділянок та прав на них проводиться з метою визначення вартості об'єкта оцінки.

Нормативно-правові акти з проведення оцінки земель затверджуються Кабінетом Міністрів України.

Закон регламентує перелік необхідної документації при оцінці земель та порядок її затвердження.

Встановлені порядок державного регулювання у сфері оцінки земель, відповідальність за порушення вимог цього закону.

«Закон України про пестициди і агрохімікати» (прийнятий 2 березня 2005 року) регулює правові відносини, пов'язані з державною реєстрацією, виробництвом, закупівлею, транспортуванням, зберіганням, торгівлею та безпечним для здоров'я людини і навколишнього природного середовища застосуванням пестицидів і агрохімікатів, визначає права і обов'язки підприємств, установ, організацій та громадян, а також повноваження органів виконавчої влади і посадових осіб у цій сфері.

Основними принципами державної політики у сфері діяльності, пов'язаної з пестицидами і агрохімікатами, є:

- пріоритетність збереження здоров'я людини і охорони навколишнього природного середовища по відношенню до економічного ефекту від застосування пестицидів і агрохімікатів;
- державна підконтрольність їх ввезення на митну територію України, реєстрації, виробництва, зберігання, транспортування, торгівлі і застосування;
- обґрунтованість їх застосування;
- мінімізація використання пестицидів за рахунок впровадження біологічного землеробства та інших екологічно безпечних, нехімічних методів захисту рослин;
- безпечність для здоров'я людини та навколишнього природного середовища під час їх виробництва, транспортування, зберігання, випробування і застосування за умови дотримання вимог, встановлених санітарними нормами та іншими нормативно-правовими актами;
- єдність державної політики щодо діяльності, пов'язаної з пестицидами і агрохімікатами.
- пестициди і агрохімікати вітчизняного, а також іноземного виробництва, що завозяться для використання на територію України, повинні відповідати таким вимогам:
- висока біологічна ефективність щодо цільового призначення;

– безпечність для здоров'я людини та навколишнього природного середовища за умови дотримання регламентів їх застосування;

– відповідність санітарним нормам та іншим нормативно-правовим актам.

Використання залишків пестицидів і агрохімікатів, термін реєстрації яких закінчився, проводиться протягом двох років.

Особи, діяльність яких пов'язана з транспортуванням, зберіганням, застосуванням пестицидів і агрохімікатів та торгівлею ними, повинні мати допуск (посвідчення) на право роботи із зазначеними пестицидами і агрохімікатами.

При застосуванні пестицидів і агрохімікатів здійснюється комплекс заходів відповідно до регламентів, встановлених для певної ґрунтово-кліматичної зони, з урахуванням попереднього агрохімічного обстеження ґрунтів, даних агрохімічного паспорта земельної ділянки (поля) і стану посівів, діагностики мінерального живлення рослин, прогнозу розвитку шкідників і хвороб.

Переліки пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні, у тому числі для роздрібної торгівлі та для застосування авіаційним методом, затверджуються центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику в сфері охорони навколишнього природного середовища за погодженням із центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення.

Сільськогосподарська сировина повинна відповідати санітарним вимогам щодо максимальних меж залишків (максимально допустимий рівень залишків) пестицидів і агрохімікатів.

Сільськогосподарська сировина, яка не може бути використана, підлягає вилученню, утилізації і знищенню у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

Порушення законодавства про пестициди і агрохімікати тягне за собою цивільну, дисциплінарну, адміністративну або кримінальну відповідальність згідно з чинним законодавством.

Працівники, безпосередньо зайняті на роботах з пестицидами та небезпечними агрохімікатами, мають право на пільгову пенсію, додаткову відпустку та скорочений робочий день згідно з чинним законодавством.

«Закон України про державний контроль за використанням та охороною земель» (прийнятий 19 червня 2003 року) визначає правові, економічні та соціальні основи організації здійснення державного контролю за використанням та охороною земель і спрямований на забезпечення раціонального використання і відтворення природних ресурсів та охорону довкілля.

Основними принципами здійснення державного контролю за використанням та охороною земель є:

– забезпечення раціонального використання та охорони земель як основного національного багатства, що перебуває під особливою охороною держави;

- пріоритет вимог екологічної безпеки у використанні земельних ресурсів над економічними інтересами;
- повне відшкодування шкоди, заподіяної довкіллю внаслідок порушення земельного законодавства України;
- поєднання заходів економічного стимулювання і відповідальності у сфері використання та охорони земель.

Об'єктом державного контролю за використанням та охороною земель є всі землі в межах території України.

Державний контроль за використанням та охороною земель усіх категорій та форм власності здійснює центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері земельних відносин. Державний контроль за використанням та охороною земель також здійснюють виконавчі органи сільських, селищних, міських рад у межах повноважень, визначених законом, у разі прийняття відповідною радою рішення про здійснення такого контролю.

Моніторинг родючості земель сільськогосподарського призначення та агрохімічну паспортизацію земель сільськогосподарського призначення проводить центральний орган виконавчої влади з питань аграрної політики.

Порядок здійснення державного контролю за використанням та охороною земель, дотриманням вимог законодавства України про охорону земель встановлюється цим Законом, «Земельним кодексом України» та іншими законами України.

«Закон України про землеустрій» (прийнятий 22 травня 2003 року) визначає правові та організаційні основи діяльності у сфері землеустрою і спрямований на регулювання відносин, які виникають між органами державної влади, органами місцевого самоврядування, юридичними та фізичними особами із забезпечення сталого розвитку землекористування.

Система землеустрою включає:

- а) законодавчо визначену діяльність у сфері землеустрою;
- б) органи, що здійснюють державне регулювання у сфері землеустрою;
- в) організацію, регулювання та управління у сфері землеустрою;
- г) здійснення землеустрою на національному, регіональному, локальному і господарському рівнях (далі – загальнодержавному, регіональному і місцевому рівнях);
- г) державний і самоврядний контроль за здійсненням землеустрою;
- д) наукове, кадрове та фінансове забезпечення землеустрою;
- е) суб'єкти та об'єкти землеустрою.

Землеустрій базується на таких принципах:

- а) дотримання законності;
- б) забезпечення науково обґрунтованого розподілу земельних ресурсів між галузями економіки з метою раціонального розміщення продуктивних сил, комплексного економічного і соціального розвитку регіонів, формування сприятливого навколишнього природного середовища;
- в) організації використання та охорони земель із врахуванням конкретних зональних умов, узгодженості екологічних, економічних і соціальних інтересів

суспільства, які забезпечують високу економічну і соціальну ефективність виробництва, екологічну збалансованість і стабільність довкілля та агроландшафтів;

г) створення умов для реалізації органами державної влади, органами місцевого самоврядування, фізичними та юридичними особами їхніх конституційних прав на землю;

д) забезпечення пріоритету сільськогосподарського землеволодіння і землекористування;

е) забезпечення пріоритету вимог екологічної безпеки, охорони земельних ресурсів і відтворення родючості ґрунтів, продуктивності земель сільськогосподарського призначення, встановлення режиму природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення;

є) відкритості та доступності документації із землеустрою, публічності її погодження та затвердження.

Регулювання у сфері землеустрою здійснюють Верховна Рада України, Верховна Рада Автономної Республіки Крим, Кабінет Міністрів України, Рада міністрів Автономної Республіки Крим, органи місцевого самоврядування, місцеві державні адміністрації, а також центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері земельних відносин, центральні органи виконавчої влади, що реалізують державну політику у сфері земельних відносин у межах повноважень, встановлених законом.

Землеустрій проводиться в обов'язковому порядку на землях усіх категорій незалежно від форми власності. Заходи, передбачені затвердженою в установленому порядку документацією із землеустрою, є обов'язковими для виконання органами державної влади та органами місцевого самоврядування, власниками землі, землекористувачами, у тому числі орендарями.

Види документації із землеустрою та їх склад встановлюються виключно цим Законом.

Наукове забезпечення землеустрою здійснюють Національна академія наук України, Українська академія аграрних наук, мережа науково-дослідних установ і навчальних закладів у порядку, встановленому законами України.

Особи, винні в порушенні законодавства у сфері землеустрою, несуть відповідальність згідно із законом.

«Закон України про меліорацію земель» (прийнятий 14 січня 2000 року) визначає засади правового регулювання суспільних відносин, що виникають у процесі проведення меліорації земель, використання меліорованих земель і меліоративних систем, та повноваження органів виконавчої влади і органів місцевого самоврядування у сфері меліорації земель і спрямований на забезпечення екологічної безпеки меліоративних систем та захисту суспільних інтересів.

Залежно від спрямування здійснюваних меліоративних заходів визначаються такі основні види меліорації земель: гідротехнічна, культуртехнічна, хімічна, агротехнічна, агролісотехнічна.

Право власності на інженерну інфраструктуру меліоративних систем та її окремі об'єкти (меліоративну мережу з гідротехнічними спорудами і насосними станціями, захисні дамби, спостережну мережу, дороги і споруди на них) може належати державі, територіальним громадам сіл, селищ і міст, юридичним особам та громадянам з урахуванням обмежень, передбачених законами України.

Право власності на інженерну інфраструктуру меліоративних систем та її окремі об'єкти набувається і реалізується у порядку, визначеному законами України. Право власності на інженерну інфраструктуру загальнодержавних меліоративних систем та її окремі об'єкти належить виключно державі.

В цьому законі також наведені:

- Повноваження Кабінету Міністрів України з регулювання відносин у сфері меліорації земель;
- Повноваження центральних органів виконавчої влади з регулювання відносин у сфері меліорації земель;
- Повноваження органів виконавчої влади Автономної Республіки Крим, місцевих державних адміністрацій з регулювання відносин у сфері меліорації земель;
- Повноваження обласних і районних рад з регулювання відносин у сфері меліорації земель;

Організаційно-правовою основою проведення меліорації земель є науково обґрунтовані державні цільові, міждержавні та місцеві (республіканська, обласні, районні, сільські, селищні, міські) програми меліорації земель, а також виробничі програми окремих суб'єктів господарювання та господарські договори, укладені відповідно до законодавства.

Експлуатація меліоративних систем повинна забезпечувати оптимальний водний та повітряний режим ґрунтів, створення умов для високоефективного та екологічно безпечного використання меліорованих земель.

Меліорація земель повинна проводитися з метою забезпечення:

- раціонального використання земельних, водних, лісових та мінерально-сировинних ресурсів;
- захисту земель від деградації, вітрової і водної ерозії;
- охорони ґрунтів від виснаження, засолення, заболочення, насичення пестицидами, нітратами, радіоактивними та іншими шкідливими речовинами, погіршення інженерно-геологічних властивостей;
- охорони поверхневих і підземних вод від забруднення та виснаження;
- запобігання негативному впливу меліоративних заходів на рослинний і тваринний світ, рибні запаси;
- збереження природних ландшафтів, територій та об'єктів природно-заповідного фонду України, водно-болотних угідь міжнародного значення, інших територій, що підлягають особливій охороні.

Особи, винні у недотриманні норм і правил, у тому числі будівельних, екологічних і санітарно-гігієнічних, під час проектування, будівництва (реконструкції) і експлуатації меліоративних систем, що призвело до

пошкодження цих систем та окремих об'єктів інженерної інфраструктури, несуть відповідальність згідно із законами України.

«Закон України про оренду землі» (прийнятий 6 жовтня 1998 року).

Оренда землі – це засноване на договорі строкове платне володіння і користування земельною ділянкою, необхідною орендареві для проведення підприємницької та інших видів діяльності.

Об'єктами оренди є земельні ділянки, що перебувають у власності громадян, юридичних осіб, комунальній або державній власності.

Орендарями земельних ділянок можуть бути:

а) районні, обласні, Київська і Севастопольська міські державні адміністрації, Рада міністрів Автономної Республіки Крим та Кабінет Міністрів України в межах повноважень, визначених законом;

б) сільські, селищні, міські, районні та обласні ради, Верховна Рада Автономної Республіки Крим у межах повноважень, визначених законом;

в) громадяни і юридичні особи, іноземці та особи без громадянства, міжнародні об'єднання та організації, а також іноземні держави.

Орендарі набувають права оренди земельної ділянки на підставах і в порядку, передбачених «Земельним кодексом України» «Цивільним кодексом України», цим та іншими законами України і договором оренди землі.

У разі набуття права оренди земельної ділянки на конкурентних засадах підставою для укладення договору оренди є результати земельних торгів.

Істотними умовами договору оренди землі є:

– об'єкт оренди (кадастровий номер, місце розташування та розмір земельної ділянки);

– дата укладення та строк дії договору оренди;

– орендна плата із зазначенням її розміру, індексації, способу та умов розрахунків, строків, порядку її внесення і перегляду та відповідальності за її несплату.

За згодою сторін у договорі оренди землі можуть зазначатися інші умови.

Строк дії договору оренди землі визначається за згодою сторін, але не може перевищувати 50 років. Дата закінчення дії договору оренди обчислюється від дати його укладення. Право оренди земельної ділянки виникає з моменту державної реєстрації такого права.

Орендна плата за землю – це платіж, який орендар вносить орендодавцеві за користування земельною ділянкою згідно з договором оренди землі.

Спори, пов'язані з орендою землі, вирішуються у судовому порядку.

У разі невиконання зобов'язань за договором оренди землі сторони несуть відповідальність згідно із законом та договором.

Нормативна база у галузі ґрунтознавства включає: національні стандарти України, національні стандарти, гармонізовані з міжнародними та європейськими, галузеві стандарти, міждержавні стандарти СНД та методики виконання вимірювань, які відображують такі напрями:

– якість ґрунту та ґрунтознавство взагалі (охоплює також забрудненість, ерозію тощо);

- досліджування ґрунтів взагалі (охоплює також відбирання проб);
- хімічні характеристики ґрунтів;
- фізичні, біологічні та гідрологічні властивості ґрунтів;
- інші стандарти стосовно якості ґрунту (охоплює також сільськогосподарські аспекти стосовно ґрунтів та повторне використання ґрунтів).

Перелік умовних позначень:

ДСТУ – національний стандарт України;

ДСТУ ISO – національний стандарт України, гармонізований з міжнародним стандартом серії ISO;

ДСТУ EN – національний стандарт України, гармонізований з європейським стандартом серії EN;

СОУ – стандарт організації України;

ГСТУ – галузевий стандарт України;

ГОСТ – міждержавний стандарт СНД;

МВВ – методика виконання вимірювань.

Згідно класифікації нормативних документів технічного комітету стандартизації ТК – 142 «Ґрунтознавство» до класу 13 «Довкілля. Захист довкілля та здоров'я людини» входить група стандартів 13.080 «Якість ґрунту. Ґрунтознавство», яка включає ДСТУ 4976:2008 «Охорона навколишнього середовища. Комплекс стандартів у сфері ґрунтів. Основні положення».

Підгрупа цього стандарту 13.080.01 включає біля 70 стандартів, які регламентують:

- якість ґрунту та ґрунтознавство взагалі;
- класифікацію ґрунтів за ступенем солонцюватості та техногенного забруднення;
- фізико – хімію ґрунтів;
- показники родючості ґрунтів;
- лабораторні методи дослідження ґрунтів;
- агрономічний паспорт земельної ділянки та інші.

Підгрупа 13.080.10 «Хімічні властивості ґрунтів» включає біля 100 стандартів. Стандарти ґрунтів цієї підгрупи регламентують методи визначення в ґрунтах рухомих сполучень фосфату та калію, органічної речовини, фосфат – буферності, нітратного і амонієвого азоту, рухомості заліза в ґрунті, іонів кальцію та магнію у водній витяжці, активної кислотності та інші.

Підгрупа 13.080.20 «Фізичні властивості ґрунтів» включає біля 30 стандартів. Стандарти цієї підгрупи регламентують визначення щільності твердої маси ґрунтів, випаровування води з ґрунтів, вологосмість ґрунту, ефективної ємності катіонного обміну та інші.

Крім цього, інші підгрупи регламентують:

Підгрупа 13.080.30 Біологічні властивості ґрунтів.

Підгрупа 13.080.40 Гідрологічні властивості ґрунтів.

Підгрупа 13.080.99 Інші стандарти стосовно якості ґрунту.

Таким чином, в Україні розроблені та прийняті Верховною Радою України сучасні законодавчі та нормативні акти, дія яких направлена на збереження земельного фонду як національного багатства. Закони та нормативні акти в галузі ґрунтознавства направлені на раціональне використання землі, збереження якості ґрунтів, пріоритет вимог екологічної безпеки у використанні землі, охорони земель та відтворення родючості ґрунтів, нормування і планомірне обмеження впливу господарської діяльності на земельні ресурси, підвищення родючості ґрунтів та зберігання корисних властивостей землі на основі застосування екологічнобезпечних технологій обробітку та інші заходи.

Реалізація цих заходів дозволить підтримувати родючість земель України в теперішній час, а також зберегти їх для майбутніх поколінь українців.

Контрольні запитання

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.
8. Охарактеризуйте історичні етапи створення науки про ґрунтознавство.
9. Як вчення В.І. Вернадського трактує ґрунт і яку специфічну роль має ґрунт в біосфері?
10. Які глобальні функції ґрунту в забезпеченні існування життя на Землі?
11. Охарактеризуйте законодавчу базу в галузі ґрунтознавства.
12. Охарактеризуйте нормативну базу в галузі ґрунтознавства.

ГЛАВА 2. ГРУНТОУТВОРЮЮЧІ ПРОЦЕСИ

2.1. Стадії ґрунтоутворення

Основи загальних теоретичних уявлень про ґрунтоутворювальний процес сформувалися в результаті наукової творчості видатних вчених ґрунтознавців – В.В. Докучаєва, П.А. Костичева, М.М. Сибірцева, В.Р. Вільямса, П.С. Коссовича, К.Д. Глінки, Ф. Дюшофура та ін. У розвитку сучасних уявлень про теорію ґрунтоутворювального процесу важливу роль відіграли роботи І.П. Герасимова, В.А.Ковди, Б.Б. Полинова, І.В. Тюріна, О.А. Роде, С.П. Яркова та інших дослідників. Ґрунтоутворювальний процес відноситься до категорії біофізико-хімічних процесів. За визначенням О.А. Роде, *ґрунтоутворювальним процесом називається сукупність явищ перетворення і пересування речовин і енергії, які протікають у ґрунтовій товщі*. Агентами ґрунтоутворення є живі організми та продукти їхньої життєдіяльності, вода, кисень повітря і вуглекислота. Найбільш важливі складові ґрунтоутворювального процесу є:

- 1) перетворення (трансформація) мінералів гірської породи, з якої утворюється ґрунт, а згодом і самого ґрунту;
- 2) накопичення органічних залишків і їх поступова трансформація;
- 3) взаємодія мінеральних і органічних речовин з утворенням складної системи органо-мінеральних сполук;
- 4) накопичення (акумуляція) у верхній частині ґрунту ряду біофільних елементів і перш за все елементів живлення;
- 5) пересування продуктів ґрунтоутворення з рухом вологи у профілі ґрунту, що утворюється.

В результаті біологічного кругообігу речовин, процесу синтезу та руйнування органічної речовини ґрунтоутворювальна порода безперервно взаємодіє з рослинами і тваринами, з продуктами їхньої життєдіяльності, а також з продуктами розкладання органічних решток. Ці процеси в сукупності призводять до поступового формування ґрунту і становлять сутність ґрунтоутворного процесу.

Початок ґрунтоутворення співпадає з початком функціонування наземних систем (біогеоценозів) в умовах одночасної взаємодії п'яти факторів ґрунтоутворення. Вже на початковій стадії функціонування екосистем формується біологічний кругообіг речовин, але він є надзвичайно обмеженим через те, що учасники цієї стадії мають низьку біологічну продуктивність (гриби, бактерії, водорості, лишайники). Одночасно з біологічним кругообігом речовин на первинній стадії відбуваються процеси небіологічного напрямку: фізичні, фізико-хімічні. Ці процеси не є специфічними для ґрунту, вони можуть проходити і в інших природних тілах. Причому вони відбуватися незалежно один від одного і не зв'язані в одну систему. Характерною рисою початкової стадії ґрунтоутворення є наявність специфічних для ґрунтів процесів трансформації та переносу речовин. Це є нібито підготовча стадія утворення ґрунту.

Першою стадією утворення ґрунту можна вважати стадію, коли формується резервний фонд поживних речовин, доступних для організмів. На

цій стадії розвивається ґрунт, у якому вже формуються запаси мінеральних та органо-мінеральних речовин відносно доступних для рослин.

Сукупність всіх процесів, які проходять на первинній стадії формування ґрунту, зумовлює істотне перетворення фізичного стану, будови ґрунту. В ґрунті з'являються певні агрегати твердої фази. Ця перша попередня стадія розвитку ґрунту переходить в нові дві стадії, які є більш складними. На цих стадіях відбувається процес опідзолення, гумусоутворення, лессіваж, торфоутворення, агрегатоутворення. Тобто формується специфічний речовинний склад ґрунту та його фізичні властивості.

Власне ґрунтоутворювальні процеси призводять до формування не окремих ознак ґрунту, які вже були сформовані на первинних стадіях розвитку, а формують вже цілі типи ґрунтів з властивими для них системами генетичних горизонтів: чорноземи, підзолисті і т.п. Ці процеси проходять внаслідок поєднання первинних двох процесів у специфічних умовах біогеохімічного кругообігу речовин. Причиною формування різноманітних горизонтів є просторове роз'єднання по вертикалі міграції та акумуляції речовин, розчинення та осаджування, окисно-відновні процеси, гумусоутворення, мінералізація органічної речовини і т.п. На цьому, майже завершальному етапі формування типу ґрунту особливе місце належить біологічному кругообігу речовин, де він відіграє більш важливу роль, ніж на перших стадіях формування ґрунту. Таким чином, будь-які рослини здійснюють перекачування головних біофільних елементів з різноманітних горизонтів на поверхню ґрунту. Це дуже яскраво видно в ґрунтах лісів.

Важливе місце в загальній схемі формування ґрунту належить швидкості розвитку ґрунту. Якщо ґрунт в результаті свого розвитку досяг стану, при якому досягнуті рівноважні показники: вміст гумусу, фонди лабільних речовин, потужність горизонту, то вважають, що ґрунт перейшов в наступну стадію розвитку – зрілу стадію, або клімаксну. Слід пам'ятати, що термін встановлення рівноваги в різних частинах ґрунту різний. Так, в верхніх горизонтах рівновага ознак настає за декілька десятків років, в той час як процес руйнування силікатів в тій же частині ґрунту проходить протягом сотні й більше років. Стадія формування ґрунту може тривати сотні, тисячі й більше років. За цей час може змінитися один з факторів ґрунтоутворення, наприклад, клімат. У цьому випадку може виникнути така ситуація, коли ґрунт, який досяг клімаксного стану за окремими ознаками, знову перейде в нерівновагу за цими ознаками і почнеться нова фаза його розвитку зі зміненими умовами. І так може повторюватися безперервно. Таким чином, довготривала й складна стадія розвитку ґрунту протікає нескінченно і може перерватись лише з припиненням життя на Землі.

Однак в умовах довготривалої стабілізації зовнішніх умов ґрунти можуть досягти стану, близького до рівноваги з навколишнім середовищем та його факторами, що зумовить стабілізацію його властивостей і процесів. У такому випадку можна вважати, що ґрунт перейшов у наступну фазу життя – функціонування в зрілому стані.

Зріла стадія ґрунтів. Природному біоценозу характерний біологічний кругообіг, кожен цикл якого повторює попередній, при цьому в кругообіг включаються сполуки та елементи, які пройшли цикли біологічного вивітрювання. На цій стадії включення елементів з мінералів материнської породи відбувається, але дуже в обмеженій кількості. В сільськогосподарському виробництві під час використання ґрунтів ця рівновага зміщується, що спричиняє зміну властивостей ґрунту. Правильне використання ґрунтів відбувається з врахуванням законів ґрунтоутворення, застосування спеціальних заходів для покращення ґрунтів і відновлення їхньої родючості.

Таким чином, відповідно до загальної схеми формування ґрунту (за І.С. Кауричевим) на всіх фазах різних його етапів спостерігаються зміни ґрунтових ознак та процесів:

1. *Початкова стадія ґрунтоутворного процесу:*

- а) відсутні чітко виражені ознаки ґрунту в твердій фазі;
- б) наявність мікропроцесів;
- в) слабо виражені масштаби біологічного кругообігу речовин;
- г) наявність масштабних неґрунтових абіотичних процесів (еолове переміщення піску, водна ерозія породи);
- д) слабкий зв'язок процесів, які відбуваються в межах біологічного кругообігу з абіотичними процесами і тому слабка вираженість біогеохімічного кругообігу.

2. *Стадія формування ґрунту у фазі прискореного розвитку* характеризується:

- а) прогресивним розширенням масштабів біологічного кругообігу;
- б) формуванням ґрунтових мезопроеесів, які ведуть до появи головних ознак ґрунту;
- в) формуванням специфічної ґрунтової диференціації, упорядкуванням властивостей, ознак і процесів;
- г) формуванням біогеохімічних кругообігів.

3. *Стадія формування ґрунту у фазі загальмованого розвитку:*

- а) знижується інтенсивність розширення масштабів біологічного кругообігу;
- б) розвиваються профілеутворювальні макропроцеси.

4. *Стадія рівноважного функціонування головних процесів, які відбуваються в рамках відносно стабільного біогеохімічного кругообігу (відносна стабілізація головних ознак ґрунтів).*

2.2. Великий геологічний та малий біологічний кругообіги речовин

Всі гірські породи до утворення ґрунтів зазнавали процесів руйнування в результаті дії води, повітря і сонця. При цьому гірська порода, що вивітрювалась, перетворювалась на рухляк, який вбирає і утримує воду. Гірська порода, яка набуває властивостей рухляку, стає сприятливим середовищем для появи на ній

живих мікроорганізмів і рослин. З моменту появи на породі організмів процеси чисто абіотичного (без участі організмів) руйнування гірських порід змінюються процесами біохімічного характеру і стадія вивітрювання змінюється стадією ґрунтоутворення. Оселення на рухляку біологічних елементів, рослин і мікроорганізмів різко змінює напрям процесів міграції продуктів вивітрювання. Рослини, які оселилися на рухляку, захоплюють своїм корінням розчинені у воді солі і тим самим закріплюють їх на поверхні й перетворюють на недоступні для процесів вилуговування.

Рослинні організми, які живуть на вивітрених породах, розкладаючись після відмирання, частково звільняють асимільовані ними елементи живлення, які розчиняються у воді і знову здатні вимитися. Однак значна частина цих елементів у вигляді гумусу або перегною відкладається у верхніх горизонтах вивітрюваної породи і не вимивається з неї. Нові покоління рослин споживають розчинені у воді зольні елементи, в тому числі й ті, які звільнилися під час розкладу органічних речовин відмерлих рослин попередніх поколінь. Після відмирання цих рослин і розкладу їх органічної речовини частина зольних елементів у вигляді розчинних сполук надходить у загальний кругообіг з розчинами земної кори. Значна частина цих елементів знову відкладається в ґрунті у вигляді перегною.

Під впливом рослин і мікроорганізмів, які оселяються і розвиваються у верхніх шарах ґрунотворної породи, у ґрунті закріплюються зольні поживні елементи і накопичується азот. Це свідчить про те, що коли процеси чистого абіотичного вивітрювання збіднюють утворювані пухкі породи, елементи живлення, рослинність і мікроорганізми накопичують мінеральні елементи живлення та азоту в ґрунті.

Розглядаючи загальну схему ґрунотворного процесу і взаємозв'язок процесів механічного і фізико-хімічного вивітрювання з процесами біохімічного ґрунтоутворення, В.Р. Вільямс визначив два природних кругообіги речовин у природі: великий геологічний і малий біологічний.

Суть *великого геологічного кругообігу* він пояснював так (рис. 2.1):

Вода, безперервно випаровуючись з поверхні океанів, у вигляді дощу надходить на поверхню суші і насичує кору вивітрювання, розчиняючи всі розчинні сполуки і забираючи їх в океан. Частина продуктів вивітрювання, що зноситься в море, є поживою для представників рослинного і тваринного світу і разом з виловленими рибами, морськими тваринами і рослинами повертається знову на сушу. Однак більшість елементів живлення, що зноситься в океан, залишається там у вигляді простих мінеральних сполук, відмерлих морських організмів та продуктів їх життєдіяльності і бере участь в утворенні нових морських осадових порід. Лише після закінчення геологічних віків і епох ці породи знову братимуть участь у створенні суші. Описаний процес є чисто абіотичним (без участі організмів) процесом вивітрювання і вилуговування верхніх пластів земної кори і є *великим геологічним кругообігом* речовин у природі. Загалом він спричиняє збіднення материків на елементи родючості.

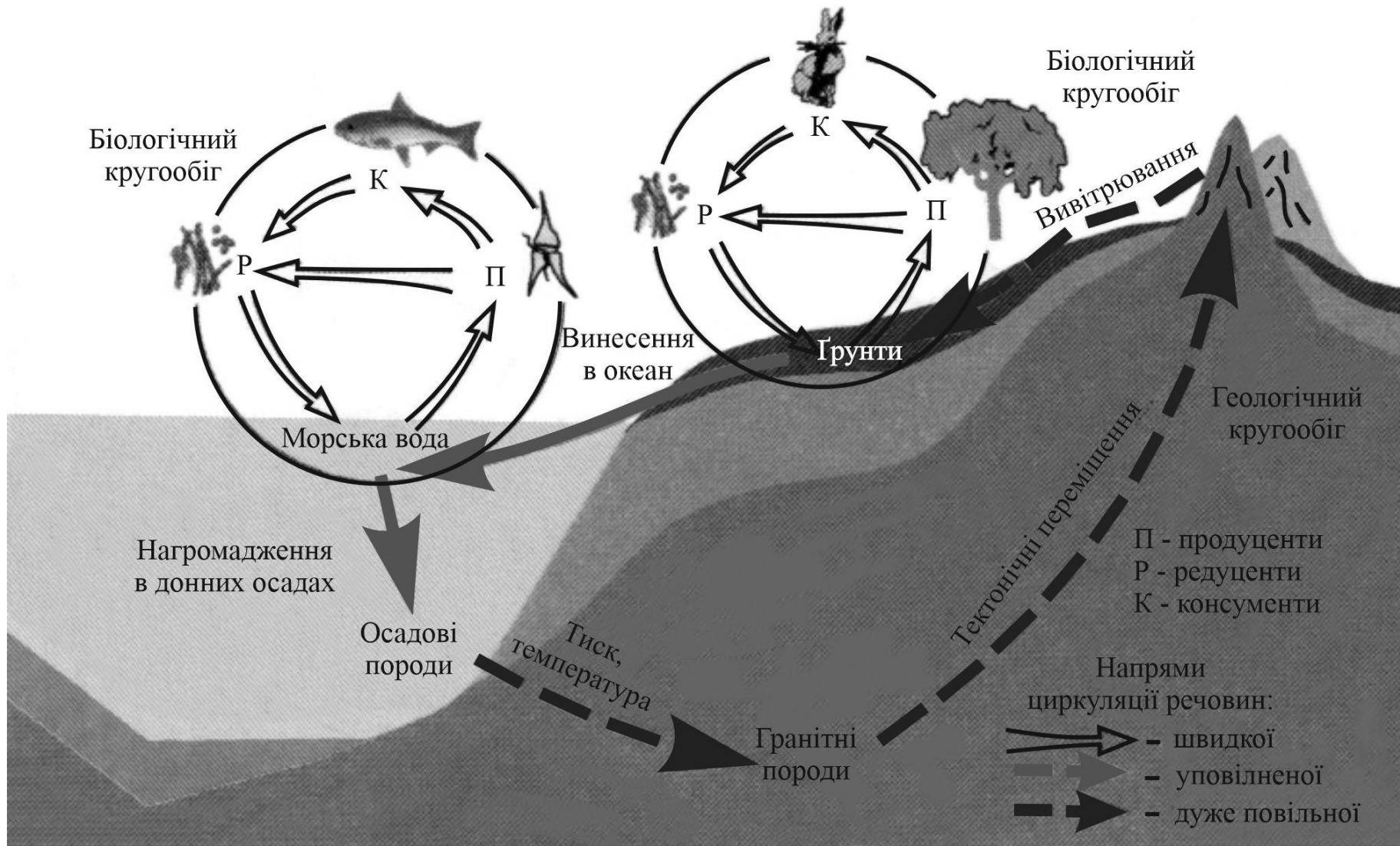


Рис. 2.1. Кругообіг речовин

Малий біологічний кругообіг речовин, навпаки, у природі сприяє підвищенню родючості ґрунтів на материках. Таким чином, він має надзвичайне значення для ґрунтоутворення. В процесі росту і розвитку рослин у верхньому шарі кори нагромаджуються елементи живлення (переважно у вигляді перегною або гумусу), тобто зростає родючість ґрунту.

В кожній екосистемі кругообіг речовин відбувається в результаті взаємодії автотрофів та гетеротрофів. Малий біологічний кругообіг речовин забезпечує цикли біогеохімії. Вуглець, водень, кисень, азот, сірка і фосфор та близько 30 простих речовин, які необхідні для утворення живої речовини, безперервно перетворюються на органічні речовини або поглинаються у вигляді неорганічних компонентів автотрофами, а автотрофи використовуються гетеротрофами (спочатку консументами, а потім деструкторами).

Ці процеси є основою ґрунтоутворного процесу. Зелені рослини, засвоюючи корінням воду і розчинені в ній зольні речовини, а листям та іншими своїми зеленими частинами – вуглекислоту повітря, синтезують речовину, яка після їх відмирання відкладається у верхніх частинах земної кори (у ґрунті) у вигляді їхніх решток. Частина забирається тваринними організмами і повертається після їх відмирання. Частина елементів звільняється після відмирання і повертається у великий геологічний кругообіг через атмосферу і гідросферу. Органічні речовини лише в процесі мікробіологічного руйнування перетворюються на розчинні й доступні для рослин форми.

Таким чином, біогенні елементи безперервно циркулюють, розчиняються в континентальних водах, виносяться в моря або потрапляють в атмосферу, а між цими середовищами відбувається постійний газообмін, тобто відбувається біологічний кругообіг атомів. Суть кругообігу в тому, що утворення живої речовини і розкладання органічної речовини – два боки єдиного процесу. В процесі біологічного кругообігу атоми поглинаються живою речовиною і заряджаються енергією, а потім залишають живу речовину, віддаючи енергію в довкілля. За рахунок біогенної енергії відбувається більшість хімічних реакцій. Біологічні кругообіги можуть бути різних масштабів і різної тривалості – від швидкого кругообігу в ґрунті, річці, озері до тривалого, який охоплює всю біосферу.

Біологічний кругообіг зворотний не повністю, тому що частина речовин постійно виходить з кругообігу і осідає в товщі осадових порід у вигляді органогенних вапняків, гумусу, торфу і т.п. В результаті кругообігу біосфера (або інша екосистема) не повертається в початковий стан: для біосфери характерний поступальний рух, тому символом біологічного циклу є не коло, а циклоїд (спіраль).

Отже, кругообіг речовин у природі спрямовується спільною дією як біологічних, так і геохімічних та геофізичних сил. У біогенній міграції елементів беруть участь різні організми, в тому числі й людина. В зв'язку з цим міграцію біогенних елементів поділяють на три типи: перший (найпотужніший) здійснюють мікроорганізми, другий – багатоклітинні організми, третій – людина, яка оволоділа різними формами енергії (механічною, електричною, атомною) і тим самим сприяла значній зміні біогенної міграції елементів.

В.І. Вернадський зазначав, що біогенна міграція зумовлена трьома процесами життєдіяльності: обміном речовин в організмах, ростом і розмноженням їх. Із неживої природи атоми біогенних елементів насамперед вбираються рослинами, а від них по ланцюгах живлення переходять до тварин і людини. Оскільки біологічний цикл перетворення речовин у ґрунті є результатом співіснування і взаємодії зелених і безхлорофільних організмів, В.Р. Вільямс усі рослинні угруповання, залежно від їх ролі в ґрунтотворному процесі, поділив на чотири основні рослинні формації:

Дерев'яниста рослинна формація – це співіснування дерев'янистих зелених рослин, які синтезують органічну речовину, та грибів, актиноміцетів і анаеробних бактерій, які руйнують органічну речовину. Дерев'яниста рослинна формація створює в ґрунті особливі умови водного й температурного режимів, зумовлює утворення підзолистих ґрунтів з невисокою родючістю.

Лучна трав'яниста рослинна формація – трав'янисті зелені рослини, що синтезують органічну речовину, та анаеробні й аеробні бактерії, які їх розкладають. При лучною трав'янистою рослинною формацією відбувається лучний дерновий процес, який зумовлює формування родючих дерново-лучних і чорноземних ґрунтів.

Степова трав'яниста рослинна формація складається з степових трав'янистих зелених рослин та аеробних бактерій. Степова трав'яниста рослинна формація формує дерново-степові чорноземні та різні чорноземні степові ґрунти.

Пустельна рослинна формація, де органічну речовину синтезують хемотрофні бактерії і водорості, а органічні рештки розкладають бактерії та гриби. Під пустельною рослинністю утворюються дерново-степові, а часто майже неродючі пустельні ґрунти.

2.3. Вплив антропогенного фактора на кругообіг речовин

Біогеохімічні процеси в біосфері пов'язані з діяльністю людини. З появою людини біосфера набула нової якості. Діяльність людини – потужний екологічний фактор. У сучасний період існування нашої планети найбільші перетворення в біосфері здійснює саме людина. В порівнянні з тривалістю існування біосфери людина існує надзвичайно короткий час. Проте, за цей короткий проміжок часу кругообіг речовин в біосфері змінився радикально.

В.І. Вернадський підрахував, що в античні часи люди використовували лише 18 хімічних елементів, у XVIII ст. – 29, у XIX ст. – 62, а тепер використовуються 89 елементів, що є в земній корі, крім того одержані такі, яких у природі зовсім немає (плутоній, технецій тощо). В процесі своєї діяльності людина значно посилює біогенну міграцію елементів. Вона небувало прискорює кругообіг деяких речовин – родовища заліза, цинку, свинцю інших елементів, які природа накопичувала мільйони років, швидко вичерпуються. Людина швидкими темпами використовує сонячну енергію «минулих біосфер», накопичену в вугіллі, нафті, природному газі. Вона вивільняє енергію, яка

міститься в урані. Створюючи водосховища, дістаючи воду з глибинних водоносних горизонтів, людина втручається у кругообіг води в природі. Розорювання значних територій, створення великих населених пунктів і промислових підприємств, видобування корисних копалин, спорудження каналів, водосховищ, зміна русел річок, насаджування та вирубка лісів – всі ці дії значно змінюють природу. Діяльність людини відбивається на зміні клімату, рельєфу місцевості, видового і чисельного складу флори і фауни. Використання атомної енергії спричинило нагромадження радіоактивних речовин в атмосфері і Світовому океані. Все це збільшує невірноваженість біосфери.

2.4. Енергетика ґрунтоутворення

В процесі ґрунтоутворення утворюються не лише нові органічні та мінеральні речовини, а і накопичується енергія, джерелом якої є сонячна радіація. Основна частина цієї енергії витрачається на випаровування води з поверхні суші та океану, на теплообмін з атмосферою (тобто на формування клімату, океанічних течій).

Зелені рослини засвоюють лише від 0,5 до 5 % сонячної енергії. Кількість енергії, акумульованої в живій речовині, залежить від зольних та місцевих ґрунтово-кліматичних умов. Із $6 \cdot 10^{19}$ кДж, яка накопичена в цілому в біомасі суші $5 \cdot 10^{19}$ кДж зосереджено в гумусовій оболонці Землі. Загальний запас акумульованої в ґрунті енергії складається з запасів енергії основних компонентів ґрунту.

В.А. Ковда вказував на те, що ґрунт, «як компонент біосфери, являє собою універсальний земний акумулятор і економний розподілювач найбільш цінної для підтримання життя частини енергії, зв'язаної в гумусі і необхідної для нормального обміну та кругообігу речовин у природі».

За дослідженням В.Р. Волобуєва в природних умовах витрати сонячної енергії на ґрунтоутворення в основному визначаються радіаційним балансом, відносним зволоженням (відношенням опадів до випаровуваності за Висоцьким) та біологічною активністю біогеоценозу. В агроєкосистемах на цю величину також будуть впливати теплоємність ґрунту, його фактичне зволоження (особливо при зрошенні) та продуктивність сільськогосподарських культур.

Ґрунтоутворення завжди тісно пов'язано з еволюцією рослинності на планеті та розвитком геологічних процесів. Також в процесі ґрунтоутворення та вивітрювання відбуваються суттєві зміни і в енергії мінеральної частини ґрунту. Вони обумовлені руйнуванням первинних мінералів, синтезом вторинних мінералів та збільшенням дисперсності первинних гірських порід.

Так як кількість вологи та повітря, а також маса органічної речовини, суттєво змінюється на протязі року, необхідно розглядати енергетичний режим ґрунтів в сезонних циклах. Це особливо важливо для вивчення культурного ґрунтоутворення, яке характеризується збільшенням інтенсивності біологічного кругообігу.

2.5. Основні морфологічні ознаки генетичних горизонтів

Процеси перетворення і переміщення речовин та енергії в ґрунті визначають розчленування його на шари, які називаються *генетичними горизонтами*. Сукупність генетичних горизонтів називають *ґрунтовим профілем* (рис. 2.2).

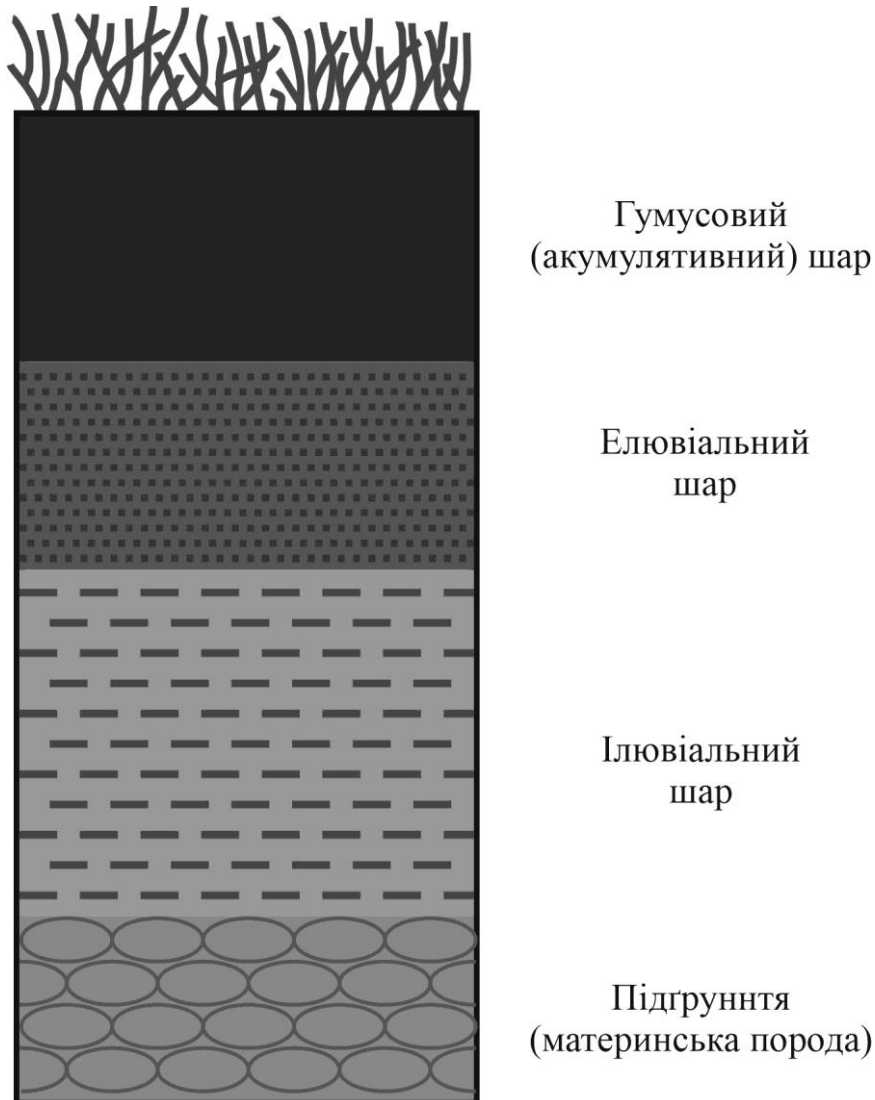


Рис. 2.2. Схема ґрунтового профілю

Процеси, які сприяють формуванню горизонтів, визначають їх властивості і назву. Горизонти, в яких нагромаджується гумус, називають *перегнійно-аккумулятивними* або *гумусними*. Вилуговування речовин призводить до утворення *вимивних* або *елювіальних горизонтів*, а наступне відкладення вимитих речовин сприяє утворенню *ілювіальних горизонтів*. Профіль ґрунту, його будова та склад генетичних горизонтів визначаються комплексом геологічних, фізико-географічних умов та діяльності людини. Послідовність зміни генетичних горизонтів товщина їх і глибина залягання, будова, склад і

властивості визначають особливості ґрунтового профілю та основні ознаки типу, підтипу та виду ґрунту. Кожному з них властиві свої генетичні горизонти.

В Україні генетичні горизонти позначають індексами, запропонованими акад. О.Н. Соколовським та його учнями, де Н0 – лісова або степова підстилка; Н – гумусовий; Е – елювіальний (вимитий); І – ілювіальний (вмитий); Р – материнська порода; К – карбонати; GL – глейовий; G – гіпсовий; S – горизонт, в якому є розчинні солі; Т – торф'яний горизонт .

Часто один горизонт позначають двома або трьома індексами, наприклад Нр, Нс, Рк, або Рі та ін. При цьому основний показник ставлять першим з великої літери, а другий пишуть з малої. Наведені індекси дають уявлення про тип ґрунту, його генетичні горизонти і ознаки, якими він відрізняється від інших типів ґрунтів.

Забарвлення ґрунту. Забарвлення ґрунту – це найбільш доступна і, перш за все, помітна морфологічна ознака, суттєвий показник належності ґрунту до того чи іншого типу, що визначається кольором тих речовин, з яких він складається, а також гранулометричним складом, фізичним станом і ступенем зволоження. Багато ґрунтів одержали назву відповідно до свого забарвлення – підзол, чорнозем, бурозем, сірозем, червонозем, каштановий, коричневий тощо. Ці назви відомі науковцям усього світу. Вони увійшли у термінологічний апарат світового ґрунтознавства і ми особливо горді з того, що дослідники всіх країн постійно вживають наші, слов'янські терміни. Забарвлення ґрунту та його окремих горизонтів може дати багато для розуміння суті процесів, які проходять у ґрунті, його генезису (походження), оскільки воно відображає хімічний склад твердої фази. Ця морфологічна ознака має велике агрономічне значення. Практики-землероби знають, що родючість ґрунту залежить від багатства його на гумус, а значить – від наявності та інтенсивності чорного або темно-сірого кольору. За С.О. Захаровим, найбільш важливими для забарвлення ґрунту є такі три групи сполук: 1) гумус; 2) сполуки заліза; 3) кремнієва кислота, CaCO_3 та каолін.

Гумусові речовини в більшості випадків зумовлюють чорне, темно-сіре, сіре забарвлення ґрунту. Часом чорне забарвлення може бути зумовлене й іншими причинами: невеликими плямами (пунктуаціями) оксидів і гідроксидів марганцю (підзолисті ґрунти), сірчистого заліза (болотні ґрунти), материнської породи (юрські глини, вуглисті сланці). Окисне залізо надає ґрунту червоного, брудно-помаранчевого та жовтого кольору. Зі сполук Fe^{3+} найбільшу роль у забарвленні відіграють його безводні та водні оксиди. Сполуки закисного заліза надають ґрунту сизуватих, зеленуватих, голубуватих тонів (вівіаніт $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ в болотних ґрунтах). Кремнезем (SiO_2), вуглекислий кальцій (CaCO_3), каолініт ($\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) зумовлюють білий та білястий колір. У деяких випадках помітну роль у білястих відтінках відіграють гіпс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), легкорозчинні солі (NaCl , Na_2SO_4 та ін.).

На забарвлення впливає структурний стан ґрунту. Агрегати, що знаходяться в грудкуватому, зернистому або глинистому стані, здаються темнішими, ніж безструктурні. Великий вплив на забарвлення має вологість ґрунту, вологі ґрунти здаються темнішими. Забарвлення ґрунтів важко

охарактеризувати одним кольором, тому треба вказувати ступінь та інтенсивність кольору (наприклад, світло-бурий, темно-бурий), відмічати відтінки (білястий з жовтуватим відтінком), називати проміжні тони (коричнево-сірий, сіро-бурий). У ґрунтознавстві прийнято домінуючу ознаку вказувати останньою. При неоднорідному забарвленні горизонтів їх характеризують як пістряві або плямісті. При цьому визначають основний тон забарвлення й колір плям.

Структура ґрунту. Структура ґрунту характеризує здатність ґрунту розпадатися в природному стані на агрегати (структурні окремоті, грудочки) певного розміру і форми. Структура характеризує взаємне розташування у ґрунтового тілі цих структурних агрегатів. Агрегати складаються зі з'єднаних між собою механічних елементів. Форми, розміри і якісний склад структурних відмінностей у різних ґрунтах і горизонтах неоднаковий. Ґрунт може бути структурним і безструктурним. При структурному стані маса ґрунту розділена на відмінності тієї або іншої форми та величини. При безструктурному стані окремі механічні елементи, які складають ґрунт, не з'єднані між собою, а існують окремо або залягають суцільною зцементованою масою.

Структурні відмінності в горизонті не бувають одного розміру і форми. Частіше структура буває змішаною, при описі зазначають це двома або трьома словами в послідовності зростання кількості відповідних агрегатів: грудкуватозерниста, грудкувато-пластинчато-пилувата та ін. Для різних генетичних горизонтів ґрунтів характерні певні форми структури: грудкувата, зерниста – для дернових, гумусових горизонтів, пластинчато лускувата – для елювіальних, горіхувата – для ілювіальних у сірих лісових ґрунтів тощо.

При оцінці ґрунтової структури потрібно відрізнити морфологічне поняття структури від агрономічного. В агрономічному розумінні оптимальною є тільки грудкувато-зерниста структура розміром від 0,25 до 10 мм.

2.6. Ґрунтовий профіль, ґрунтові горизонти та їх індексація

Поняття про ґрунтовий профіль і профільний метод вивчення ґрунтів у кінці ХІХ століття в науку ввів В.В. Докучаєв.

Ґрунтовий профіль – це певне вертикальне чергування генетичних горизонтів у межах ґрунтового індивідуума. Основними складовими частинами профілю є генетичні горизонти. У сучасному ґрунтознавстві *під генетичними горизонтами розуміють однорідні, зазвичай паралельні шари ґрунту, які сформувались у процесі ґрунтоутворення, що різняться між собою морфологічними ознаками, складом і властивостями.*

Профіль ґрунту характеризує зміну його властивостей по вертикалі. Залежно від напрямку ґрунтоутворення спостерігається закономірний розподіл і зміна гранулометричного, мінералогічного та хімічного складу, фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунтового тіла від поверхні до підстильної породи. Ці зміни можуть бути поступовими, які відображаються плавним ходом профільної кривої, а також різкими, з декількома максимумами та мінімумами. З

чим пов'язане явище диференціації вихідної ґрунотворної породи на генетичні горизонти та формування із їх послідовності профілю в цілому? Головними чинниками цього процесу є вертикальні потоки речовин та енергії (причому як висхідні, так і низхідні), а також відповідний розподіл живої речовини (кореневих систем, тварин і мікроорганізмів).

Будова ґрунтового профілю специфічна для кожного типу ґрунту, тому служить його основною діагностичною характеристикою. Генетична цілісність, єдність ґрунтового профілю – основна властивість ґрунтового тіла, що формується в процесі педогенезу з ґрунотворної породи як єдине ціле, що розвивається у часі в єдності його генетичних горизонтів. Залежно від особливостей педогенезу та віку ґрунту, ґрунтові профілі бувають *складними* та *простими*. Проста будова профілю має *п'ять типів*: примітивний, неповнорозвинений, нормальний, слабодиференційований і порушений.

Примітивний профіль формується малопотужним гумусо-акумулятивним горизонтом (Н) або перехідним до материнської породи (Нр), які залягають безпосередньо на ґрунотворній породі.

Неповнорозвинений має повний набір генетичних горизонтів, що характерний для даного типу ґрунтів, але з малою їх потужністю (профіль укорочений).

Нормальний має повний набір генетичних горизонтів, що характерний для даного типу ґрунту, з типовою для нееродованих плакорних ґрунтів потужністю.

Слабодиференційований – дуже розтягнутий монотонний профіль, в якому генетичні горизонти поступово змінюють один одного без чітко помітних переходів.

Порушений (еродований) – профіль, в якому частина верхніх горизонтів знищена ерозією.

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 і не поховані, а реліктові горизонти – результат стародавнього ґрунтоутворення, що на даний час іде по іншому типу.

Багаточленний профіль формується у випадках літологічних змін у межах ґрунтової товщі (двочленні материнські породи).

Поліциклічний профіль утворюється в умовах періодичного перевідкладення ґрунотворного матеріалу (річковий алювій, вулканічний попіл, еолові наноси).

Порушений (перевернений) профіль формується при вивертанні нижніх горизонтів на поверхню. Розрізняють штучний (діяльність людини) та природний (при буревіях) порушений профіль.

Мозаїчний профіль – профіль, в якому генетичні горизонти утворюють не послідовну за глибиною серію горизонтальних шарів, а непередбачувану строкату мозаїку, плямистість.

Систематика типів будови профілю будується і за іншими принципами. Зокрема, досить розповсюджена систематика за характером розподілу речовинного складу ґрунту по вертикальній товщі (наприклад, вмісту гумусу, карбонатів, глинистих мінералів і т.п.). Такий розподіл відображається і на морфологічних ознаках: забарвленні генетичних горизонтів, щільності, характері та розподілі новоутворень.

Спираючись на цей тип систематики, виділяють акумулятивний, елювіальний, ґрунтово-акумулятивний елювіально-ілювіальний та недиференційовані ґрунтові профілі:

– *акумулятивний* профіль із максимумом накопичення тих чи інших речовин у поверхневих горизонтах при поступовому зменшенні їх умісту з глибиною. Поділяється на регресивно-акумулятивний (увігнута крива перерозподілу), прогресивно-акумулятивний (випукла) та рівномірно-акумулятивний;

– *елювіальний* профіль із мінімумом речовини на поверхні (поверхневому горизонті) та поступовим зростанням його вмісту з глибиною. Поділяється на регресивно-елювіальний (увігнута крива перерозподілу), прогресивно-елювіальний (випукла), рівномірно-елювіальний;

– *ґрунтово-акумулятивний* профіль характеризує накопичення речовин із ґрунтових вод у нижній та середній частині товщі ґрунту;

– *елювіально-ілювіальний* профіль із мінімумом речовин у верхній частині та максимумом у середній або нижній частині;

– *недиференційований* профіль характеризується рівномірним вмістом речовини по всій товщі ґрунту.

Будь-який ґрунт може бути охарактеризований з деяким наближенням одним із наведених генетичних типів профілю, що має безпосереднє діагностичне значення. Для кожного природного типу ґрунтоутворення характерна своя сукупність горизонтів. Усі горизонти та профілі взаємно пов'язані і взаємно зумовлені. Вони формуються в процесі генезису ґрунту з материнської породи одночасно як єдине ціле. Отже, профіль ґрунту – це генетична цілісність усіх його горизонтів.

В.В. Докучаєв виділив у ґрунті всього три генетичних горизонти і позначив їх першими літерами латинського алфавіту (А – поверхневий гумусо-акумулятивний, В – перехідний до материнської породи, С – материнська порода, підґрунтя). З накопиченням знань про ґрунти ця індексація горизонтів стала недостатньою. Виникла необхідність створення більш повної й раціональної системи позначення горизонтів. Над її доповненням і удосконаленням працювали Г.М. Висоцький, К.Д. Глінка, С.О. Захаров, Д.Г. Віденський, Б.Б. Полинов та ін.

У 1936 році український ґрунтознавець *О.Н. Соколовський* запропонував принципово нову систему індексів. Детальніше її розробили його учні *М.К. Крупський, Г.С. Гринь* та інші. Систему індексів О.Н. Соколовського в наш час з успіхом використовують в Україні. Розвиток ґрунтознавства призвів до виділення великої різноманітності генетичних горизонтів різних типів ґрунтів.

На жаль, дотепер у ґрунтознавстві різних наукових шкіл немає єдиного підходу до діагностики й символіки різних ґрунтових горизонтів. Усі відомі генетичні горизонти ґрунту у вітчизняній науці 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.

Ґрунтознавці України виділяють також такі горизонти:

Pf – псевдофіброві, складаються з тонких бурих або червонувато-бурих ущільнених прошарків (псевдофібрів) товщиною 1–3 см, які чергуються з прошарками палевого або білястого піску;

R – ортзандові, складаються зі зцементованого оксидами заліза піску. Залізо в них переважно гідрогенного й мікробного походження, вони червоного кольору, як правило – щільні, безструктурні;

Rg – ортштейнові, збагачені глиною, півтораоксидами, гелями кремнію, тверді, червонувато-коричневі;

M – мергелясті, складаються з карбонатних новоутворень гідрогенного походження (луговий мергель). Містять від 25 до 50 % карбонатів кальцію і магнію, білого або сірувато-білого кольору, часто з бурими плямами.

Перехідні горизонти сполучають в однаковій мірі ознаки двох сусідніх горизонтів. У ґрунтах з поступовим ослабленням будь-якої ознаки від поверхні до породи (чорноземах, лугових, дернових та інших) ці горизонти так і називаються – перехідні; у ґрунтах з диференційованим профілем – за назвою двох суміжних горизонтів. Позначаються символами суміжних горизонтів. Наприклад, перехідний між гумусовим і материнською породою в чорноземах – *Hp*; гумусовим та елювіальним в дерново-підзолистих ґрунтах – *He* (гумусово-елювіальний).

Майже всі ознаки, виділені в основних горизонтах, можуть проявлятися нерівномірно, в одних випадках бути головними, в інших – накладатися, виражатися нечітко. У цих випадках вони позначаються такою ж але малою буквою. Наприклад, верхній перехідний горизонт у чорноземах між гумусовим та материнською породою характеризується значною гумусованістю та невеликою домішкою породи (*Hp*), а нижній перехідний – навпаки (*Ph*).

До додаткових належать відокремлені морфологічні елементи ґрунту, уламки порід, а також ознаки, пов'язані з діяльністю людини. Нижче наводяться їх назви та символи (за українською системою):

k – наявність карбонатів;

s – наявність легкорозчинних солей;

z – наявність м'яких залізисто-марганцевих стягнень та пунктуацій;

n – наявність твердих залізисто-марганцевих конкрецій;

kn – наявність карбонатних конкрецій;

q – наявність уламків твердих безкарбонатних порід;

qk – наявність уламків твердих карбонатних порід;

F – наявність вохри;

z – наявність копролітів, червоточин, 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. *arvum* – поле);
ag – насипні рекультивовані горизонти (*agger* – насип);
pl – плантажовані горизонти;
mo – ознаки, пов'язані зі зрошенням;
m – ознаки, пов'язані з осушенням.

Якщо засолення, карбонати або літогенні включення відкриті в нижній частині горизонту, то цей спеціальний символ пишеться через косу риску (наприклад, *P/k*, *Hp/gl*). У випадку, коли має місце локальна концентрація (не по всій товщі горизонту) тих чи інших новоутворень та включень або ознака дуже слабо виражена, – символ беруть у дужки, наприклад, *P(h)*, *H(e)*. Поховані горизонти записують у квадратних дужках [*H*], [*HT*].

Горизонти, які виникають за рахунок діяльності людини, але за своїми властивостями не відрізняються від природних, позначаються такими ж символами, що й природні, але перед ними ставиться ще символ ознак, пов'язаних з антропогенезом. Наприклад, вторинно-осолонцьований, внаслідок зрошення (іригації) мінералізованими водами горизонт – *moSl*; вторинно-оглеєний за рахунок підняття ґрунтових вод при зрошенні – *moHPgl*; торф'яно-мінеральний, утворений внаслідок пересушення торф'яників – *moTC* і т. ін.

Символ має повністю відображати назву, наприклад, *Ehgl* – елювіально-гумусований оглеєний, *Pks* – карбонатна засолена материнська порода, *Hp* – верхній перехідний; *Ph* – нижній перехідний; *HPm* – перехідний метаморфозований. З цієї позиції, українська індексація є об'єктивно більш досконалою. Отже, українська символіка більше інформативно відбиває характерні ознаки горизонтів.

Переходи між горизонтами в профілі. Характер переходів між горизонтами в ґрунтовому профілі, форма меж горизонтів і ступінь їх виразності мають важливе генетичне значення й служать суттєвою морфологічною ознакою ґрунту, оскільки це один із критеріїв визначення інтенсивності ґрунтоутворення і його загальної направленості. Часто характер переходів має діагностичне значення. Різні ґрунти мають неоднаковий характер переходів у профілі, що визначається типом, віком та інтенсивністю ґрунтоутворення відповідно до комплексу факторів навколишнього середовища.

За формою виділяють вісім основних типів меж між ґрунтовими горизонтами:

Рівна межа 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 елювіального горизонту підзолистих ґрунтів.

Затічна характерна для ґрунтів із текучим характером гумусу або тих, які розтріскуються.

Розмита межа характерна для ґрунтів із сильним елювіально-ілювіальним процесом.

Пильчаста зустрічається досить рідко, у підзолистих ґрунтах на структурних глинах.

Палісадна також дуже рідко зустрічається в солонцях при переході до солонцевого горизонту. За ступенем вираження виділяють такі види переходів: *різкий, ясний, помітний, поступовий*.

2.7. Фактори ґрунтоутворення

Ґрунти утворюються в результаті взаємодії зовнішніх факторів фізико-географічного середовища. Матеріальною основою ґрунтоутворення є гірські породи, повітря, вода і сукупність вищих та нижчих організмів, які знаходяться у ґрунті. Взаємодія цих головних ґрунтоутворювачів в різних умовах клімату і рельєфу на протязі певного часу зумовлює утворення різноманітних ґрунтів.

В.В. Докучаєв виділив такі головні ґрунтоутворювачі:

- 1) материнські (ґрунтоутворювальні породи),
- 2) рослинність,
- 3) клімат,
- 4) рельєф,
- 5) фактор часу (період ґрунтоутворення).

До названих п'яти факторів ґрунтоутворення тепер додають також господарську діяльність людини.

Таким чином, функціональну залежність ґрунту від факторів ґрунтоутворення можна виразити такою математичною формулою:

$$Г = f \cdot (n, \delta, k, p, a) \cdot t,$$

де n – материнська порода; δ – біота (рослини + тварини + мікроорганізми); k – клімат; p – рельєф місцевості; a – антропогенний фактор; t – фактор часу.

Поєднання факторів ґрунтоутворення представляють собою комбінації екологічних умов розвитку ґрунтоутворного процесу та ґрунту. Вивчення кожного фактора ґрунтоутворення вимагає його характеристики за параметрами та оцінки його місця в утворенні ґрунту. Пізніше було виділено ще один (шостий) фактор – виробнича діяльність людини. Цей фактор чинить на процеси ґрунтоутворення як прямий так і непрямий вплив.

Гірські породи та породоутворювальні мінерали. Ґрунти утворюються на верхньому шарі твердої оболонки Землі – літосфері, яка складається з гірських порід різного походження та мінералогічного складу.

Гірська порода – це агрегати більш-менш постійного складу, які утворюють самостійні геологічні тіла, що складають земну кору. Гірські породи розподіляються на прості та складні. Перші утворюються з накопичення одного мінералу, наприклад, мрамур складається з мінералу кальциту. Інші складаються з декількох мінералів. Так, наприклад, граніт складається з кварцу, польового шпату та слюди. За умовам походження гірські породи поділяються на три групи: магматичні; осадові; метаморфічні.

Магматичне походження. Утворення магматичних порід та мінералів проходить при високій температурі та великому тиску. Внаслідок розплавлення порід за рахунок радіогенного тепла в невеликих відокремлених місцях на різних глибинах утворюється магма – тістоподібний сплав складного силікатного складу, в якому знаходяться різні гази, водяна пара та гарячі водні розчини. Розплав складається з таких умовних компонентів: сполучень: SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , MgO , Fe_2O_3 ; газів: HF , HCl , H_2S , CO , CO_2 .

У тих випадках, коли розплавлена магма виступає на поверхню Землі та застигає, утворюються *ефузивні* породи, що вилилися. Якщо ж магма не проривається назовні, а застигає на деякій глибині, то утворюються *інтрузивні* або глибинні породи.

За вмістом кремнезему серед магматичних порід розрізняють кислі, середні, основні та ультраосновні. До *кислих* порід відносять граніти, ліпарити, кварцові порфірити, вулканічне скло, пемза та інші – в них міститься від 65 до 75 % SiO_2 . До *середніх* порід, які вміщують 52–65 % SiO_2 відносяться сієніти, діорити, трахіти, андезити. *Основні* породи із вмістом SiO_2 до 52 % представлені габро, базальтами та діабазами.

Породи, які складаються менш як на 45–50 % з SiO_2 , вважаються *ультраосновними*. Найчастіше вони складаються з піроксенитів. Магматичні породи складають майже 95 % земної кори, являючись похідним матеріалом для утворення інших гірських порід. При виході на поверхню вони руйнуються, вивітрюються, переносяться по суші, утворюючи групу осадових гірських порід.

Залежно від походження *осадові породи* підрозділяються на *уламкові*, *хімічні* та *органогенні*. *Уламкові* осадові породи (галька, щебінь, гравій, пісок, глина, лес та лесовидні суглинки) утворились в результаті механічної дії на магматичні породи води, вітру, температури. До *хімічних* осадових порід відносяться гіпс, ангідрид, вапняковий туф, доломіт, різні соляні відкладення; всі вони утворюються шляхом осадження розчинених у воді хімічних сполук. *Органогенні* осадові породи – кременисті сланці, крейда, викопне вугілля, торф та інші утворюються в процесі діяльності рослинних та тваринних організмів. *Осадові* породи покривають майже всю поверхню Землі і безпосередньо служать середовищем – материнською породою, на якій утворюється ґрунт.

В будові земної кори значне місце займають *метаморфічні* породи, до яких відносяться гнейси, мрамур, хлоритові, слюдяні, глинисті, талькові та інші сланці. Ці породи утворюються як з магматичних, так і з осадових порід на значній глибині під впливом великого тиску або високої температури. Частіше всього метаморфічні породи набувають певну сланцюватість і за хімічним

складом майже не відрізняються від породи, яка служила їхньою основою. Метаморфічні породи дуже рідко виступають як ґрунтоутворювальні породи.

Основні породоутворювальні мінерали. Перелічені вище гірські породи залежно від умов їх утворення складаються з різних мінералів, однорідних хімічних сполук, із яких найбільш суттєве значення мають лише 20–25 породоутворювальних мінералів.

Серед мінералів розрізняють *первинні* і *вторинні*. Первинні мінерали безпосередньо виділяються з магми, а вторинні утворюються в результаті хімічного вивітрювання гірських порід і мінералів або в процесі ґрунтоутворення.

Із найбільш важливих породоутворюючих мінералів, що входять до складу розповсюджених гірських порід, варто назвати такі:

З групи силікатів:

Авгіт – $(Ca, Mg, Fe)_2[(Si, Al)_2O_6]$

Рогова обманка – $(Na, K)Ca(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al)_5[(OH, F)_2(Si, Al)_2Si_6O_{22}]$

Олівін – $(Mg, Fe)_2 \cdot [SiO_4]$.

З алюмосилікатів:

Ортоклаз – $K_2Al_2Si_6O_{16}$

Альбіт – $Na_2Al_2Si_6O_{16}$

Анортит – $CaAl_2Si_2O_8$

Мусковіт – $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$

Біотит – $K(FeMg)_3(OH, Fe)_2AlSi_3O_{10}$

Каолініт – $H_2Al_2Si_2O_8 \cdot H_2O$.

З оксидів:

Кварц – SiO_2

Магнетит – Fe_3O_4

Гематит – Fe_2O_3

Лимоніт – $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$.

З карбонатів:

Кальцит – $CaCO_3$

Магнезит – $MgCO_3$

Доломіт – $CaMg [CO_3]_2$

Сидерит – $FeCO_3$.

З сульфатів:

Гіпс – $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

Ангідрит – $CaSO_4$.

З сульфідів:

Пірит – FeS_2 .

З фосфатів:

Апатит – $Ca_5(PO_4)_3 F, Cl$

Вівіаніт – $Fe_3 \cdot (PO_4)_2 \cdot 8H_2O$.

З галоїдних сполук:

Карналіт – $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Сильвін – KCl

Хлористий натрій – NaCl .

З перелічених вище мінералів польові шпати (ортоклаз, альбіт, анортит, плагіоклаз) в складі гірських порід складають до 60 %, слюди, авгіт, рогова обманка до 20 %, а кварц – до 12 %; на частину всіх інших мінералів (їх близько двох тисяч) приходиться лише 8 %. В хімічному складі мінералів і гірських порід більше всього SiO_2 , потім іде глинозем Al_2O_3 , далі сполуки заліза, оксиди лужних ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) та лужноземельних (CaO , MgO) металів.

Деякі з перелічених вище груп породоутворювальних мінералів відіграють важливу роль у створенні умов для формування родючості ґрунтів. Так з апатиту промисловість виробляє фосфорнокислі добрива (суперфосфат). Віваніт, або фосфорнокислий закис заліза, можна застосувати як цінне добриво, яке вміщує фосфорну кислоту. З галоїдних мінералів карналіт і сильвін є рухомими сполуками, які розчиняються у воді та вміщують цінний для живлення рослин калій. Гіпс з групи сульфатів застосовується для меліорації та поліпшення властивостей солонців і солонцюватих ґрунтів. Карбонати у вигляді вапна і мергелів, яких багато в осадових породах, широко застосовуються для нейтралізації кислотності підзолистих ґрунтів. Ортоклаз та інші польові шпати, які входять до складу гірських порід, при розпаді утворюють вторинні глинисті мінерали колоїдного типу, які сприяють створенню високої вбирної здатності ґрунтів.

Таким чином, породоутворювальні мінерали при вивітрюванні і розпаді гірських порід збагачують середовище елементами живлення рослин – фосфорною кислотою, калієм, дають сировину для виробництва мінеральних добрив і меліоративних матеріалів, поліпшують водно-фізичні властивості ґрунту.

Вивітрювання гірських порід. Всі гірські породи та мінерали, що входять до їх складу, стійкі тільки в тих термодинамічних умовах і концентраціях хімічних елементів, із яких вони утворились. За невідповідністю цих умов гірські породи змінюються. Так, магматичні гірські породи після виходу їх на поверхню Землі під впливом різних факторів починають руйнуватися; вони змінюються хімічно, набувають нових властивостей, перетворюються в пухкі продукти, або рухляк.

Процес руйнування масивних гірських порід і перетворення їх в пухкі продукти прийнято називати вивітрюванням.

Вивітрювання гірських порід і мінералів на поверхні Землі здійснюється під впливом на них:

- 1) температури, механічної сили води, вітру, руху льоду;
- 2) вуглекислого газу – CO_2 , кисню – O_2 і атмосферної води;
- 3) живих організмів – біогенним шляхом.

В зв'язку з різновидом факторів вивітрювання гірських порід розрізняють три його форми: *фізичне, хімічне і біологічне.*

Фізичне вивітрювання. При дії фізичних факторів вивітрювання гірська порода перетворюється на дрібні уламки, щебінь, пісок, пил без зміни їх петрографічного і хімічного складу. Під впливом фізичних факторів вивітрювання гірські породи руйнуються до піщано-пилуватих частинок з утворенням великої кількості рухляку. В цих випадках гірські породи дрібнішають до частинок діаметром не менш ніж 0,1 мм. Такий рухляк вивітрювання відрізняється від щільної гірської породи тим, що в його пори і проміжки вільно проникає вода; але за відсутністю капілярів вона не утримується, а вільно стікає униз під впливом сили тяжіння. Разом з тим у міру руйнування гірських порід збільшується поверхня зіткнення уламків рухляку з елементами атмосфери і біосфери, що сприяє більш енергійній дії на гірські породи хімічних і біологічних факторів вивітрювання.

Фізичне вивітрювання підрозділяється на *температурне* і *механічне*.

Температурне вивітрювання зумовлене різким коливанням добових температур та різним коефіцієнтом розширення мінералів, що складають магматичні або метаморфічні породи. Чим більші ці коливання протягом доби, тим активніше протікає процес розширення і звуження мінералів. До того ж коефіцієнт розширення мінералів у полімінеральній породі (наприклад, граніту або сіеніту) різний: кварц, маючи анізотропні властивості, в одному напрямку розширюється у 2 рази більше, ніж у другому, а в об'ємі – у 2 рази більше, ніж ортоклаз (різновидність польового шпату).

На швидкість руйнування порід впливають також її первинна тріщинуватість, особливості структури, колір та розмір мінералів. Щодо протікання фізичного вивітрювання в певних кліматичних поясах і природних зонах, то температурне вивітрювання найбільш інтенсивно протікає в умовах аридного клімату зокрема в пустелях, де добові коливання температур становлять 40–50 °С і навіть більше. Тут вдень швидко нагріваються поверхневі частини скель чи окремих брил до 70–80 °С, а вночі вони охолоджуються також швидко до 10 °С і менше. В результаті відбувається утворення тріщин і відлущування порід по сферичній поверхні скель чи брил. Цей процес одержав назву десквамація (від лат. *desquamatio* – знімання луски). В ході цього процесу вершини скель набувають округлої форми, а брили можуть стати кулеподібними.

На інтенсивність температурного і механічного руйнування дуже впливає інсоляція (від лат. *insolatio* – виставлено на Сонце) – освітлення і нагрівання скель сонячними променями, або інакше – орієнтація скель до Сонця. Сонячний бік зазнає більш різких температурних коливань протягом доби, руйнується швидше, а тому його крутизна буде меншою. В результаті тривалого руйнування скель біля їх підніжжя і на плоских ділянках плато нагромаджується багато великих уламків порід, утворюючи нерідко великі кам'яні нагромадження або «потоки», яким дали назву куруми (*тюрк*).

На інтенсивність руйнування магматичних порід впливає так звана окремість – здатність їх до розколювання при охолодженні. Так, наприклад, базальтові масиви розколюються на окремі стовпоподібні багатогранники,

граніти – на матрацевидні форми, а лавові потоки можуть розпадатися на кулеподібні форми.

Фізично руйнувати гірські породи можуть тонкі плівки води, які міцно зв'язані з стінками тріщин і пор. Товщина плівки менше мікрона і вона може бути присутня навіть тоді, коли порода видається сухою. Плівкова вода проникає і в мікроскопічні тріщинки. Тут вона набуває великої пружності – такої, що її достатньо для розколювання міцних мінералів. В результаті цього граніт може розсипатися до жорстви – дрібних уламків породи і мінералів (від 1 до 10 мм). Якщо жорства не зноситься поверхневими потоками, її товща може досягати 10–15 м і більше. Але на цьому дія плівкової води не закінчується. Вона продовжує розколювати мінерали аж до піщаних і навіть пилюватих частинок. Вчені встановили, що процес розколювання плівковою водою особливо інтенсивно протікає в напівзасушливих областях, коли короткі вологі сезони змінюються тривалими посухами.

Хімічне вивітрювання протікає одночасно і взаємопов'язано з фізичним. В результаті цього процесу відбуваються істотні зміни в структурі гірських порід, їх міцності, кольорі і хімічному складі окремих мінералів та у їх фізичних властивостях. З хімічних елементів зруйнованих мінералів відбувається нове поєднання елементів і утворення інших мінералів.

Отже, фізичне руйнування ніби готує породи до хімічних процесів. Звичайно ж, чим дрібнішими стали частини порід і мінералів, тим інтенсивніше протікають хімічні процеси, які завершуються в більшості випадків утворенням так званих глинистих мінералів. Головними факторами хімічного вивітрювання є вода, вільний кисень, вуглекислий газ і органічні кислоти.

Вода в природних умовах завдяки тривалій дії може призводити до значних хімічних перетворень, навіть тоді, коли відсутні інші агенти хімічних процесів. Хімічна активність води спричинена частковою дисоціацією її молекули H_2O на іони H^+ і OH^- . Причому ступінь дисоціації значно зростає з підвищенням температури, тому вода особливо активна в жаркому кліматі. Процеси, які протікають при хімічному вивітрюванні можуть бути зведені до *окислення, гідратації, розчинення і гідролізу*.

Окислення, тобто приєднання кисню, найбільш активно відбувається у залізистих мінералів, сульфідів і силікатів. Залізо, яке появилось після вивітрювання мінералів, в результаті окислення переходить у високовалентні сполуки. Прикладом може бути окислення магнетиту, який переходить після цього в умовах сухого клімату в гематит: $4Fe_3O_4 + O_2 \rightarrow 6Fe_2O_3$, магнетит, гематит.

При цьому в магнетиту руйнується кристалографічна решітка і він переходить у аморфну масу, з якої потім утворюються нові кристали гематиту. У вологих умовах утворюється *гідрогематит* – $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ і *лімоніт* – $2Fe_2O_3 \cdot H_2O$. Багатий на воду лімоніт надає вивітrenom породам бурий і жовтий колір, а бідні на воду гідрати і безводний оксид заліза – червоний колір. В умовах перенасичення порід водою до залізистих мінералів кисню проникає мало. Якщо ж в опадах є багато органіки (наприклад, в болотах і озерах), то значна частина кисню витрачається на її розкладання і тому середовище втрачає окислювальні

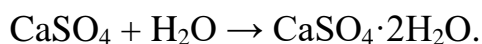
умови і переходить у відновлювальні. За таких умов залізо переходить у закис (FeO), а кольори осадових порід мають зеленуватий відтінок.

При взаємодії з киснем і водою сульфіди стають нестійкими і поступово замінюються сульфатами і оксидами. Поступово із піриту утворюється лімоніт – найбільш стійка сполука заліза на поверхні Землі. Саме тому на багатьох сульфідних родовищах існують так звані «залізні шляпи», які утворені лімонітом (бурим залізняком).

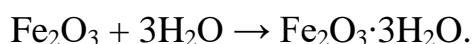
Крім сказаного, слід відзначити, що процеси окислення можуть протікати і в залізистих силікатах – таких, як олівін, піроксени, амфіболи, в результаті чого двовалентне залізо переходить у трьохвалентне і мінерали покриваються бурою кіркою.

На завершення розгляду окислення відзначимо, що глибина проникнення вільного кисню може бути різною: від кількох метрів (в районах розвитку торф'яників і вічної мерзлоти) до 1 км і більше (в розломах земної кори).

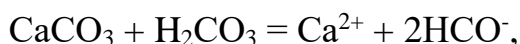
Гідратація відбувається при дії води на мінерали, в результаті чого вона вбирається мінералами, що призводить до утворення нових мінералів – переважно гідросилікатів і гідроксидів. Мінерал класу сульфатів ангідрит (безводний гіпс) при гідратації переходить у гіпс звичайний:



При нагріванні гіпс втрачає воду і знову стає ангідритом. В результаті гідратації з гематиту утворюється лімоніт:



Розчинення – це здатність молекул однієї речовини поширюватись внаслідок дифузії в другій речовині без зміни їх хімічного складу. Вода в природних умовах ніколи не буває хімічно чистою. В ній завжди є речовини у вигляді розчинів або колоїдного стану. Присутність у воді водневих і гідроксильних іонів кисню і вуглекислоти надають їй окислювальні властивості, а також посилюють її дії на гірські породи. Розчинність води залежить від ступеню концентрації водневих іонів і вільної вуглекислоти. Процес повного розчинення мінералів спостерігається в соленосних товщах, гіпсах, доломітах, мергелях і навіть у сульфідах. Проте з води ці ж самі мінерали можуть знову випадати у вигляді осаду при зміні температури, тиску та інших умов. Це стосується в першу чергу карбонату кальцію (реакція зворотна):



де CaCO₃ – кальцит; H₂CO₃ – вуглекислота; Ca²⁺ – іон кальцію; 2HCO₃⁻ – іон бікарбонату.

Гідроліз – це реакція обмінного розкладу між водою і хімічними сполуками, в результаті чого вони розщеплюються на більш низькомолекулярні сполуки. Цей процес іде, як правило, разом з розчиненням. В результаті цього руйнується кристалографічні грати (особливо у силікатів) і створюються нові, які мають шарувату будову. Молекула води має полярну будову: один її край має два позитивно заряджені атоми водню, а другий – один негативно заряджений атом кисню. Коли молекула води попадає на кристал, вона своїми кінцями приєднується до протилежно заряджених іонів кристала і забирає їх. Так відбувається частковий виніс кремнезему. Але крім того іон водню (H^+) та іон гідроксильної групи (OH^-) можуть вступити в реакцію з речовиною кристала. Атоми в кристалах можуть бути замінені також іонами HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ і K^+ , які завжди є у природних водах. Може бути й навпаки, коли із польових шпатів виносяться K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , які, поєднуючись з CO_2 , утворюють розчини бікарбонатів і карбонатів: K_2CO_3 , $NaCO_3$, $CaCO_3$. Ці речовини можуть бути винесені водами за межі їх утворення, або випадають на невеликій глибині від поверхні, і тому відбувається карбонатизація порід (в умовах засушливого клімату). Можуть вони також утворювати льодоподібні кірки на поверхні підземних карстових озер.

Процес гідролізу відбувається послідовно і досить тривалий час. Якщо взяти найбільш яскравий приклад – перетворення польових шпатів у зоні хімічного вивітрювання, то після першої стадії гідролізу утворюється гідрослюда, після другої – каолінит або галуазит. В умовах вологого тропічного клімату розкладання каолініту продовжується до вільних оксидів і гідроксидів алюмінію, які є складовими частинами бокситів – руди для одержання алюмінію.

Таким чином, відповідно до розглянутих процесів, можна простежити (за Б.Б. Полиновим) чотири стадії хімічного вивітрювання:

- утворення уламкових порід;
- збагачення порід карбонатами;
- утворення глинистих мінералів (у тому числі і каолінових);
- утворення латеритів.

Остання стадія протікає тільки у тропіках і вологих субтропіках. В умовах помірного клімату хімічне вивітрювання доходить до стадії глиноутворення. Щодо інтенсивності руйнування мінералів, то необхідно відзначити, що вона в олівину, рогової обманки і авгіту більша, ніж у польових шпатів. Тому основні й ультраосновні гірські породи, в яких переважають названі мінерали, більше піддаються до хімічного вивітрювання і на них часто спостерігаються потужні товщі продуктів різного ступеня руйнування. Тільки на зернах кварцу практично не видно впливу процесів хімічного вивітрювання.

Біологічні фактори вивітрювання діють на гірські породи одночасно з фізичними і особливо з хімічними факторами. Біологічне (органічне) вивітрювання пов'язане з життєдіяльністю рослин і мікроорганізмів. Вперше роль організмів у геологічних процесах в усій її повноті була висвітлена в праці академіка В.І. Вернадського «Біосфера» ще в 1926 році. Подальший розвиток ідей про геологічну роль організмів можна знайти в працях академіка

Б.Б. Полинова і його численних послідовників. При житті рослин відбувається складний процес руйнування гірських порід завдяки відбирання рослинністю необхідних поживних речовин: K, Ca, Si, Mg, Na, P, S, Al, Fe та інших.

Разом з тим в процесі життєдіяльності рослин відбувається виділення кислот і кисню, які в свою чергу активно впливають на зміну в гірських породах. При відмиранні рослин відбувається розкладання органічної маси і утворення значної кількості органічних (так званих гумінових) кислот і CO₂, які значно посилюють процеси розчинення і гідролізу мінералів. Але основна роль в цьому виді вивітрювання належить мікроорганізмам, які є всюди і діють дуже активно. Їхня діяльність полягає у поглинанні із порід хімічних елементів і сполук та перенесення їх в інші сполуки після свого відмирання, але в концентрованому стані. Тобто, при життєдіяльності мікроорганізмів відбувається перехід мінеральних речовин в органічні, а потім навпаки – органічних у мінеральні, зумовлюючи безперервний кругообіг речовин. Саме цей процес є сутністю ґрунтоутворення, бо верхній шар продуктів вивітрювання збагачується органічною речовиною, зазнає змін під впливом біохімічних процесів і перетворюється у ґрунтовий покрив.

Численні організми в процесі своєї життєдіяльності енергійно руйнують гірські породи. До таких організмів, перш за все, відносять бактерії, одні з яких виділяють в середовище вуглекислий газ, інші – органічні кислоти. Ці біологічного походження сполуки, розчиняючи окремі мінерали, поступово звільнюють елементи мінерального живлення рослин, розсіяні в гірських породах.

Також в числі біологічних факторів вивітрювання значну роль відіграють водорості, наприклад, діатомові, котрі вилучають із гірських порід кремневу кислоту, сприяють вивітрюванню каолініту. Енергійно діють як фактор вивітрювання і численні мохи, які поглинають вологу і своїми ризоїдами проникають в породу, де в пошуках мінерального живлення створюють багато пор і проміжків, куди проникають вода і вуглекислий газ, які, в свою чергу, прискорюють інтенсивність вивітрювання.

Гриби, бактерії, водорості, мохи, лишайники не тільки сприяють вивітрюванню гірських порід біологічним шляхом, але й утворюють на поверхні цих порід перші сліди органічних речовин.

Велику роль в процесі вивітрювання виконують вищі рослини, особливо дерев'янисті, коріння яких проникає глибоко по тріщинах гірських порід і створює зростаючий тиск на стінки порід. Відмираючи, коріння поглинає воду, розбухає і збільшується в об'ємі, що сприяє механічному руйнуванню гірських порід. Кислі кореневі виділення живих рослин розчиняють окремі компоненти гірських порід і мінералів, що сприяє засвоєнню рослинами калію, фосфорної кислоти та інших елементів мінерального живлення.

Горизонти гірських порід, де протікають процеси вивітрювання, називають *корою вивітрювання*. У ній розрізняють дві зони: поверхневого і глибинного вивітрювання. Вивченням кори вивітрювання займається багато вчених і геологів-виробничників з різних континентів. Родоначальником вчення про кору вивітрювання був Б.Б. Полинов, який опублікував у 1934 році монографію «Кора

вивітрювання». Це вчення успішно розвивали І.І. Гінсбург, В.П. Петров, С.С. Смірнов, Л.Б. Рухін, П.Ф. Лі, Н.А. Шило, В.А. Ковда, В.В. Добровольський.

Утворення кори вивітрювання починається з утворення елювію (від лат. *eluvio* – змивання, вимивання) порід, які зазнали процесів фізичного, хімічного і біологічного вивітрювання, і які знаходяться на місці свого утворення. Звичайно, у верхній частині розрізу вони подрібнені й змінені хімічно більше, ніж у нижній. Якщо елювій почав формуватись на міцних (скелястих) породах, то вниз розрізу спостерігається поява все більших уламків порід, які поступово переходять у тріщинуваті породи. Та частина елювію, яка зазнала біологічного вивітрювання і збагачена залишками тобто гумусом, (від лат. *humus* – ґрунт) перетворюється у ґрунтовий покрив. В елювії не спостерігається шаруватості і межу нерідко важко знайти внаслідок поступового переходу його до корінних порід. Проходять ще сотні тисяч і мільйони років і процес хімічного вивітрювання під впливом води проникає на значну глибину, формуючи уже значне геологічне тіло – кору вивітрювання.

В результаті досліджень в польових умовах і узагальнення одержаних матеріалів вчені прийшли до висновку, що, виходячи з характеру і ступеня змін початкових порід, можна виділити ряд типів кори вивітрювання, які в свою чергу поділяються на окремі види (в залежності від мінерального складу кінцевих продуктів руйнування). Так Л.Б. Рухін (1961) виділив головні кліматичні типи кори, взявши за основу склад глинистих мінералів:

1. Уламкова, яка виникла в результаті фізичного вивітрювання – характерна для арктичних і високогірних областей.

2. Гідрослюдиста, що властива для холодних і помірних областей з відносно слабким хімічним вивітрюванням, в яких розкладання польових шпатів не йде масово далі, ніж до утворення гідрослюд.

3. Монтморилонітова, яка виникає в степових або напівпустельних областях в умовах жаркого клімату при слабкому зволоженні.

4. Каолінітова, що утворюється у теплих і вологих районах при активному хімічному вивітрюванні, в результаті якого відбувається нагромадження значної кількості каолініту. Розвивається вона переважно на гранітах і має потужність 50–80 метрів (наприклад, на Глухівецькому родовищі каолінів у Вінницькій обл.).

5. Латеритна (від лат. *later* – цегла), яка утворюється при найбільш енергійному хімічному вивітрюванні в умовах жаркого і вологого клімату. Цей тип кори характеризується нагромадженням вільних окислів алюмінію і заліза, що за І.І. Гінсбургом найчастіше відбувається під екваторіальними лісами з їх постійним зволоженням або рідше в зоні мусонних лісів. Потужність кори сучасного вивітрювання, в якій може протікати ґрунтоутворювальний процес, коливається від декількох сантиметрів до 2–10 м.

Основні ґрунтоутворюючі породи. Гірські породи, з яких формується ґрунт, називають *ґрунтоутворюючими* або *материнськими*. До них відносяться *пуккі* осадові породи і на них майже повсюдно утворюється ґрунт.

Елювіальні породи (елювій) – продукти вивітрювання корінних порід, які залишилися на місці утворення. В залежності від властивостей вихідної породи, кліматичних умов і рельєфу елювій відрізняється великою різноманітністю за складом та потужністю. Для елювію характерні тісні зв'язки з вихідною породою, поступовий перехід від пухкого дрібнозернистого матеріалу до щільної породи. Значення елювіальних порід у ґрунтоутворенні визначається їхніми властивостями.

Делювіальними породами (делювій) називаються наноси, відкладені на схилах дощовими та талими водами. Делювій відкладається у вигляді пологого шлейфу. На вершині шлейфу часто накопичується грубий матеріал, іноді уламковий, а в кінці шлейфу – пилюватий, глинистий. Площинний схиловий стік формує делювіальні наноси з більшою потужністю біля основи схилу, де рух води сповільнюється і матеріал осідає. Для делювію характерні відносно сортування і добре виражена шаруватість. Зустрічаються непідібрані і нешаруваті наноси. За складом делювій різноманітний. Делювіальні породи широко поширені в передгірних областях і служать материнськими породами для різних ґрунтів.

Пролювій формується в гірських країнах, біля підніжжя гір в результаті діяльності тимчасових водних і селевих потоків значної сили. Пролювій характеризується поганим сортуванням, включенням великоуламкового матеріалу. Делювій і пролювій часто поєднуються, утворюючи делювіально-пролювіальні відкладення.

Алювіальні породи (алювій), представляє собою наноси, відкладення при розливі річок (заплавний алювій). Алювіальні відкладення характеризуються горизонтальною або косою шаруватістю, обкатаністю мінеральних зерен, включенням органічних залишків. До алювіальних порід відносяться також донні відкладення річок (русловий алювій). Русловий алювій звичайно складений пісками різної зернистості. Заплавний алювій переважно суглинковий і глинистий. У межах заплави, в старицях, накопичується старичний алювій, багатий органічною речовиною. Гірські річки на відміну від рівнинних формують тільки русловий алювій. Алювій служить материнською породою для різних заплавних ґрунтів, які відрізняються високою родючістю.

Озерні відкладення зустрічаються у зниженнях стародавнього рельєфу, відрізняються глинистістю і шаруватістю. Такі, наприклад, стрічкові глини, утворилися в передльодовикових озерах. У озерних відкладеннях часто спостерігаються органічні прошарки, можуть накопичуватися вуглекислий кальцій, а в сухих областях – гіпс і легкорозчинні солі. Накопичення легкорозчинних солей перетворює озерні відкладення в засолені. Пересихаючи солоні озера утворюють солончаки.

Льодовикові (моренні) відкладення – продукти вивітрювання різних порід, які переміщені і відкладені льодовиком. Зазвичай залягають вони на піднесених вододільних просторах. Для морен характерні такі особливості: несортність, неоднорідний механічний склад, наявність валунів, збагаченість піщаними фракціями, червоно-буре, рідше жовто-буре та інше забарвлення. Забарвлення

залежить від характеру корінних порід підльодовикового ложа, умов вивітрювання і ґрунтоутворення. При оглеєні колір морени набуває сіро-сизого відтінку. За механічним складом морени різноманітні, однак найбільш широко представлені валунними піщанистими суглинками. За хімічним складом розрізняють безкарбонатні і карбонатні морени. На карбонатних моренах формуються слабо- і середньопідзолисті види ґрунтів, а також родючі дерново-карбонатні ґрунти. На безкарбонатних – середньо- і сильнопідзолисті.

Флювіогляціальні (водно-льодовикові) відкладення пов'язані з діяльністю потужних льодовикових потоків. Впливаючи з-під льодовика, вони переміщали моренний матеріал і перевідкладали його за краєм льодовика. Флювіогляціальні відкладення характеризуються сортуванням, шаруватістю, не містять валунів, безкарбонатні, переважно піщані і піщано-галечникові. Ґрунти сформовані на флювіогляціальних відкладеннях, відрізняються низькою родючістю. Вони бідні на гумус, поживні речовини, мають малу вологомісткість. Тут розвиваються болотно-підзолисті ґрунти.

Покривні суглинки поширені в зоні льодовикових відкладень і розглядаються як відкладення мілководних прильодовикових розливів талих вод. Для них характерне покривне залягання у морені, звідки і виникла їх назва. Вони характеризуються жовто-бурым забарвленням, добре вираженим сортуванням, великим вмістом пилюватих фракцій, які не містять валунів. За механічним складом це частіше важкі і середньопилюваті суглинки однорідної будови з переважанням фракцій крупного пилю та мулу. За хімічним складом переважно безкарбонатні. На покривних суглинках розвинені підзолисті, дерново-підзолисті ґрунти, нерідко відчувається перезволоження, а також сірі лісові ґрунти.

Леси і лесовидні суглинки мають різний генезис. Їх загальними рисами є палеве або буро-палеве забарвлення, карбонатність, пилювато-суглинковий механічний склад з переважанням великопилюватої фракції, пористість, пухке складення, гарна проникливість. За хімічними та водно-фізичними властивостями ці породи найбільш сприятливі для розвитку рослин. За сприятливих кліматичних умов на них формуються високородючі чорноземні ґрунти, а також сіроземи, каштанові, сірі лісові.

Еолові відкладення утворюються в результаті акумулятивної діяльності вітру, яка проявляється особливо інтенсивно в пустелях. До еолових відкладень відносяться сортовані піщані наноси, які відкладаються недалеко від областей дефляції. Ці наноси утворюють особливі форми рельєфу – горби, дюни, бархани.

Морські відкладення формуються в результаті переміщення берегової лінії морів, явищ трансгресії та регресії, які неодноразово спостерігалися в четвертинний період. Морські відкладення відрізняються шаруватістю, сортуванням і великою акумуляцією солей. Виходячи місцями на поверхню призводять до утворення засоленних ґрунтів.

Роль ґрунтоутворюючих порід у ґрунтоутворенні визначається тим, що вони значною мірою впливають на склад і властивості ґрунтів, які з них формуються. Це, в свою чергу, позначається на швидкості перетворення

мінеральної маси при ґрунтоутворенні, закріпленні органічних речовин і т.п. Мінералогічний, хімічний і механічний склад порід визначає умови росту рослин, має великий вплив на гумусонакопичення, опідзолювання, оглеєння, засолення та інші процеси.

В залежності від механічного складу породи розрізняють за водопроникністю, вологомісткістю, пористістю, що зумовлює в процесі розвитку ґрунтів їх водний, повітряний і тепловий режими. Від материнських порід залежать швидкість і напрямок ґрунтоутворювального процесу, формування і рівень ґрунтової родючості, а також умови використання ґрунтів у сільському господарстві.

Клімат як фактор ґрунтоутворення. Клімат є одним з основних факторів ґрунтоутворення і географічного поширення ґрунтів. Про різносторонній вплив його на ґрунтоутворення зазначав ще В.В. Докучаєв. Тепер відомо, що клімат впливає на ґрунтоутворення як прямо (визначає гідротермічний режим ґрунту), так і опосередковано – через рослинність, мікроорганізми і тварин. Різностороння роль клімату як фактора ґрунтоутворення полягає в наступному:

По-перше, клімат – важливий фактор розвитку біологічних і біохімічних процесів. Певне поєднання температурних умов із зволоження обумовлює тип рослинності, темпи створення і руйнування органічної речовини, склад та інтенсивність діяльності ґрунтової мікрофлори і фауни.

По-друге, атмосферний клімат, змінюючись через властивості і склад ґрунту, має великий вплив на водно-повітряний, температурний і окислювально-відновлювальний режими ґрунту.

По-третє, з кліматичними умовами тісно пов'язані процеси перетворення мінеральних сполук у ґрунті (напрямок і темп вивітрювання, акумуляція продуктів ґрунтоутворення).

По-четверте, клімат дуже впливає на процеси водної та вітрової ерозії ґрунтів.

Основними кліматичними факторами, які впливають на процеси ґрунтоутворення, є *сонячна радіація, атмосферні опади і вітер.*

Значення сонячної радіації в ґрунтоутворенні. Сонячне світло, яке приносить теплову енергію на поверхню Земної кулі, є основним джерелом енергії для життя і ґрунтоутворення. Сонячна енергія, увібрана ґрунтом, витрачається на такі процеси, як нагрівання, випаровування, транспірацію, фотосинтез, синтез гумусу тощо. Теплові умови ґрунтоутворення на нашій планеті дуже різноманітні але в загальних рисах вони зумовлені величинами радіаційного балансу. Величини радіаційного балансу корелюють з такими показниками, як середньорічна температура і сума активних температур (табл. 2.1.). Високі середньорічні температури (+32...+35 °С) характерні для тропіків, найнижчі (–30...–35 °С) – для полярних областей. Отже, різниця середньорічних температур на Землі досягає 60 °С. Сума активних температур використовується для агрономічної і ґрунтової оцінки територіального термічного режиму. Для трав'янистої рослинності активними є температури вище +4...+5 °С, для лісової – вище +10 °С.

Таблиця 2.1 – Характеристика кліматичних зон планети

Планетарні термічні пояси	Середньорічна температура повітря, °С	Радіаційний баланс, кДж/(см ² рік)	Сума активних температур, °С за рік на південній межі поясів Північної півкулі
Полярний	-23...-15	21 – 42	400 – 500
Бореальний	-4...+4	42 – 84	2400
Суббореальний	+10	84 – 210	4000
Субтропічний	+15	210 – 252	6000 – 8000
Тропічний	+32	252 – 336	8000 – 10000

З даних табл. 2.1. видно, що середньорічна температура, величина радіаційного балансу і сума активних температур за рік збільшуються від полярних областей до тропічних. Природно, що в цьому ж напрямку збільшуються інтенсивність вивітрювання, синтез органічної маси, активізується життєдіяльність тварин і мікроорганізмів. У тому ж напрямку підвищується інтенсивність ґрунтоутворювальних процесів: руйнування мінералів, розкладання органічних решток, синтез гумусних кислот тощо. За високих середньорічних температур утворюється більше глинистих часток як продукту інтенсивного вивітрювання.

Температура ґрунту впливає на швидкість хімічних реакцій. Згідно з правилом Вант-Гоффа, при підвищенні температури на 10 °С швидкість хімічних реакцій збільшується у 2–3 рази. Тому в районах з високою середньорічною температурою геохімічні процеси відбуваються значно швидше, ніж у широтах з холодним кліматом. Це зумовлює річну швидкість вивітрювання, формування різної кори вивітрювання і, як наслідок, різноманітний хімічний склад ґрунтів. Крім того, від температури залежить ступінь дисоціації хімічних сполук у водних розчинах. При підвищенні температури від 0 до 50 °С дисоціація збільшується у 8 раз.

Одним з елементарних процесів ґрунтоутворення є випаровування ґрунтової вологи, який залежить від температури. Випаровування зумовлює підвищення концентрації ґрунтового розчину і випадання солей в осад, що спричиняє утворення вторинних мінералів і соленакопичення у ґрунтах.

Крім того, температура впливає на розчинення газів в ґрунтовому розчині, на швидкість коагуляції і пептизації та інші фізико-хімічні процеси.

Вплив атмосферних опадів на ґрунтоутворення. Ефективний вплив тепла і світла на біологічні і ґрунтоутворювальні процеси можливий лише при наявності достатньої кількості вологи. Тому значення атмосферних опадів у ґрунтоутворенні дуже велике. На ґрунтоутворення певним чином впливає як кількість, так і сезонний розподіл атмосферних опадів. Атмосферні опади, які надходять у ґрунт, розчиняють мінеральні та органічні сполуки, переміщують їх в нижні горизонти (вилуговують), переносять рухомі форми сполук і механічні

частинки з підвищених елементів рельєфу на понижені. Ці процеси здійснюють води поверхневого і підземного стоків.

Під впливом атмосферних опадів відбуваються процеси гідролізу первинних мінералів і формування вторинних глинистих мінералів. Атмосферні опади приносять на поверхню ґрунту пилюваті частинки, розчинені солі, кислоти, азот, аміак, CO₂, токсичні сполуки. 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. Низхідний рух води в решті-решт формує генетичні горизонти ґрунту – гумусний, елювіальний, ілювіальний та ін. Інтенсивний стік атмосферних опадів спричиняє водну ерозію ґрунтів.

Характер атмосферних опадів на даній території впливає на термічний режим ґрунтів. Так, відсутність потужного снігового покриву в районах з суворими зимами (Сибір, Центральна Азія) призводить до глибокого промерзання і розтріскування ґрунту, на значних територіях утворюється багаторічна мерзлота. Потужний сніговий покрив утеплює ґрунт. Все це впливає на процеси ґрунтоутворення і зумовлює особливості землеробства. Ступінь зволоження ґрунтів зумовлює їх хімічний склад. В аридних областях формуються ґрунти з високим вмістом карбонатів і водорозчинних солей, з низьким вмістом гумусу, з малою ємністю вбирання. В гумідних ландшафтах посилюється промивання ґрунту, підвищується вміст гумусу, глинистих мінералів і вбирна здатність ґрунту. В умовах перезволоження значно підвищується кислотність ґрунту, знижуються вміст гумусу і ємність вбирання.

Роль вітру в ґрунтоутворенні. Крім сонячної радіації і атмосферних опадів на ґрунтоутворення впливає також вітер. Він переносить мінеральні і органічні частинки з однієї території на іншу, перерозподіляє опади, посилює випаровування і, таким чином, бере участь у формуванні механічного, хімічного складу та водного режиму ґрунту. Всі процеси руйнування, перенесення і відкладання механічних частинок порід і ґрунтів, які відбуваються під впливом вітру, називають *еоловими*. Виділяють еолову дефляцію, еолову корозію і еолову акумуляцію.

Еолові форми рельєфу особливо поширені в пустелях та напівпустелях. Під дією вітру відбувається видування та розвіювання гірських порід. Пісок, який піднімається вітром, переноситься на значну відстань, вдаряється в скельні породи, відточує та руйнує їх. Внаслідок руйнування гірських порід утворюються еолові відкладення. Вітер переносить грубий пісок на незначну відстань і утворює еолові форми рельєфу – *бархани, дюни*.

Бархани – підковоподібні піщані горби з крутими схилами з підвітряного боку та пологими з навітряного боку. Бархани мають висоту до декількох десятків метрів.

Дюни – це піщані горби, витягнуті в напрямку вітру. В умовах сухого клімату, при відсутності рослинного покриву дрібні частинки ґрунту

захоплюються повітряним потоком, піднімаються на значну висоту, переносяться на значну відстань і випадають при послабленні сили вітру або з атмосферними опадами. Так само переносяться легкорозчинні солі з поверхні морів і океанів під час штормів. В період діяльності вулканів повітряні маси насичуються аерозолями і аеросупензіями, які переносяться вітром на значні відстані.

Аналогічні явища відбуваються навколо відкритих кар'єрів і промислових підприємств, які викидають в атмосферу велику кількість відпрацьованих речовин. Інтенсивність видування ґрунту визначається багатьма факторами: швидкістю вітру, наявністю рослинного покриву, механічним і структурним складом ґрунту, рельєфом тощо. При сильній дефляції виникають *пиллові бурі*.

В результаті дефляції видувається верхній родючий шар, знижується родючість ґрунту. В місцях акумуляції принесених вітром речовин (балки, яри, лісосмуги, населені пункти, сільськогосподарські угіддя) гинуть багаторічні насадження і посіви, заносяться родючі землі, зрошувальні канали, дороги тощо.

Отже, еолові процеси причиняють значну шкоду сільському, водному та іншим галузям народного господарства і порушують нормальний перебіг процесів ґрунтоутворення.

Рельєф як фактор ґрунтоутворення. Рельєф виступає як головний чинник перерозподілу сонячної радіації та опадів в залежності від експозиції та крутизни схилів і впливає на водний, тепловий, поживний, окисно-відновний та сольовий режими. Рельєф впливає на розвиток ерозії, а також виступає як фактор еволюції ґрунту. Характеристика рельєфу ґрунтується на вивченні його генезису. Розрізняють три групи форм рельєфу: *макрорельєф*, *мезорельєф* і *мікрорельєф*.

Під *макрорельєфом* розуміють самі великі форми рельєфу, що визначають загальний вигляд території: рівнини, плато, гірські системи. Виникнення макрорельєфу пов'язано головним чином з тектонічними явищами в земній корі.

Мезорельєф – форми рельєфу середніх розмірів: ували, пагорби, балки, долини, тераси та їхні елементи – плоскі ділянки, схили різної крутизни. Виникнення мезорельєфу пов'язано в основному з екзогенними геологічними процесами, на які великий вплив чинять повільні підняття і опускання деяких ділянок суші.

Під *мікрорельєфом* розуміють дрібні форми рельєфу, що займають незначні площі, з коливаннями відносних висот у межах одного метра. Сюди відносяться горбки, пониження, западини, які виникають на рівних поверхнях рельєфу в результаті просідання рельєфу, мерзлотних деформацій або з інших причин. На схилах мікрорельєф іноді визначається сповзанням ґрунтових мас або ґрунтово-ерозійними процесами. Широко розвинені схилі форми рельєфу, які прийнято характеризувати за крутизною, формами і експозицією.

Значення рельєфу у формуванні ґрунтів і розвитку ґрунтового покриву велике і різноманітне. Елементи мезо- та мікрорельєфу і особливо схили різної крутизни перш за все перерозподіляють вологу опадів на земній поверхні та регулюють співвідношення вод, які стікають по поверхні, просочуються в ґрунт, накопичуються в пониженнях. Поверхні різного нахилу та експозиції отримують

неоднакову кількість сонячної радіації, що відбивається в певних умовах температурного та водного режимів. Відмінності в зволоженні викликають зміни поживного, окислювально- відновлювального і сольового режимів. Все це призводить до поселення і розвитку різної рослинності, до істотних відмінностей у синтезі й розкладанні органічної речовини, перетворенні ґрунтових мінералів і в кінці-кінців до утворення різних ґрунтів в різних умовах рельєфу.

Рельєф має великий вплив на розвиток ерозійних процесів. В умовах схилових форм рельєфу можливі прояви водної ерозії, тобто змиву і розмиву ґрунту. Рівнинні райони сприяють вітровій ерозії. Важливе місце у формуванні рельєфу території належить дії льодовиків, які після себе залишають своєрідні форми рельєфу.

Автоморфні ґрунти формуються на рівних формах рельєфу, за умови що ґрунтові води залягають на глибині більше 6 м.

Напівгідроморфні та поверхнево-глеюваті ґрунти утворюються в умовах тимчасового затримання поверхневих вод або при заляганні ґрунтових вод на глибині менше 3-6 м (глеюваті ґрунти).

Гідроморфні ґрунти формуються в умовах довготривалого перезволоження поверхневими водами або залягання ґрунтових вод на глибині менше 3 м.

Властивості ґрунтів залежать від рельєфу, що необхідно враховувати при землеустрої території і особливо при організації території і впровадженні сівозмін.

Вік ґрунту або території. Процес ґрунтоутворення протікає в часі. Кожен новий цикл ґрунтоутворення (сезонний, річний, багаторічний) вносить певні зміни до перетворення органічних і мінеральних речовин у ґрунтовому профілі. Тому чинник часу має величезне значення у формуванні та розвитку ґрунтів. Розрізняють такі поняття:

1. *Абсолютний вік* – час, що минув з початку формування ґрунту до теперішнього часу. Він коливається від декількох років до мільйонів років. Найбільший вік мають ґрунти тропічних територій, які не зазнали різного роду порушень (водна ерозія, дефляція).

2. *Відносний вік* – характеризує швидкість ґрунтоутворного процесу, тобто швидкість зміни однієї стадії розвитку ґрунту на іншу. Він пов'язаний з впливом складу та властивостей порід, умов рельєфу на швидкість і напрям ґрунтоутворного процесу.

На території України, за дослідженнями В.Р. Вільямса, процес ґрунтоутворення почався з відступом льодовика. На півдні країни льодовик відступив раніше, тому і ґрунтоутворення тут почалося раніше, в той час як на півночі цей процес був загальмований пізнішим відходом льодовика. Отже, за віком ґрунти нашої держави переважно більш старі, ніж ґрунти північних країн, де поверхня території звільнилась від льодовика пізніше.

Локальні фактори ґрунтоутворення. Розглянуті раніше фактори ґрунтоутворення – гірські породи, клімат, живі організми і рельєф – є глобальними. Вони впливають на процеси ґрунтоутворення на всій території

суші. Крім глобальних факторів є ряд локально діючих. Це виробнича діяльність людини, ґрунтові води, вулканічний попіл та ін.

Виробнича діяльність людини. Це надзвичайно потужний фактор формування властивостей ґрунту. Це фактор свідомого впливу людини на напрямок ґрунтоутворення, який викликає зміну показників ґрунту. До цього впливу можна віднести перш за все хімічну меліорацію ґрунтів, проведення заходів, спрямованих на регулювання повітряного та водного режимів ґрунту та ін. Виробнича діяльність людини на сучасному етапі розвитку стає провідним фактором ґрунтоутворення і зміни родючості ґрунту. При цьому характер та важливість змін ґрунту залежить від соціально-економічних і виробничих взаємовідносин, рівня розвитку суспільства, науки, техніки.

Освоюючи цілинні землі, людина створює сприятливі умови для росту і розвитку культурних рослин. Однак при цьому порушується динамічна рівновага всіх компонентів природного ландшафту: змінюється характер рослинності, склад мікроорганізмів і зоофауни, характер обміну речовин і енергії в системі ґрунт – рослина тощо. Змінюється вплив інших факторів ґрунтоутворення: клімату, рельєфу, материнської породи.

Обробіток ґрунту, регулювання водного режиму (осушення, зрошення, снігозатримання), внесення добрив, хімічні та інші види меліорацій докорінно змінюють хімічний склад ґрунту, його фізичні, теплові та водні властивості.

Таким чином, з початком обробітку цілинного ґрунту починає змінюватися характер ґрунтоутворення. Ґрунт переходить з природної до культурної фази свого розвитку, до культурного процесу ґрунтоутворення. Суть цього процесу спрямовується на утворення потужного гумусного горизонту, який повинен мати високу біологічну активність, високий вміст гумусу, сприятливий структурний склад, оптимальний поживний, тепловий, водний і повітряний режими.

Систематичне застосування заходів, спрямованих на покращання показників ґрунту з врахуванням його генетичних особливостей і вимог культур, веде до окультурення ґрунту, тобто формування ґрунту з більш високими показниками родючості.

Неправильне використання властивостей ґрунту і вживання заходів без врахування рекомендацій щодо раціонального використання земельних ресурсів призводить до погіршення властивостей ґрунту, а інколи може викликати дуже шкідливі явища на тій чи іншій території (ерозія, вторинне засолення, заболочування тощо).

Взаємозв'язок чинників ґрунтоутворення. Фактори ґрунтоутворення специфічно впливають на формування ґрунту і не можуть бути замінені один одним. Кожен з них відіграє свою роль в процесі обміну речовини та енергії між ґрунтом і доквіллям. Всі фактори ґрунтоутворення взаємопов'язані і віддати перевагу якомусь одному можна лише на певному етапі. Разом з тим всю складну сукупність процесів, які характеризують ґрунтоутворний процес як наслідок взаємодії чинників ґрунтоутворення, можна об'єднати в три групи за даними О.А. Роде: ті, що протікають в результаті діяльності живих організмів; ті, що

розвиваються за рахунок продукції життєдіяльності живих організмів і явища абіотичного характеру, які не пов'язані безпосередньо з першими двома.

Фактори ґрунтоутворення в природі в той же час тісно пов'язані, вони поєднуються в природі в екологічні комплекси, зумовлені сумісним розвитком їх компонентів. Виділяють два цикли розвитку природних екосистем, ландшафтів та ґрунтів – *біокліматичний* та *біогеоморфологічний*.

Біокліматичний цикл розвитку обумовлений космічними та загальнопланетарними явищами, розподілом сонячної радіації по поверхні планети. Рослинність і ґрунт в цьому циклі розвитку еволюціонують разом з кліматом.

Біогеоморфологічний цикл розвитку обумовлений геологічними, геоморфологічними та геохімічними процесами. В цьому циклі рослинність та ґрунтовий покрив еволюціонують разом з розвитком рельєфу.

Докучаєв підкреслював, що ґрунт утворюється в результаті взаємодії факторів ґрунтоутворення. При взаємодії факторів вони впливають один на одного і, як результат цього впливу і взаємодії, розвиваються *мікро-*, *мезо-* та *макропроцеси* ґрунтоутворення. Під їх впливом утворюється ґрунт з набором генетичних горизонтів і конкретними властивостями.

В останній час на нашій планеті все більшої сили набирає третій цикл розвитку – виробнича діяльність людини. В цьому циклі людина, з одного боку, пристосовується до двох попередніх, а з другого боку, сама створює штучні умови розвитку рослин агротехнічними, меліоративними, рекультиваційними методами, а також формуванням агрокультурних та інших культурних ландшафтів.

Контрольні питання

1. Дайте характеристику фазового складу ґрунту.
2. Оцініть поняття "морфологічна будова ґрунту", опишіть рівні морфологічної організації ґрунту. Основні поняття ґрунтової морфології.
3. Визначте поняття "ґрунтовий профіль", причини його утворення.
4. Охарактеризуйте основні типи будови профілів і меж між генетичними горизонтами.
5. Визначте поняття "генетичні горизонти", охарактеризуйте основні принципи та напрямки їх індексації.
6. Оцініть забарвлення як важливу морфологічну ознаку ґрунту.
7. Оцініть структуру ґрунту як важливу морфологічну ознаку.
8. опишіть принципи української індексації генетичних горизонтів.
9. Охарактеризуйте діагностичні ознаки поверхневих генетичних горизонтів.
10. Охарактеризуйте діагностичні ознаки підповерхневих генетичних горизонтів.
11. Оцініть характер переходів між: генетичними горизонтами як морфологічну ознаку.

12. Що розуміють під екзогенними процесами і вивітрюванням гірських порід?
13. Дайте характеристику фізичного вивітрювання.
14. Охарактеризуйте хімічне вивітрювання: окислення, гідратацію, розчинення, гідроліз.
15. Поясніть суть біологічного вивітрювання.
16. Що таке кора вивітрювання і які її типи?
17. Які корисні копалини утворюються в корах вивітрювання?
18. Назвіть основні первинні мінерали ґрунтів та ґрунтоутворювальних порід і обґрунтуйте їх залежність від гранулометричного складу.
19. Назвіть основні вторинні мінерали ґрунтів та ґрунтоутворювальних порід і обґрунтуйте їх залежність від гранулометричного складу.
20. Обґрунтуйте відмінності валового складу ґрунтів від хімічного складу кори вивітрювання.

ГЛАВА 3. ҐРУНТ ЯК БАГАТОКОМПОНЕНТНА СИСТЕМА. ТВЕРДА КОМПОНЕНТА ҐРУНТІВ

3.1. Структура ґрунту

Ґрунт – багатофазове полідисперсне природне тіло. Дисперсна природа ґрунтів зумовлена наявністю між каркасними частинками пустот або пор, що заповнені водою чи повітрям, чи одночасно тим і іншим. У ґрунтознавстві ці компоненти прийнято називати фазами.

Під час процесів ґрунтоутворення механічні елементи материнських порід в результаті впливу на них фізичних, хімічних, фізико-хімічних і біологічних факторів набувають певної величини і форми, а також якісної характеристики. Продуктом впливу ґрунтогенних чинників на механічні елементи є утворення окремоостей (грудочки або агрегати), які розповсюдженні серед генетичних горизонтів і характеризуються *структурністю* та *структурою* ґрунту.

Структурність ґрунту – здатність ґрунту розпадатися в природному стані на агрегати (структурні окремості, грудочки) певного розміру і форми.

Структура ґрунту – взаємне розташування в ґрунтовому тілі цих структурних агрегатів. Поняття структури ґрунту має багатофункціональне тлумачення – генетичне, екологічне, агрономічне.

З *генетичної* точки зору структура ґрунту – це, перш за все, форма фізичного прояву її будови, тобто природної організації твердих компонентів ґрунту, проміжків між ними.

З *екологічної* точки зору структуру ґрунту розглядають через вплив її на різні режими ґрунту – водний, повітряний, тепловий і поживний.

В *агрономічній* практиці структуру ґрунту оцінюють за вмістом в ґрунті «агрономічно-цінних агрегатів», тобто окремоостей від 0,25 до 10 мм. Всі інші розміри агрегатів (більшого або меншого розміру від зазначеної величини) вважаються безструктурними.

В розробці теоретичних основ структуроутворення і у вивченні ролі структури в родючості ґрунтів великий вклад внесли наукові праці П.А. Костичева, В.Р. Вільямса, К.К. Гедройця, О.Г. Дояренка, І.М. Антипова-Каратаєва, Н.А. Качинського, О.Н. Соколовського, а серед іноземних вчених – Е. Рассела, Ф. Дюшофура, В. Кубієни та інших. При розгляді речовинного складу твердої фази ґрунту було з'ясовано, що в її основі знаходяться механічні елементи різного хімічного складу величини, які характеризують гранулометричний склад ґрунту. Ці механічні елементи можуть бути у двох станах: роздільночастковому та агрегатному/

Агрегатний стан твердої фази ґрунту характеризується тим, що ґрунтові горизонти складаються з грудочок різної величини, в яких часточки піску і пилу зв'язані або склеєні між собою. Грудочки в більшій або меншій мірі відокремлені одна від одної. Структурність таких грудочок ґрунту в умовах природного залягання під різними угіддями складають структуру ґрунту. Якщо грудочки здатні протистояти розмиваючій дії води, то структуру називають *водостійкою*.

Форма структурних окремоостей, їхня величина та міцність чітко відображають характер процесів, які відбуваються у ґрунті. Генетичні горизонти різних типів ґрунтів різняться морфологією окремоостей. Їх погоризонтне вивчення в ґрунтовому профілі дає важливі відомості про генезу досліджуваного ґрунту. Структурні окремоості ґрунту мають деяку, правда, дуже віддалену, схожість з кристалами. Тому за формою їх розділяють на три основних типи (рис 3.1):

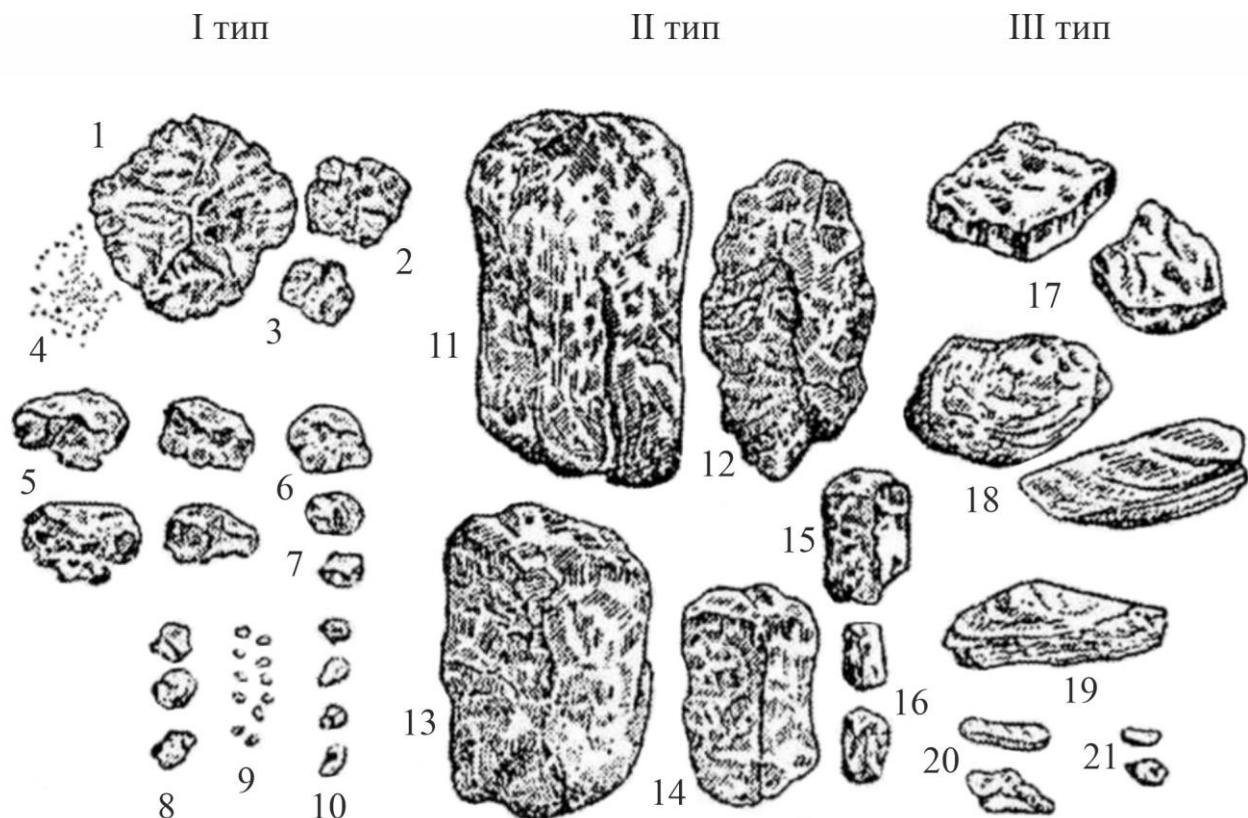


Рис. 3.1. Типові структурні елементи ґрунту (за С.О. Захаровим):

I тип – кубоподібна структура: 1 – крупнобрилиста; 2 – середньобрилиста; 3 – дрібнобрилиста; 4 – пилювата; 5 – крупногоріхувата; 6 – горіхувата; 7 – дрібногоріхувата; 8 – крупнозерниста; 9 – зерниста; 10 – дрібнозерниста (порохувата);

II тип – призмоподібна структура: 11 – стовпчаста; 12 – стовпоподібна; 13 – крупнопризматична; 14 – призматична; 15 – дрібнопризматична; 16 – тонкопризматична;

III тип – плитоподібна структура: 17 – сланцювата; 18 – пластинчата; 19 – листовата; 20 – груболускувата; 21 – дрібностовпчаста

1) *кубовидний* тип, у якого окремоості мають приблизно однакові розміри за всіма трьома вимірами і переважно представлені неправильними багатогранниками;

2) *призмovidний* тип окремоостей характеризується переважанням одного з трьох вимірів, в силу чого окремості більш або менш витягнуті угору;

3) *плитовидний* тип, при якому окремоість сплющена по висоті і розвинута по двох інших вимірах.

Важливе значення для характеристики окремоостей має їхня величина. На основі співвідношення форми і величини класифікація структурних окремоостей ґрунту може бути представлена таким чином (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Класифікація структурних агрегатів

Рід, назва	Ознаки	Вид	Розмір, мм
I тип. КУБОПОДІБНА – рівномірний розвиток агрегатів по трьох осях			
1. Брилиста	Неправильна форма і нерівна поверхня	1. Крупнобрилиста	>100
		2. Дрібнобрилиста	100–10
2. Грудкувата	Неправильна округла форма, нерівні округлі і жорсткі поверхні розлому, грані не виражені	3. Крупногрудкувата	100–30
		4. Грудкувата	30–10
		5. Дрібногрудкувата	10–2,5
		6. Пиловата	<2,5
3. Горіхувата	Майже правильна форма, грані добре виражені, поверхня рівна, ребра гострі	7. Крупногоріхувата	>10
		8. Горіхувата	10–7
		9. Дрібногоріхувата	10–2,5
4. Зерниста	Майже правильна форма, інколи – округла з вираженими гранями або жорсткими і матовими, або гладкими й блискучими	10. Крупнозерниста	5–3
		11. Зерниста	3–1
		12. Дрібнозерниста (порохувата)	1–0,
II тип. ПРИЗМОПОДІБНА – розвиток агрегатів переважно по вертикальній осі			
5. Стовпоподібна	Відмінності слабо оформлені, з нерівними гранями й заокругленими ребрами	13. Крупностовпоподібна	>50
		14. Стовпоподібна	50–30
		15. Дріностовпоподібна	<30
6. Стовпчаста	Правильної форми з добре вираженими вертикальними гранями, округлою верхньою основою і плоскою нижньою	16. Крупностовпчаста	50–30
		17. Дріностовпчаста	<30
7. Призматична	Грані добре виражені з рівною глянцевою поверхнею	18. Крупнопризматична	50–30
		19. Призматична	30–10
		20. Дрібнопризматична	10–5
		21. Тонкопризматична	<5
		22. Олівцева (при довжині > 50 мм)	<10
III тип. ПЛИТОПОДІБНА – розвиток агрегатів переважно по горизонтальній осі			
8. Плитчаста		23. Сланцювата	>5
		24. Плитчаста	5–3

Рід, назва	Ознаки	Вид	Розмір, мм
	Досить розвинуті «поверхні спайності» по горизонталі	25. Пластинчата	3–1
		26. Листова	<1
9. Лускувата	Порівняно невеликі горизонтальні «площини спайності» й часто гострі грані	27. Шкаралупувата	>3
		28 Груболускувата	3–1
		29. Дрібнолускувата	<1

3.2. Утворення структури ґрунту

В утворенні структури ґрунту розглядають два основних процеси, які протікають одночасно:

1) механічне подрібнення ґрунтової маси на агрегати того чи іншого розміру та різної форми;

2) зміцнення цих агрегатів і набуття ними певної внутрішньої будови.

Ці процеси протікають під впливом фізико-механічних, фізико-хімічних, хімічних і біологічних факторів структуроутворення. Фізико-механічні фактори обумовлюють процес подрібнення ґрунтової маси під впливом тиску і механічної дії на ґрунт, які періодично змінюються. До цих факторів можна віднести поділ ґрунту на грудочки в результаті зміни об'єму (і тиску) при перемінному висушуванні та зволоженні, замерзанні та відтаванні води в ньому, тиску коріння рослин, дії ґрунтообробних знарядь.

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 і зв'язки між ними зміцнюються. За осями зрушення формуються грані майбутніх агрегатів і поровий простір, що надалі фіксується водяними потоками, відкладеннями дрібнозернистих частинок, гумусовими речовинами, корневими волосками. Характер і напрямок тріщин та форма агрегатів залежить від процесів висушування, гранулометричного складу, вмісту високодисперсної частини ґрунту – колоїдів.

Назва структури ґрунту дається за переважаючими окремостями. Варто відзначити, що структура генетичних горизонтів часто буває не зовсім однорідною. В таких випадках у відповідності з характером структурних окремостей структурі ґрунту дається подвійна назва, наприклад: грудкуватозерниста, середньомілкогордкувата і т.п. Для різних типів ґрунтів характерна певна структура. Наприклад, зерниста – для гумусового горизонту чорноземів; горіхувата – для ілювіального горизонту дерново-підзолистих та сірих лісових ґрунтів; пластинчата і листовидна – для ілювіальних горизонтів. Для горизонту вживання солонців – стовпчаста.

Помітний вплив на утворення агрегатів ґрунту чинять процеси замерзання – відтавання. Вода, яка знаходиться в крупних порах, замерзає при температурі близько 0 °С, а в більш тонких капілярах – при більш низьких температурах. При цьому, лід, який утворився за рахунок води крупних пор, збільшився в об'ємі і

спричиняє тиск на стінки сусідніх грудочок, в результаті чого ділянки з незамерзлою водою ущільнюються. Після відтавання замерзлої води і її випаровування ґрунт буде подрібнюватися на лінії найменшого опору.

Проморожування сприяє розпушуванню ґрунту, формуванню агрегатів, але водостійкість їх при цьому не створюється. Ступінь та характер впливу проморожування ґрунту на утворення агрегатів залежить від багатьох чинників. Серед яких першочергова роль належить його зволоженню. Розпушуюча дія проморожування на ґрунт проявляється тільки при оптимальному зволоженні (біля 90 % від повної вологомісткості). В разі невеликого вмісту води утворюється незначна кількість льоду, який не може суттєво вплинути на розпушення ґрунту. При замерзанні води в перезволоженому ґрунті структурні окремість розриваються і такий ґрунт при відтаванні одержує киселеподібну консистенцію і стає безструктурним.

Великий вплив на формування структури ґрунту має його обробіток сільськогосподарськими знаряддями. Залежно від кількості та якості органічних речовин, гранулометричного складу, вологості ґрунту, знаряддя його обробітку можуть складатися умови для переважання процесів створення або руйнування структури. Навіть на одному і тому ж ґрунті застосування одного знаряддя обробітку можна одержати структурну ріллю або бриласту чи зливу.

Важлива роль у створенні структури ґрунту належить фізико-хімічним факторам – коагуляції та цементуючій дії колоїдів ґрунту. Водостійкість набувається в результаті скріплення механічних елементів та мікроагрегатів колоїдними речовинами (органічними і мінеральними). Але для того, щоб окремість, скріпленні колоїдами, не розпалися від дії води, колоїди повинні бути незворотно скоагульовані. Такими коагуляторами в ґрунтах частіше всього бувають дво- і тривалентні катіони Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} . При наявності одновалентних колоїдів, таких, як Na^{+} , незворотної коагуляції не відбувається і міцна структура не утворюється. Найбільш міцно скріплюючими речовинами є органічні колоїди, зокрема гумати кальцію.

Велике значення в утворенні водостійкої структури належить і мінеральним колоїдам. Проте ґрунтові агрегати, які утворюються тільки при участі цих колоїдів, без гумусових речовин не наділені водостійкістю. Серед високодисперсних мінералів, які мають найбільше значення у створенні водостійкої структури, є глинисті мінерали і мінерали гідроксидів заліза та алюмінію.

Найбільш водостійка структура утворюється при взаємодії гумінових кислот з мінералами монтморилонітової групи та гідрослюдами і менш водостійка – при взаємодії з кварцом, аморфною кремнекислотою і каолінітом. Мінерали гідроксидів заліза та алюмінію виконують важливу роль в оструктуренні багатьох червонокольорових глин та чорноземів. Певну роль в склеюванні і цементації грудочок ґрунту можуть виконувати і хімічні фактори. Сюди відноситься утворення різних важко розчинних сполук (вуглекислого кальцію, гідроксиду заліза, силікатів магнію та ін.), які при просочуванні агрегатів ґрунту цементують їх, а також можуть агрегатуватися в окремі

механічні елементи. Так, при короткочасному надлишковому зволоженні може проявитися структуруюча роль сполук заліза. При перезволоженні в ґрунті протікають процеси відновлення, які супроводжуються утворенням водорозчинних форм заліза (FeO) і склеюють агрегати ґрунту. При підсиханні ґрунту в ньому розвиваються окисні процеси, при цьому рухомі форми заліза переходять в нерозчинні сполуки окисного заліза (Fe_2O_3), цементуючи агрегати ґрунту.

Основна роль в структуроутворенні належить біологічним факторам, тобто рослинності та організмам, які мешкають у ґрунті. Рослинність механічно ущільнює ґрунт і розділяє його на грудочки і головним чином бере участь в утворенні гумусу. Найбільш сильний структуруючий вплив на ґрунт має багаторічна трав'яниста рослинність. Їй притаманна сильно розгалужена коренева система, при розкладі якої утворюється велика кількість зв'язаного з кальцієм гумусу. І там, де складаються сприятливі умови для її розвитку, формуються добре оструктуренні ґрунти (лучні, чорноземи та інші). Значне місце в створенні структури ґрунту належить мікроорганізмам, особливо тим, які оточують кореневу систему рослин (ризосферні бактерії), а також іншим мікроорганізмам, які обумовлюють утворення гумінових речовин. П.А. Костичев вперше доказав дуже міцний зв'язок мікробіологічних процесів з утворенням структури ґрунту.

Важливу роль в оструктуренні ґрунтів виконують дощові черв'яки. Широко відомий погляд Ч. Дарвіна про дію дощових черв'яків на ґрунт. Він навіть підрахував кількість черв'яків в садово-городньому ґрунті. Доведено, що на протязі декількох років дощові черв'яки можуть пропустити через свої органи травлення весь орний шар ґрунту і таким чином його оструктурити. Дощові черв'яки пересуваються у ґрунті, пропускаючи частинки ґрунту через свій кишковий тракт і викидають їх у вигляді агрегатів, ущільнених скороченнями м'язів в момент викидання. Частинки ґрунту при цьому склеюються слизькими виділеннями травного тракту, набуваючи водостійкості.

3.3. Втрата і відновлення водостійкої структури ґрунту

При сільськогосподарському використанні ґрунтів на структуру ґрунту починають діяти чинники руйнування структури, серед яких виділяють механічні, фізико-хімічні та біологічні. Механічне руйнування структури відбувається в самих верхніх шарах ґрунту і викликається переважно знаряддями і машинами, людьми та тваринами, які пересуваються по його поверхні, катастрофічними зливами, перенасичені сівозмін просапними культурами, які потребують частих механічних розпушувань ґрунту.

Фізико-хімічне руйнування можуть викликати одновалентні катіони, що потрапляють в ґрунт з опадами, мінеральними добривами та в результаті мінералізації органічних речовин. Ці катіони пептизують колоїди ґрунту, зменшуючи тим самим водостійкість структури. Волога опадів, які проникають

у ґрунт, частково розчиняє та вимиває в нижні шари солі кальцію, що також послаблює оструктурування ґрунту.

Біологічні причини руйнування структури пов'язані з мікробіологічними процесами. Органічні речовини ґрунту зазнають руйнівної дії мікроорганізмів і поступово мінералізуються з утворенням кінцевих продуктів (CO_2 , H_2O , NH_3 та мінеральних солей).

Незважаючи на руйнівний характер для структури ґрунту, пов'язаним з сільськогосподарською діяльністю людини, є чимало способів ефективною стабілізації структурного стану ґрунтів. Одним з найдоступніших агротехнічних заходів збереження і поліпшення структури ґрунтів є їх своєчасна (за оптимальної вологості) культурна оранка (хоча її вплив є неоднозначним). З одного боку, оранка розпушує ґрунт, сприяючи цим утворенню оптимальних за розмірами агрегатів. Однак, перевертаючи шар, вона виносить на поверхню агрегати, не стійкі проти руйнівної дії дощових капель і рідкого стоку. При обороті шару та проході ґрунтообробних знарядь внаслідок стискання ґрунту в підорному шарі утворюється ущільнена плужна підшва. З іншого боку, оранка прискорює розкладання органічних речовин і втрати гумусу, що також призводить до зниження водостійкості агрегатів. Системи мінімального і нульового обробітку, за яких бур'яни знищують гербіцидами, безумовно послаблюють руйнування агрегатів, проте вони поступово збільшують ущільненість сухого ґрунту, сприяючи цим втраті великих пор, що лише частково компенсується безперервністю простору пор, створеного ходами черв'яків і корінням рослин.

Істотно поліпшують агрегатний склад ґрунтів (підвищують водостійкість агрегатів) багаторічні трави, які утворюють потужну і сильно розвинену кореневу систему. Їх кореневі і післяжнивні рештки мають значну кількість білків, вуглеводів та інших сполук, сприятливих для діяльності мікроорганізмів і формуванню гумусових речовин.

Важлива роль в поліпшенні структури ґрунту належить хімічним меліораціям (вапнуванню та гіпсуванню).

3.4. Екологічне значення структури ґрунту

Структурний ґрунт має безліч переваг перед неоструктуреним. Насамперед він здатний краще накопичувати вологу атмосферних опадів, утримувати її тривалий час, повніше і якісніше забезпечувати потребу рослин у воді. Навіть за високого рівня зволоження структурні ґрунти зберігають добру аерацію. Завдяки кращому усмоктуванню при інтенсивних зливах на структурних ґрунтах не буває калюж, не формується поверхневий стік, зберігається підвищена стійкість проти ерозії, а внаслідок переважання у поверхневому шарі грудочок, більших за 1 мм, – також і до дефляції. У структурному ґрунті кращим є не лише водний режим (ліпша водопроникність, вища вологомісткість, менше випаровування), а також складаються сприятливі умови для протікання мікробіологічних процесів,

причетних до перетворення поживних речовин з недоступних форм у доступні для рослин.

Структурні ґрунти обробляються з меншими витратами праці, паливно-мастильних матеріалів у порівнянні з безструктурними. У структурних ґрунтах створюються кращі умови для проростання насіння, росту і розвитку коренів рослин і формування високих і сталих урожаїв. Підтвердженням виняткового значення структури ґрунту для оптимізації ґрунтово-екологічних режимів можуть служити дані табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняння структурного та безструктурного ґрунтів

Показники	Ґрунт	
	структурний (агрегати 2,0–3,0 мм)	безструктурний (агрегати < 0,5 мм)
Сумарне випаровування вологи за 10 діб, мм	15	40
Вологість на глибині (10 см після випаровування, %	30	10
Капілярна пористість, % від загальної	44	92
Повітроємність, % від загальної шпаруватості	33	9,7
Вміст кисню у ґрунтовому повітрі, %	19,2	5,4
Вміст рухомого фосфору, мг/100 г ґрунту	12,0	7,0
Кількість нітратів, мг/кг ґрунту	132	62
Повітропроникність, %	96	0
Урожай озимого жита, відхилення від середнього, %	+31,8	-31,8

Отже із всього наведеного можна зробити висновок, що оструктурення ґрунтів сприяє оптимізації ґрунтово-екологічних режимів, а через них стійкості біосфери.

3.5. Класифікація ґрунтів

Принципи класифікації ґрунтів Територія України складає 603 тис.км². Її довжина з заходу на схід складає 1316 км, а з півночі на південь – 893 км. Безумовно, що на такій великій території умови для формування ґрунтів будуть різні. Щоб привести в систему різні групи ґрунтів в природі, в ґрунтознавстві, як і в інших природничих дисциплінах, існує певна класифікація. Слово класифікація походить від латинських слів *classis* – розряд, *grupa* і *facere* – робити).

Класифікація – це поділ ґрунтів за спільними ознаками в групи залежно від їх властивостей, походження та особливостями родючості. Спочатку класифікації ґрунтів були чисто емпіричними, тобто ґрунти групували за одною

певною ознакою: *хімічним складом*, де виділялись карбонатні та сульфатні ґрунти; *петрографічною основою* – кварцові, гранітні та інші; *механічним складом*, котрий виділяв глинисті, суглинкові та піщані ґрунти.

Зрозуміло, що однобічні класифікації ґрунтів не могли віддзеркалювати основні процеси формування та властивості ґрунтів. Першу в світі справді наукову класифікацію ґрунтів запропонував (1879 р.) і обґрунтував (1886 р.) В.В. Докучаєв. В основу цієї класифікації був покладений *генетичний тип* ґрунту. Вчений зазначав, що ґрунт є особливим природним тілом і утворюється внаслідок взаємодії факторів ґрунтоутворення. Відповідно до цієї класифікації всі ґрунти Росії були поділені на три основні групи: *нормальні (або зональні), перехідні (або інтразональні) і аномальні (або наносні)*. Нормальні ґрунти поділяються на *класи: суходольно-рослинні, суходольно-болотні та болотні типи*.

Дещо пізніше ця класифікація була перероблена і доповнена М.М. Сибірцевим (1895 р.). Він виділив ґрунти: *повні або зональні, інтразональні (або напівзональні) і неповні (перехідні до гірських порід)*. За основу класифікації ґрунтів В.В. Докучаєв і М.М. Сибірцев взяли не одну ознаку, а умови і характер утворення ґрунтів, тобто їх генезис, тому класифікація засновників російського ґрунтознавства називається *генетичною*.

Еколого-генетичні класифікації ґрунтів, в основу яких покладено вчення В.В. Докучаєва про генетичні типи ґрунтів, розроблялися пізніше Я.М. Афанасьєвим (1922, 1927, 1931 рр.), К.Д. Глинкою (1924), Г.М. Висоцьким (1906), С.О. Захаровим та іншими вченими. В цих класифікаційних схемах зв'язок між генетичними типами ґрунтів встановлюється не тільки за їх властивостями, а й за особливостями залягання та географічного розповсюдження. Еколого–генетичні класифікації відбивають реальні природні закономірності: властивості ґрунтів, режими ґрунтоутворення та зв'язок їх з навколишнім середовищем.

Морфогенетичні класифікації базуються на важливіших властивостях ґрунтів, а також включають аналіз умов ґрунтоутворення. Вони наведені в роботах П.С. Коссовіч (1903, 1910), К.К. Гедройца (1924, 1927).

Еволюційно–генетичні класифікації розглядали розвиток ґрунтоутворного процесу в часі від початкової стадії лужного ґрунтоутворення до кислого (Коссовіч П.С., 1903, 1906; Полинов Б.Б. 1933) або від гігроморфної фази ґрунтоутворення до автоморфної (Полинов Б.Б. 1933, Ковда В.А., 1933).

Ідея створення історико-генетичних класифікацій була висловлена в роботах Вільямса В.Р (1914, 1936). Він вважав, що типи ґрунтів зв'язані в один непереривний ланцюг розвитку і повинні розглядатися як стадії єдиного історичного процесу впливу біологічних елементів природи на поверхневі мінеральні горизонти суші. Ці погляди стикалися з біогеохімічними уявленнями В.І. Вернадського. Спроба прослідкувати еволюцію зонального ґрунтоутворення по геологічним періодам від виникнення життя була зроблена пізніше Герасимовим І.П. (1949).

Сучасні класифікації ґрунтів враховують процеси і режими ґрунтоутворення, генезис ґрунтів і являють собою творче продовження

класифікацій В.В. Докучаєва та М.М. Сибірцева. Вони об'єднують екологічний, морфологічний і еволюційний підходи колишніх класифікацій і будуються на строго науковій системі таксономічних одиниць з урахуванням будови, складу і властивостей ґрунтів, головних режимів і процесів ґрунтоутворення, агровиробничих особливостей і антропогенних впливів.

На цих принципах Ґрунтовим інститутом ім. В.В. Докучаєва розроблена «Класифікація і діагностика ґрунтів СРСР». Прийнято наступні таксономічні одиниці: *тип, підтип, рід, вид, різновид та розряд*. Основною таксономічною одиницею сучасної класифікації ґрунтів у вітчизняному ґрунтознавстві прийнято вважати *генетичний ґрунтовий тип*, встановлений ще В.В. Докучаєвим. Це поняття об'єднує конкретні ґрунти із загальними, найбільш суттєвими і характерними властивостями, які розвиваються в однотипних біологічних, кліматичних і гідрологічних умовах. Характерні риси ґрунтового типу визначаються однотипністю:

- надходження органічних речовин і процесів їхнього перетворення і розкладання;
- комплексу процесів розкладання мінеральної маси і синтезу мінеральних та органо-мінеральних новоутворень;
- характеру міграції та акумуляції речовин;
- будови ґрунтового профілю;
- спрямованості заходів з підвищення і підтримання родючості ґрунтів.

Останнім часом до цього додають однотипність ґрунтових режимів (І.С. Кауричев та ін.).

Частини назв ґрунтових типів виходять з деяких особливостей їх складу та властивостей: солончак, солонець, торфяноглеювий ґрунт. Є назви, які виходять від природного забарвлення верхніх ґрунтових горизонтів: *чорнозем, підзол, червонозем, сірі ґрунти, бурі ґрунти, каштанові, сіроземи, жовтоземи*. Оскільки забарвлення у деяких типів ґрунтів у ряді випадків виявилось схожим, виникла необхідність додати скорочені екологічні характеристики умов, в яких утворюється тип. Так з'явилися терміни бурі лісові ґрунти і бурі напівпустельні, сірі лісові і сіроземи. Номенклатура деяких типів ґрунтів виходить з назви ландшафту або угіддя: болотні ґрунти, лугові ґрунти, алювіальні ґрунти.

На території України виділяють такі основні *типи* ґрунтів: 1) *підзолисті і дерново-підзолисті*; 2) *сірі опідзолені та опідзолені лісостепові*; 3) *чорноземи*; 4) *каштанові*; 5) *лучні*; 6) *болотні і торфово-болотні*; 7) *солонцюваті і солонцеві*; 8) *осолоділі*; 9) *буроземи*; 10) *бурі і коричневі, гірсько-степові і гірсько-лісостепові*; 11) *гірсько-опідзолені*; 12) *гірсько-лучні*.

Підтип – це ґрунти в межах одного типу, які відрізняються від інших конкретними проявами ґрунтоутворного процесу та певними властивостями ґрунту. Наприклад, чорноземи *опідзолені*, чорноземи *вилужені*, чорноземи *типові*, чорноземи *звичайні* і чорноземи *південні*.

Рід ґрунту виділяють в межах підтипу. Рід має характерні особливості, які визначаються місцевими умовами підтипу: складом ґрунтоутворних порід, хімізмом ґрунтових вод і т. д. Наприклад, чорнозем південний *солонцюватий*.

Види ґрунтів виділяють у межах роду. Вони відрізняються за ступенем розвитку ґрунтоутворювальних процесів (ступеня опідзолення, засолення, гумусованості і т.ін.). Наприклад, *слабко- середньо- і сильнопідзолисті*; чорноземи *середньо- і малогумусні*.

Різновид ґрунтів визначається механічним складом ґрунтових горизонтів ґрунтотвірних порід: *піщані, супіщані, суглинкові, глинисті*.

Розряди ґрунтів виділяють залежно від властивостей материнських порід, на яких вони утворилися (*моренні, алювіальні* і т.п.): чорноземи південні на *лесах*.

На основі класифікації розроблено номенклатуру ґрунтів, за якою легко можна визначити місце кожного з них у систематиці ґрунтів. В.В. Докучаєв використав народні назви найбільш поширених ґрунтів – «чорнозем», «підзол», «солонець», «солончак». Вони використовуються у науковій практиці та іноземній спеціальній літературі і вживаються без перекладу. Повна назва ґрунту наводиться з урахуванням всіх таксономічних одиниць. У повній назві ґрунту першим позначають (тип), останніми – різновид або розряд. Наприклад, *чорнозем* (тип) *звичайний* (підтип) *солонцевий* (рід) *середньогумусний* (вид) *важкосуглинковий* (різновид) *на лесовидному суглинку* (розряд).

Згідно з прийнятою методикою в Україні виділяють понад 600 видів ґрунтів, які об'єднують у 17 типів та 35 підтипів. Крім того, на ґрунтових картах зазначено також 17 різновидів ґрунтів за механічним складом.

В окремих областях України дуже багато всяких ґрунтів (у Харківській області, за даними Інституту ґрунтознавства, їх близько 180, у Черкаській – 198). Найбільше різних ґрунтів утворюється в тих регіонах, де є річки (у заплавах і на терасах).

3.6. Закономірності географічного поширення ґрунтів в Україні

Географія ґрунтів – один з важливих розділів ґрунтознавства. Вона вивчає закономірності просторового поширення ґрунтів і є основою їх обліку і оцінки як природного ресурсу. Знання законів географії ґрунтів, зональних та регіональних особливостей ґрунтового покриву потрібні для раціонального використання земельних ресурсів, охорони і меліорації ґрунтів.

Як наукова дисципліна географія ґрунтів виникла і почала розвиватись на початку 80-х рр. ХІХ ст., коли В.В. Докучаєв та його учні заклали основу наукового ґрунтознавства та встановили зональне поширення основних типів ґрунтів.

Важливу роль в розвитку географії ґрунтів відіграє картографія.

Основні закономірності географічного поширення ґрунтів

Географія ґрунтів одночасно вивчає закономірності просторових змін ґрунтів і причини цих змін. Причинами просторових змін ґрунтів є просторові зміни факторів ґрунтоутворення (клімату, ґрунтоутворюючих порід, рельєфу, рослинності і тваринного світу, діяльності людини, тривалості ґрунтоутворення тощо). Отже, закономірності географічного поширення ґрунтів є результатом складної взаємодії всіх факторів ґрунтоутворення.

Основними законами географії ґрунтів є:

- 1) закон горизонтальної зональності;
- 2) закон вертикальної зональності;
- 3) закон фаціальності ґрунтів;
- 4) закон аналогічних топографічних рядів (зональних типів ґрунтових комбінацій).

Закон горизонтальної зональності сформулював В.В. Докучаєв у праці «К ученню о зонах природы» (1899). Згідно з цим законом основні типи ґрунтів поширені на поверхні континентів земної кулі широкими смугами (зонами), які послідовно змінюють одна одну відповідно до зміни клімату, рослинності та інших факторів ґрунтоутворення. Цей закон проявляється в наявності на земній поверхні ґрунтово-біокліматичних поясів, які перетинають континенти.

В залежності від особливостей клімату розрізняють: арктичний, субарктичний помірний, антарктичний, субантарктичний помірний, тропічний, субтропічний помірний, екваторіальний, субекваторіальний помірний пояси. В Північній півкулі виділяють п'ять широтних ґрунтово-біокліматичних поясів: полярний, бореальний, суббореальний, субтропічний і тропічний. Для кожного поясу характерні свої ряди типів ґрунтів, які не зустрічаються в інших поясах.

Прояв закону горизонтальної зональності ускладнюється через місцеві особливості рельєфу, відмінності в темпах біологічного кругообігу елементів.

Основа зональності – нерівномірне надходження сонячної енергії на різних широтах Землі через її кулястість і кругове обертання. З широтним розподілом тепла пов'язане також розподіл вологи, випадання опадів, а в зв'язку з цим розвиток зональних рослинних і ґрунтових спектрів.

Закон вертикальної зональності також відкрив В.В. Докучаєв, вивчаючи ґрунтовий покрив Кавказу. В гірських системах простежується послідовна зміна типів ґрунтів у міру наростання абсолютної висоти від підніжжя гір до їх вершин у зв'язку зі зміною клімату, рослинності та інших факторів ґрунтоутворення. Склад ґрунтових зон в гірських країнах в основному аналогічний складу зон на рівнині.

Закон вертикальної ґрунтової зональності, або поясності, свідчить, що в гірських системах основні типи ґрунтів поширені у вигляді поясів, які послідовно змінюють один одного з наростанням абсолютної висоти від підніжжя гір до вершин у зв'язку зі зміною природних умов. Однак можливі і відхилення у зв'язку з положенням схилів щодо руху повітряних мас, експозицією схилів, температурними інверсіями.

Закон фаціальності ґрунтів обґрунтували Л.І. Просолов і І.П. Герасимов. Суть його полягає в тому, що місцеві провінціальні (фаціальні) особливості клімату зумовлюють появу специфічних місцевих ознак ґрунтів і навіть формування інших типів. Така різноманітність зумовлена неоднаковою континентальністю клімату, неоднаковим сезонним розподілом опадів тощо.

Закон аналогічних топографічних рядів (вчення про зональні ґрунтові комбінації) остаточно сформулювали при проведенні великомасштабних ґрунтово-картографічних досліджень для потреб землевпорядкування. Основи

його було закладено в працях В.В. Докучаєва, М.М. Сибірцева, Г.М. Висоцького, С.О. Захарова, С.С. Неуструєва та інших вчених.

Суть його в тому, що поширення ґрунтів на великих територіях (в межах зон) зумовлене переважно впливом рельєфу, ґрунтоутворюючими породами та місцевими умовами ґрунтоутворення. У всіх зонах ця закономірність має аналогічний характер: на підвищених елементах залягають автоморфні, генетично самостійні ґрунти, яким властива акумуляція малорухомих речовин; на понижених елементах рельєфу формуються генетично підпорядковані ґрунти (гідроморфні), які акумулюють в своїх горизонтах рухомі продукти ґрунтоутворення; на схилах залягають перехідні ґрунти.

Ґрунтово-географічне районування

Ґрунтово-географічне районування – це поділ території на ґрунтово-географічні регіони, однорідні за структурою ґрунтового покриву, поєднанням факторів ґрунтоутворення і можливостями сільськогосподарського використання.

Сучасна схема ґрунтово-географічного районування розроблена Ґрунтовим інститутом ім. В.В. Докучаєва (м. Москва) спільно з іншими установами, у цій розробці прийнято таку систему таксономічних одиниць.

Для рівнинних територій:

1. Ґрунтово-біокліматичні пояси.
2. Ґрунтово-біокліматичні області.
3. Ґрунтові зони.
4. Ґрунтові провінції.
5. Ґрунтові округи.
6. Ґрунтові райони.

Для гірських територій:

1. Ґрунтово-біокліматичні пояси.
2. Ґрунтово-біокліматичні області.
3. Гірські ґрунтові провінції.
4. Гірські ґрунтові зони.

Опорними одиницями ґрунтово-географічного районування є: на рівнинних територіях – ґрунтова зона, в горах – гірська ґрунтова провінція.

Ґрунтово-біокліматичний пояс – це сукупність ґрунтових зон і гірських ґрунтових провінцій, об'єднаних подібністю радіаційних і термічних умов. Розрізняють пояси (як вже зазначалося вище): полярний (холодний), бореальний (помірно холодний), суббореальний (момірний), субтропічний (теплий), тропічний (жаркий). У межах кожного поясу виділяють ґрунтово-біокліматичні області.

Ґрунтово-біокліматична область – це сукупність ґрунтових зон і гірських провінцій, об'єднаних (крім радіаційних і термічних умов) подібними умовами зволоження і континентальності, які зумовлюють особливості ґрунтоутворення, вивітрювання і розвитку рослинності на даній території. За ступенем континентальності області поділяють на океанічні, континентальні і екстраконтинентальні, за характером зволоження – на гумідні, перехідні (субгумідні, субаридні) і аридні.

Грунтова зона – ареал зонального типу ґрунту і супутніх йому інтрозональних ґрунтів.

Зональні ґрунти формуються під зональними рослинними угрупованнями на рівнинах, вододільних піднесених територіях, на яких на ґрунтоутворення не впливають ґрунтові води, а також на територіях, де виключаються застою поверхневих вод і приплив їх зі сторони.

Інтразональні ґрунти – ґрунти, не типові для певних зон, а зустрічаються в багатьох зонах (наприклад, болотні, заплавні, солонці, солончаки).

Азональні ґрунти – це молоді ґрунти, що не встигли придбати зональні особливості (що формуються на свіжому алювію, елювії щільних порід, примітивні щербисті, молоді пухкі на пісках і т.п.).

Виділяють такі *природні ґрунтові зони*:

1. Арктична зона арктично-пустельних і типових полігональних ґрунтів.
2. Тундрова зона з тундровими глейовими і торфовими ґрунтами.
3. Тайгово-лісова зона з підзолистими, глеє-підзолистими, дерново-підзолистими оглеєними ґрунтами. Тут також розповсюджені болотні ґрунти.
4. Лістяно-лісова зона з буроземами і сірими опідзоленими ґрунтами.
5. Лісостепова зона з опідзоленими ґрунтами, чорноземами вилугуваними, типовими. Тут також спостерігаються солоді.
6. Степова зона з чорноземами звичайними, південними. Спостерігаються солонці.
7. Сухостепова зона з темно-каштановими і каштановими ґрунтами.
8. Пустельно-стєпова зона з бурими і ясно-каштановими ґрунтами в комплексі з солонцями і солончаками.
9. Пустельна зона з сіро-бурими ґрунтами. Розповсюджені такири, піщані пустельні ґрунти, солончаки.
10. Передгірно-пустельна степова зона із сіроземами.
11. Зона сухих субтропіків з коричневими і сіро-коричневими ґрунтами.
12. Зона вологих субтропіків з червоноземами і жовтоземами.

Грунтова підзона – частина ґрунтової зони, яка характеризується пануванням певного підтипу ґрунтів і витягнута у тому ж напрямку, що і ґрунтова зона.

Наприклад, у степовій чорноземній зоні виділяють підзону чорноземів звичайних північного степу (на межі із чорноземами типовими) і підзону південно-стєпову чорноземів південних (на межі із сухостєповою зоною каштанових ґрунтів)

Грунтова провінція – частина ґрунтової зони, яка відрізняється специфічними особливостями ґрунтів і умовами ґрунтоутворення (зволоження, континентальність, температура).

Наприклад у степовій зоні звичайних і південних чорноземів виділяють такі типові провінції: Придунайську, Українську, Приазово-передкавказьку, Середньо-руську, Заволзьку, Казахстанську, Передалтайську, Мінусінську, Забайкальську.

Грунтовий округ – частина ґрунтової провінції є певним типом ґрунтових комбінацій, який зумовлений характером рельєфу і ґрунтоутворюючих порід. Ґрунтовий район – частина ґрунтового округу, яка характеризується однотипною структурою ґрунтового покриву (закономірним чергуванням в межах району тих самих ґрунтових комплексів).

Гірська ґрунтова провінція – ареал поширення чітко визначеного ряду вертикальних ґрунтових зон, який зумовлений положенням гірської країни в системі ґрунтово-біокліматичних областей.

Значення інших таксономічних одиниць районування ґрунтів однакові для рівнинних і гірських територій.

Закономірності географічного поширення ґрунтів в Україні

Ґрунтово-географічне районування – це поділ території на ґрунтово-географічні райони, однорідні за структурою ґрунтового покриву, поєднанням факторів ґрунтоутворення та можливостями с.-г. використання ґрунтів.

У поширенні ґрунтів по території України виявляються закони широтної зональності і висотної поясності. Ґрунтовий покрив країни суворо зональний, тому що саме такий розподіл на цій території двох основних природних чинників – клімату і рослинності. Але в Україні через збільшення континентальності з північного заходу на південний схід ґрунти змінюються й у меридіальному напрямку. Значні зміни в поширенні ґрунтів відбулися в результаті господарської діяльності людини. Закономірності географічного поширення ґрунтів в Україні визначаються різноманітними природними умовами її території.

Територія України розташована на південному сході Європи. Протяжність її із заходу на схід 1316 км, з півночі на південь – 893 км. Загальна площа – 60,4 млн га.

Із фізико-географічних позицій *територія України поділяється на зони*: Полісся, Лісостеп, Степ, сухий Степ, Карпатська та Кримська гірські області:

П – зона мішаних лісів дерново-підзолистих типових і оглеєних ґрунтів Українського Полісся,

ЛС – Лісостепова зона чорноземів типових і сірих лісових ґрунтів,

С – Степова зона чорноземів звичайних і південних,

СС – сухо-степова зона темно-каштанових і каштанових ґрунтів,

К – зона буроземних ґрунтів Українських Карпат,

Кр – ґрунтові зони Гірського Крим,

КрС – зона чорноземів передгірського Степу,

КрЛС – зона ґрунтів передгірського Лісостепу,

КрГ – зона буроземів гірсько-лісових,

КрЯ – зона гірсько-лугових ґрунтів яйл,

КрП – зона коричневих ґрунтів південного схилу головного гірського хребта.

Закономірності географічного поширення ґрунтів в Україні

Земельний фонд України у 2003 р. становив (за даними Держкомзему) 60354,8 тис. га. Понад 71 % території України зайнято с/г угіддями, 17,3 % –

лісами і лісопокритними землями, 11,4 % – населеними пунктами. Понад половину території держави (65,7 %) використовують сільськогосподарські товаровиробники, у тому числі 18,8 % – громадяни, 36,9 % – сільгосппідприємства.

Найбільша розораність території в зонах Лісостепу і Степу (82–86 %), найменша – в гірських областях.

Рівнинні території займають 95 % усієї площі України, при цьому низовини становлять 70 %, а височини – 25 %. Велику площу займають Поліська, Придніпровська та Причорноморська низовини. Найбільші за площею височини знаходяться на заході України – Волинська і Подільська, в центрі – Придніпровська, на південному сході – Приазовська, на сході – Донецька, на північному сході знаходяться відроги Середньоросійської, а на південному заході – Бессарабської височини.

Чергування низовин і височин, їх висот, різноманітних ґрунтоутворних порід, гідрогеологічних і гідротермічних умов, рослинності зумовило строкатий ґрунтовий покрив України. На рівнинних просторах добре виражена широтна зональність ґрунтового покриву, а в гірських областях – вертикальна поясність.

Детальне знання про ґрунтовий покрив та агровиробничу характеристику ґрунтів кожного земельного виділу дає *агроґрунтове районування території України*. Воно дає змогу планувати різні заходи хімізації та меліорації, застосувати способи обробітку ґрунту та ґрунтозахисні прийоми відповідно до природних умов і особливостей кожного району.

Основною одиницею агроґрунтового районування є *природно-сільськогосподарський район* – частина території ґрунтового округу, що відрізняється більш-менш одноманітним ґрунтовим покривом, який зумовлює однотипний характер заходів щодо відновлення і підвищення ефективності родючості ґрунтів.

Природно-сільськогосподарські райони послідовно об'єднують у більші одиниці: провінції, зони, ґрунтово-біокліматичні області і пояси (для рівнинних територій), гірські висотні пояси, вертикальні зони, кліматичні та гірські (для гірських країн) провінції.

Згідно з першим агроґрунтовим районуванням 1951 р., в Україні було виділено 28 агроґрунтових районів. Пізніше (1969 р.) на основі узагальнення матеріалів великомасштабного обстеження ґрунтів колгоспів і радгоспів України було виділено 158 агроґрунтових районів та підрайонів.

Природно-сільськогосподарське районування України 1985 р. (що є за своєю сутністю агроґрунтовим) призвело до виділення 198 природно-сільськогосподарських районів. Кожен район є первинною одиницею поділу природного середовища в межах окремої адміністративної області. Природно-сільськогосподарський район надає можливість для наукової розробки в його межах агровиробничих класифікацій ґрунтів і земель, вивчення динаміки основних властивостей ґрунтів у часі, розробки схем раціонального використання земельних ресурсів.

Лише одна із зон України – степова – розділена на підзони: північну степову з чорноземами звичайними і південну степову з чорноземами південними.

У межах зон і підзон виділені провінції і підпровінції. Вони виділяються за сукупністю показників, що визначають своєрідність ґрунтового покриву. Підставою до виділення провінцій в окремих випадках служать фаціальні особливості ґрунтів, зумовлені місцевими особливостями клімату.

Контрольні запитання

1. Що необхідно розуміти під структурністю і структурою ґрунту?
2. Назвіть типи структури ґрунту, чинники та процеси їх утворення.
3. Охарактеризуйте механічні фактори структуроутворення .
4. Охарактеризуйте фізико-хімічні фактори структуроутворення .
5. Створення структури ґрунту під впливом біологічних факторів.
6. Як запобігти руйнуванню структури в орних ґрунтах?
7. Екологічне значення структури ґрунту.
8. Як класифікували ґрунт у Докучаєвському періоді?
9. Які варіанти класифікації ґрунтів засновані на генетичному підході?
10. Вкажіть, які переваги має американської класифікації ґрунтів, спрямована на практичне використання?
11. Приведіть класифікацію ґрунтів в Україні. Які вона має переваги і недоліки?
12. Що є метою ґрунтово–географічного районування?
13. Що таке ґрунтово-біокліматичний пояс? Які території він об'єднує?
14. Які широтні ґрунтові зони виділені на території України?
15. Охарактеризуйте значення природно-сільськогосподарського району по відновленню і підвищенню ефективності родючості ґрунтів.
16. Доведіть важливість поділу ґрунтів на ґрунтові зони.

ГЛАВА 4. ГРАНУЛОМЕТРИЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТІВ ЯК ДИСПЕРСНОЇ СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ЙОГО ВИВЧЕННЯ

4.1. Гранулометричний склад ґрунтів

Ґрунт складається з твердої, рідкої та газоподібної фаз. Основою всіх специфічних особливостей ґрунту, як середовища для росту і розвитку рослин, тваринного світу, що мешкає у ньому, є його тверда фаза. Тверда частина ґрунту не інертна, вона змінюється під впливом зовнішніх умов, живе та розвивається в часі. До її складу входять уламки гірських порід і мінералів різного ступеню роздроблення, органічні речовини (живі та відмерлі) з різним ступенем розкладу, які перебувають у тісній фізичній, хімічній та біологічній взаємодії з мінеральною частиною ґрунту. Різний ступінь роздроблення речовин твердої фази ґрунту називається його дисперсністю. Який би ґрунт ми не взяли, він завжди складається з елементарних ґрунтових частинок (ЕҐЧ) самих різних розмірів і, таким чином, за своєю природою він полідисперсний. Первинні ґрунтові часточки, представлені мінеральними зернами, органічними та органо-мінеральними гранулами, що вільно суспендуються у воді після руйнування клейких матеріалів, називаються механічними (гранулометричними) елементами або елементарними ґрунтовими частинками ЕҐЧ.

ЕҐЧ можуть мати будь-яку геометричну форму: шар, куб, призма тощо. Умовно форму їх приймають за кулеподібну, враховуючи так званий *ефективний діаметр*. Механічні частинки приблизно однакового діаметру. Групування частинок за розміром називається *класифікацією гранулометричних елементів*.

Гранулометричним складом ґрунту називають відносний за масою вміст груп частинок або фракцій ґрунту різної величини, вираженої у відсотках до загальної маси абсолютно сухого ґрунту. Гранулометричний склад переважної більшості ґрунтів приблизно на 90 % представлений елементарними ґрунтовими частинками мінеральної природи.

В нашій країні найбільш поширеною є класифікація проф. Н.А. Качинського (табл. 4.1)

Таблиця 4.1 – Класифікація гранулометричних елементів ґрунтів та порід (за Н.А. Качинським)

Гранулометричні елементи	Розмір елементів, мм	Гранулометричні елементи	Розмір елементів, мм
Каміння	>3	Пил крупний	0,05–0,01
Ґравій	3–1	Пил середній	0,01–0,005
Пісок крупний	1–0,5	Пил дрібний	0,005–0,001
Пісок середній	0,5–0,25	Мул грубий	0,001–0,0005
Пісок дрібний	0,25–0,05	Мул тонкий	0,0005–0,0001
		Колоїди	< 0,0001

Крім того, М.М. Сибірцев усі механічні елементи ґрунту поділив на дві групи фракцій: *фізичний пісок* ($> 0,01$ мм) і *фізичну глину* ($< 0,01$ мм), відокремивши в складі ЕГЧ скелет (часточки крупніші 1 мм) і дрібнозем (менші 1 мм). Кожна фракція володіє певними характерними властивостями, по-різному впливає на властивості ґрунтів, що пояснюється неоднаковим мінералогічним і хімічним складом, фізичними та фізико-хімічними її властивостями.

Фракція *каміння* представлена переважно уламками гірських порід. Каменястість – явище незадовільне, оскільки наявність у ґрунті значної кількості включень літогенного походження призводить до збільшення енергетичних затрат ґрунтової біоти на їх огинання при рості або русі, а також до ускладнення його обробітку та прискорення зношення сільськогосподарських знарядь. За ступенем каменястості ґрунти поділяють на *некам'янисті* – вміст каміння не перевищує 0,5 %, *слабокам'янисті* – 0,5–5 %, *середньокам'янисті* – 5–10 %, *сильнокам'янисті* – понад 10 %. За типом каменястості ґрунти можуть бути валунні, галечникові та щебенюваті.

Гравій – складається з уламків первинних мінералів. Високий вміст гравію в ґрунтах не впливає на обробіток, але створює несприятливі властивості, такі як низька вологомісткість, провальна водопроникність і відсутність водопідйомної здатності.

Піщана фракція – складається з уламків первинних мінералів, перш за все кварцу та польових шпатів. Ця фракція володіє високою водопроникністю, не набухає, не пластична, а також володіє деякою вологомісткістю та капілярністю. На ґрунтах із великим вмістом цієї фракції та за інших сприятливих умов добре розвивається фітоценоз з підвищеною вимогливістю до повітряного та теплового режимів, зокрема непогані урожаї дає картопля.

Крупнопилувата фракція мало чим відрізняється від піску, тому її властивості дуже схожі.

Проте *середньопилувата* фракція збагачена слюдами, що значно підвищує пластичність і зв'язність. Середній пил більш дисперсний, ліпше утримує вологу але має слабку водопроникність, нездатний до коагуляції та не бере участі у структуроутворенні і фізико-хімічних ґрунтових процесах. Як наслідок, ґрунти, збагачені цими фракціями, будуть володіти відповідними властивостями.

Пил дрібний – досить високодисперсна фракція, що складається з первинних і вторинних мінералів. Здатна до коагуляції, бере участь у структуроутворенні, володіє поглинальною здатністю, містить значну кількість гумусових речовин. Велика кількість неагрегованого дрібного пилу в ґрунтах спричиняє такі негативні властивості, як низька водопроникність, значна кількість недоступної вологи, висока здатність до набухання й усадки, липкість, тріщинуватість, висока щільність складення.

Мул складається переважно з високодисперсних вторинних мінералів. З первинних подекуди зустрічаються кварц, ортоклаз, мусковіт. Мулиста фракція займає провідне місце у формуванні фізико-хімічних властивостей ґрунтів. Мул містить значну кількість гумусу та елементів живлення для рослин. Ця фракція відіграє провідну роль у структуроутворенні. Володіє високою ємністю

поглинання та коагуляційною здатністю. Проте надвисокий вміст мулу в ґрунтах є причиною погіршення їхніх фізичних властивостей.

Колоїдна частина – найважливіша з точки зору формування обмінних властивостей та структури ґрунту.

В основу розподілу гранулометричних фракцій покладена головним чином різниця водно-фізичних властивостей частинок певного розміру. Так, кам'яниста частина ґрунту, або скелет ґрунту, не здатна утримувати вологу, яка проникає крізь неї, а також підіймати її знизу догори. Пісок (1–0,05 мм) характеризується лише дуже слабкою водоутримуючою і водопідйомною здатністю. Пил (0,05–0,001 мм) дуже добре утримує воду і добре підіймає воду. В пиловатих ґрунтах вода по капілярах може підійматися вгору на 4–5 м від рівня ґрунтових вод. У мулі (< 0,001 мм) погана водопровідність та менша, ніж у пиловатих частинок, водопідйомна здатність, так як капілярні проміжки між частинками мулу дуже малі, а при зволоженні вони ще більш зменшуються за рахунок утворення навколо кожної частинки плівки води, яка утримується силами молекулярного притягання. У вологому стані фракція мулу сильно набрякає, а при висиханні – стискується.

При зміні величини гранулометричних фракцій ґрунту змінюється і їх хімічний склад. Вивчення хімічних аналізів окремих фракцій показує, що з подібненням в процесі вивітрювання ґрунтоутворювальних порід співвідношення різних хімічних компонентів змінюється. Чим крупніше гранулометрична фракція, тим більше у ній таких інертних сполук, як кремнекислоти; більш дрібні частинки ґрунту збагачуються оксидами заліза та алюмінію; в тонких фракціях збільшується кількість калію, фосфатної кислоти та інших елементів живлення рослин, в тому числі й мікроелементів. Мулисті фракції багаті гумусом і характеризуються сприятливими вбирними властивостями.

Отже, камениста частина ґрунтів, пісок, пил та мул відрізняються одне від одного не тільки за фізичними властивостями, але й за хімічним складом. Тому виділення різних фракцій, визначення їх кількісного складу в ґрунті представляють подвійну цікавість для наступного гранулометричного складу і мінералогічного аналізу. В основу сучасних наукових визначень гранулометричного складу ґрунту лягла головним чином двочленна класифікація, встановлена М.М. Сибірцевим і удосконалена Н.А. Качинським, яка побудована на співвідношенні фізичної глини (частинки менше 0,01 мм) і додатково враховуються переважаючі гранулометричні фракції: піщана (1–0,05 мм), крупно-пиловата (0,05–0,01 мм), пиловата (0,01–0,001 мм) та фракцій мулу (< 0,001 мм) (табл. 4.2).

Користуючись цією класифікацією, можна давати як коротке так і більш повне визначення гранулометричного складу ґрунту. Коротке визначення проводиться за шкалою, яка наведена в таблиці де враховується вміст фізичної глини, або фізичного піску. Фізичний пісок (частинки > 0,01мм) буде складати різницю між 100 % і вмістом фізичної глини (частинки < 0,01 мм). Суглинок важкого ґрунту степового типу складає: 100 % – (45–60 %) = 55–40 %.

Таблиця 4.2 – Класифікація ґрунтів і порід за гранулометричним складом (за Н.А. Качинським)

Вміст фізичної глини (частинки < 0,01мм), %			Коротка назва за гранулометричним складом
ґрунти підзолистого типу ґрунтоутворення	ґрунти степового типу ґрунтоутворення	солончаки і сильно солонцюваті ґрунти	
0–5	0–5	0–5	Пісок пухкий
5–10	5–10	5–10	Пісок зв'язаний
10–20	10–20	10–15	Супісок
20–30	20–30	15–20	Суглинок легкий
30–40	30–45	20–30	Суглинок середній
40–50	45–60	30–40	Суглинок важкий
50–65	60–75	40–50	Глина легка
65–80	75–85	50–65	Глина середня
> 80	> 85	> 65	Глина важка

Якщо потрібно дати більш повну характеристику гранулометричного складу, то спочатку проводиться розподіл фракцій за співвідношенням фізичної глини і фізичного піску (двочленна класифікація), а потім додаються переважаючі фракції. Наприклад, якщо чорнозем південний має фізичної глини 60 %, мулу 32 %, пилу середнього і дрібного – 28 %, пилу крупного – 23 %, піску – 17 %, то за кількістю фізичної глини цей чорнозем відноситься до важкого суглинку: першою основною фракцією в ньому буде мул, другою – пил (середній і дрібний), третьою – крупний пил, четвертою – пісок.

Отже повна назва різновиду даного ґрунту за гранулометричним складом буде чорнозем південний важко суглинковий пилувато-мулистий. Як видно з прикладу, при детальному визначенні гранулометричного складу виділяються дві фракції – переважаюча і супутня: переважаюча фракція ставиться на останньому місці. В нашому прикладі – фракція мулу. Цим підкреслюється її визначне значення. Скелетну частину ґрунту (кам'янистість) класифікують залежно від кількості в ґрунті фракцій > 3мм (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Класифікація кам'янистості ґрунтів (за Н.А. Качинським)

Частинки > 3 мм, %	Ступінь кам'янистості ґрунту	Тип кам'янистості
< 0,5	Некам'янистий	Встановлюються за характером скелетної частини
0,5–5	Слабокам'янистий	Встановлюються за характером скелетної частини
5–10	Середньокам'янистий	ґрунти можуть бути валунні, галькові, щебеневі
> 10	Сильнокам'янистий	ґрунти можуть бути валунні, галькові, щебеневі

Класифікація складена з врахуванням генетичної природи ґрунтів та здатності їх глинистої фракції до агрегування, що залежить від вмісту гумусу, складу обмінних катіонів, мінералогічного складу.

Чим вища ця властивість, тим менше проявляються глинисті властивості при однаковому вмісті фізичної глини. Тому степові ґрунти, червоноземи та жовтоземи, як більш структурні, переходять у категорію більш важких при вищому вмісті фізичної глини, ніж солонці та ґрунти підзолистого типу. Кожний тип ґрунту характеризується своїм специфічним профільним розподілом фракцій, особливо тонкодисперсних. Наприклад, у підзолистих, дерново-підзолистих ґрунтів, солонців – елювіально-ілювіальний тип розподілу; у чорноземів, дернових ґрунтів – рівномірно- акумулятивний тощо.

4.2. Гранулометричний аналіз

Кількісне визначення механічних елементів називають *гранулометричним аналізом*. При *гранулометричному* (від лат. *granulum* – зернятко і грец. *μετρέω* – вимірюю) аналізі – визначають відсотковий вміст частинок різних розмірів у пухких гірських породах, ґрунтах тощо. За допомогою гранулометричного аналізу встановлюють відсотковий вміст гранулометричних фракцій порід, ґрунтів (гравійних, піщаних, пилуватих та ін.). Скелетні та фракції крупного і середнього піску розділяють за допомогою сит, дрібний пісок, пилуваті фракції та фракції мулу – за швидкістю падіння в спокійній воді (метод піпетки). Метод піпетки базується на залежності між радіусом частинки і швидкістю вільного падіння її у в'язкому середовищі. За Стоксом для кулеподібних тіл, які рухаються у в'язкому середовищі під впливом власної маси, при досягненні постійної швидкості падіння буде справедливим за рівнянням:

$$v = 2r^2 / 9 \cdot \eta \cdot (d - d_0) \cdot g, \quad (4.1)$$

де v – швидкість осідання, см/с; r – радіус тіла, см; η – коефіцієнт в'язкості середовища, н·с/м²; d – щільність твердої фази, г/см³; d_0 – густина води, г/см³; g – прискорення вільного падіння, 981 см/с².

З виразу (4.1) можна вирахувати радіус частинок, см:

$$r = (9 \cdot v \cdot \eta \cdot (d - d_0) \cdot g / 2)^{0,5}. \quad (4.2)$$

Отже, знаючи швидкість падіння та щільність частинок, в'язкість і густину води, можливо вирахувати і розміри частинок ґрунту. Так як швидкість падіння частинок пропорційна квадрату їхнього радіуса, то суспензія частинок ґрунту у воді через деякий проміжок часу t розподілиться відповідно швидкості падіння окремих часток відносно їх діаметрів.

Беручи проби на відстані h від поверхні спеціальною піпеткою через проміжки часу від початку осідання t_1, t_2, t_3, t_4 і т.д., можна визначити відносний

вміст частинок ґрунту, котрі мають швидкість h/t_1 , h/t_2 , h/t_3 і т.д. Вираховуючи одержані величини поступово, визначимо відносну масу фракцій із швидкостями в межах $h/t_1 - h/t_2$, $h/t_3 - h/t_4$, або в межах певних діаметрів часток. Методом піпетки можна визначати розміри частинок в межах 0,25-0,0001 мм.

Існують й інші методи визначення гранулометричного складу ґрунту, серед яких варто назвати *центрифугування*. Цей метод теоретично більш обґрунтований, ніж повільне осідання під дією гравітаційних сил тому, що дуже дрібні частинки через силу броунівського руху повільно дифундують з ділянок суспензії, де їх більше, туди, де концентрація їх менша або дифундують проти напрямку осідання. Крім того, центрифугування дозволяє проводити дисперсний аналіз частинок $< 0,1$ мк. Складність виготовлення центрифуг не дозволяє цей метод зробити масовим. У польових умовах гранулометричний склад визначають приблизно за зовнішніми ознаками і на дотик (органолептичний метод).

Мокрий органолептичний метод. Зразок розтертого ґрунту зволожують і перемішують до тістоподібного стану. З підготовленого ґрунту на долоні роблять кульку і пробують зробити з неї шнур товщиною близько 3 мм, а потім звернути кільце діаметром 2–3 см. Залежно від гранулометричного складу результати будуть різні: пісок – не утворює ні кульки, ні шнура; супісок – утворює кульку, розкачати шнур не вдається, утворюються тільки зачатки шнура; легкий суглинок – розкачується в шнур, але дуже нестійкий, легко розпадається на частини при розкачуванні або знятті з долоні; середній суглинок – утворює суцільний шнур, який можна звернути в кільце з тріщинами й переломами; важкий суглинок – легко розкачується в шнур, утворює кільце з тріщинами; глина – утворює довгий тонкий шнур, котрий потім легко утворює кільце без тріщин.

4.3. Значення гранулометричного складу ґрунту

Гранулометричний склад ґрунту є однією з найважливіших його характеристик. Від гранулометричного складу ґрунтоутворюючих порід і ґрунтів в значній мірі залежить інтенсивність багатьох ґрунтоутворюючих процесів, які пов'язані перетворенням, переміщенням та накопиченням речовин. Гранулометричним складом ґрунту визначаються його фізичні, фізико-механічні і водні властивості (пористість, вологомісткість, водопідйомність, структурність та інші), а також повітряний і тепловий режими. З гранулометричним складом пов'язаний також вміст у ґрунті зольних елементів та азоту.

Гранулометричний (механічний) склад ґрунту має важливе значення в педогенезі, у формуванні родючості ґрунту. Від нього залежать водні, теплові, повітряні, загальні фізичні й фізико-механічні властивості ґрунту.

Механічний склад ґрунту зумовлює окисно-відновлюючі умови, величину ємності вбирання, перерозподіл у ґрунті зольних елементів, накопичення гумусу тощо. Інтенсивність багатьох ґрунтоутворювальних процесів залежить від механічного складу: на піщаних породах вона незначна, на суглинкових – досить

висока. Від механічного складу залежать умови укорінення фітоценозу та чисельність ріючої фауни, а також спосіб обробітку ґрунту, терміни польових робіт, норми добрив, розміщення сільськогосподарських культур. Наприклад, легкі (піщані та супіщані) ґрунти легко піддаються обробітку, швидко прогріваються, мають добру водопроникність та повітряний режим. Але мають низьку вологомісткість, бідні на гумус і елементи живлення, мають незначну поглинальну здатність, піддаються вітровій ерозії. Важкі (важкосуглинкові й глинисті) ґрунти володіють високою в'язкістю й вологомісткістю, краще забезпечені поживними речовинами та гумусом. Безструктурні важкі ґрунти мають несприятливі фізичні та фізико-хімічні властивості: слабку водопроникність, здатність запливати й утворювати кірку, високу щільність і т.п. Найкращими з цієї точки зору є суглинкові ґрунти.

Знання гранулометричного складу дозволяє до певної міри характеризувати ґрунти та їх родючість. Ґрунти піщані та супіщані легко піддаються обробітку, їм притаманна добра водопроникність і сприятливий повітряний режим, але вони бідні гумусом, елементами живлення, мають низьку вологомісткість.

Суглинкові та глинисті ґрунти відрізняються від піщаних і супіщаних більш високою в'язкістю і вологомісткістю, меншою водопроникністю. Обробіток цих ґрунтів потребує більше енергетичних затрат, тому їх прийнято називати важкими ґрунтами, а піщані та супіщані – легкими.

Легкі ґрунти, крім цього, відносять ще до «теплих» ґрунтів тому, що в результаті доброї аерації (повітрообміну між ґрунтом і атмосферою) вони швидше прогріваються сонцем і раніше готові до обробітку. На відміну від них суглинкові та глинисті ґрунти відносять до «холодних».

Контрольні питання

1. Що таке гранулометричний склад ґрунту? Чим він представлений?
2. На які властивості ґрунту впливає його гранулометричний склад?
3. Що визначає гранулометричний аналіз?
4. Методи гранулометричного аналізу.

ГЛАВА 5. РІДКА КОМПАНЕНТА ҐРУНТІВ І КЛАСИФІКАЦІЯ ВОДИ В ҐРУНТАХ

5.1. Джерела води в Ґрунті та умови її знаходження

Ґрунт як багатофазна система здатна поглинати та утримувати воду. В ній завжди перебуває певна кількість вологи. Вода надходить у Ґрунт у вигляді атмосферних опадів, Ґрунтових вод, при конденсації водяної пари з атмосфери, при зрошенні. Ґрунтова вода є життєвою основою рослин, Ґрунтової фауни і мікрофлори, які отримують воду головним чином з Ґрунту. Від вмісту води в Ґрунті залежить інтенсивність протікання в ній біологічних, хімічних та фізико-хімічних процесів, пересування речовин і формування Ґрунтового профілю, водно-повітряний, поживний і тепловий режими, її фізико-механічні властивості, тобто, найважливіші показники Ґрунтової родючості. Отже, Ґрунтова вода робить прямий і непрямий вплив на розвиток та врожайність рослин.

Водозабезпеченість рослин визначається не тільки кількістю води, що надходить у Ґрунт, але і її водними властивостями, здатністю Ґрунту вбирати, фільтрувати, утримувати, зберігати воду і віддавати її рослині в міру споживання. В однакових кліматичних умовах при однаковій вологості Ґрунт може містити різну кількість доступної води, що залежить від механічного складу Ґрунтів, структурного стану, вмісту гумусу та інших показників, що їх зумовлюють водні властивості. Тому створення сприятливого водного режиму Ґрунту – одна з найважливіших умов отримання високих і стійких врожаїв сільськогосподарських культур в умовах інтенсивного землеробства.

Водний режим Ґрунтів – це сукупність процесів надходження, пересування і витрати вологи в Ґрунті. Основне джерело Ґрунтової вологи – атмосферні опади, кількість і розподіл яких у часі залежать від клімату даної місцевості і метеорологічних умов окремих років. У Ґрунт надходить менше вологи, ніж випадає у вигляді опадів, так як значна частина затримується рослинністю, особливо кронами дерев. Другим джерелом надходження вологи в Ґрунт є конденсація атмосферної вологи на поверхні Ґрунту та в її верхніх горизонтах (10–15 мм). Туман може надавати значно більший внесок у суму опадів (до 2 мм/добу), хоча і є більш рідкісним явищем. Практичне ж значення туману проявляється переважно в прибережних районах, де в нічний час над поверхнею Ґрунту збираються значні маси вологого повітря.

Частина Ґрунтової вологи, що надійшла на поверхню, утворює поверхневий стік, який спостерігається навесні під час сніготанення, а також після рясних дощів. Величина поверхневого стоку залежить від кількості опадів, кута нахилу місцевості та водопроникності Ґрунту. Виділяють також бічний (внутрішньо Ґрунтовий) стік, який виникає із-за різної щільності Ґрунтових горизонтів. При цьому вода, що надійшла в Ґрунт, фільтрується через верхні горизонти, а дійшовши до горизонту з більш важким гранулометричним складом, формує водоносний горизонт, який зветься Ґрунтова верховодка. Частина вологи з верховодки все ж просочується в більш глибокі шари,

досягаючи ґрунтових вод, які у своїй сукупності утворюють ґрунтовий стік. При наявності ухилу місцевості частина вологи, зосередженої у водоносному горизонті, може стікати в знижені ділянки рельєфу.

Крім стоку, частина ґрунтової вологи витрачається на випаровування. Із-за своєрідності і мінливості властивостей ґрунту. як випаровувальної поверхні, швидкість випаровування змінюється відповідно до зміни вологості ґрунту при однакових метеорологічних умовах. Величина випаровування може досягати 10–15 мм/добу. Ґрунти з близьким заляганням ґрунтових вод випаровують набагато більше води, ніж ґрунти з глибоким заляганням.

5.2. Форми води в ґрунті

Вода у ґрунті – один з основних її компонентів. Вона знаходиться в складній взаємодії з твердою фазою. Ґрунтова вода має велике значення, є одним з факторів родючості і врожайності рослин. Від змісту і якості води в ґрунті залежать виростання рослин і діяльність мікроорганізмів, процеси ґрунтоутворення і вивітрювання, виробнича діяльність людини. Основне джерело вологи – атмосферні опади, які проникають в ґрунт і заповнюють її пори. У ґрунті волога активно взаємодіє з твердою фазою (частиною) ґрунту. Пересування вологи, її доступність рослинам залежать від складу і властивостей ґрунту.

У природних умовах ґрунт володіє різним ступенем вологості. Поняття «вологість» характеризує вміст води в ґрунті, виражений у процентах від маси сухого ґрунту (вагова вологість) або від об'єму ґрунту (об'ємна вологість). Залежно від рухомості і доступності рослинам розрізняють кілька форм води в ґрунті: 1) гравітаційну; 2) капілярну; 3) сорбовану; 4) пароподібну; 5) ґрунтову; 6) тверду; 7) хімічно зв'язану і кристалізаційну. Безпосередньо для живлення рослин має значення тільки гравітаційна та капілярна вода, а решта форм ґрунтової вологи, крім невеликої частини плівковою, рослинам недоступна.

Гравітаційна вода заповнює капілярні пори між структурними – порожнинами, за якими вона пересувається під впливом сили тяжіння (звідси і її назва).

Капілярна вода заповнює капілярні пори, головним образом, всередині структурних порожнин. Вона може пересуватися в ґрунті в усіх напрямках.

Сорбована вода утримується на поверхні ґрунтових частинок сорбованими силами, тобто молекули води притягуються до твердих частинок ґрунту і міцно утримуються ними. Цю форму води підрозділяють на два види: плівкову і гігроскопічну.

Плівкова вода оточує тверді частинки ґрунту у вигляді плівки, притягуючись до них під дією поверхневої енергії. Вона пересувається тільки під впливом молекулярних сил в різних напрямках, але завжди від більш товстих плівок до тонких. Плівкова вода визначає змочування ґрунту, але рослинам майже недоступна, так як притягується до поверхні частинок твердої фази ґрунту з силою в кілька тисяч атмосфер (від 6 до 10 тис.).

Гігроскопічна волога являє собою молекули водяної пари, які утримуються поверхневим тяжінням ґрунтових частинок подібно до того, як утримується плівкова вода. Тому гігроскопічна волога не приймає участі в газовому тиску навколишнього середовища і не здатна пересуватися. Вона недоступна для рослин, повністю видаляється при висушуванні ґрунту протягом декількох годин при температурі 100–105 °С.

Вільна пароподібна волога входить до складу ґрунтового повітря у вигляді окремих молекул водяної пари і тому бере участь у газовому тиску і пересувається з місць з більшою пружністю пари в місця з меншою пружністю. Вона недоступна для рослин, але при переході в крапельнорідку може засвоюватися ними.

Ґрунтова вода – це волога водоносного шару ґрунту, що лежить нижче ґрунтової товщі, утримується шаром водоупору. Використання ґрунтової води рослинами можливо, але при близькому заляганні і піднятті до кореневмісного шару.

Тверда вода (лід) – перехід вологи з рідкого стану в твердий відбувається у вільних форм вологи при температурі нижче 0 °С.

Хімічно зв'язана і кристалізаційна вода входить в состав молекул мінералів у вигляді іонів. Кристалізаційна вода знаходиться у складі кристалічних речовин у вигляді молекул. Рослинам ці форми води недоступні.

5.3. Водні властивості ґрунту

Основними водними властивостями ґрунту є вологоємність, водопроникність, водопідйомна здатність.

Вологоємність – здатність ґрунту поглинати і утримувати певну кількість води. Повна вологоємність відповідає стану повної насиченості ґрунту водою, коли всі пори нею заповнені. Її величина залежить від пористості ґрунту і розраховується за формулою:

$$W = P/V, \quad (5.1)$$

де W – повна вологоємність (в % від сухого ґрунту); P – пористість (в % від об'єму ґрунту); V – відносна щільність ґрунту.

Поняттю капілярної вологоємності відповідає стан насиченості водою всіх капілярів ґрунту. Польова вологоємність характеризується станом насиченості ґрунту водою, коли усі пори заповнені. У польових умовах такий стан зволоження спостерігається після стікання гравітаційної води при відсутності підпору ґрунтових вод. Максимальна молекулярна вологоємність – це кількість води, що утримується силами молекулярного притяжіння. Найменша вологоємність ґрунту визначається вмістом в ній тільки плівкової води. Величина всіх видів вологоємності залежить від механічного складу, структури ґрунту, її гуміфікованості і зростає з переходом від легких до важких ґрунтів;

зростає від безструктурних до структурних, від ґрунтів з низьким вмістом гумусу до ґрунтів добре гумусових.

Водопроникність – здатність ґрунту вбирати і пропускати крізь себе воду, що надходить з поверхні. Водопроникність може визначатися часом, за який вода проходить певну відстань по порах ґрунту з верхнього до нижнього рівня. При надходженні води в ґрунт спочатку відбувається поглинання і проходження її від одного шару до іншого, не насиченого водою. Потім, коли ґрунтові пори повністю наповняться водою, починається її фільтрація крізь товщу ґрунту. Вважається, що ґрунт має хорошу водопроникність, якщо вона пропускає за одну годину при напорі води в 5 см і температурі 10 °С від 70 до 100 мм води. Піщані і супіщані ґрунти більш проникні для води, ніж суглинні і глинисті. Водопроникність структурних ґрунтів більш висока в порівнянні з безструктурними.

Водопідйомна здатність – здатність ґрунту викликати підйомне переміщення води капілярними силами. Вони найбільш сильно проявляються в порах діаметром 0,1-0,003 мм; більш дрібні пори заповнені зв'язаною водою. Тому водопідйомна здатність зростає від піщаних ґрунтів до суглинних і знижується в глинистих. Водопідйомна можливість може визначатися часом, за який вода проходить певну відстань знизу–вгору (це здатність випарювання води) або висотою підняття води. Максимальна висота підняття води над рівнем ґрунтових вод для піщаних вод – 0,5–0,7 м, для суглинкових – 3–6 м. В структурних ґрунтах капілярна вода менш рухлива. Завдяки капілярним процесам і водопідйомної здатності ґрунтів ґрунтові води беруть участь у додатковому забезпеченні рослин водою, відновних процесах та ін. Кількість води в ґрунті і переважний напрямок руху її в вегетаційний період характеризує особливості водного режиму. Він визначається водним балансом (прихід + витрата води).

Водний режим являє собою сукупність явищ надходження вологи в ґрунт, просування, витрати. Кількісну його характеристику показують у вигляді водного балансу. Прибуткова частина балансу складається з: атмосферних опадів (А_о), припливу ґрунтових вод (ГрП), конденсованої води (К). Витрата води включає втрату води при: випаровуванні (В), десукції (Д), різних видів стоку – поверхневого (ПС), всередині ґрунтового (ВГрС), ґрунтового (ГрС).

5.4. Типи водного режиму ґрунтів

Під водним режимом ґрунту розуміють усі процеси, пов'язані з надходженням, пересуванням та витратами вологи в ґрунті. Залежно від природних умов, ґрунтового покриву, виробничої діяльності людини водний режим на різних ґрунтах складається неоднаково. Розрізняють 6 типів водного режиму ґрунтів: мерзлотний, промивний, періодично промивний, непромивний, випітний і десуктивно-випітний.

Мерзлотний тип водного режиму спостерігається там, де розташована багаторічна мерзлота. Характеризується поступовим відтаненням ґрунту зверху

до низу, причому над мерзлим шаром утворюється водоносний горизонт – мерзотно-грунтова верховодка. Волога, яка в ній міститься, витрачається на випаровування і десукцію. Восени ґрунт зверху замерзає, причому мерзлота змикається з багаторічно мерзлотним шаром. Мерзлотний тип зустрічається в тундрі, тайгово-лісовій зоні Східного Сибіру.

Промивний тип водного режиму зустрічається переважно в областях, де середньо річна сума опадів перевищує середню річну випаровуваність. При цьому режимі характерне щорічне (одне – або багаторазове) наскрізне промочування ґрунтової товщі до ґрунтових вод (переважно навесні, під час сніготанення). Промивний тип характерний для тайгово-лісової зони, де середньо річна сума опадів перевищує середню річну випаровуваність і ґрунт щорічно (переважно навесні), під час сніготанення, промивається до ґрунтових вод.

Періодично промивний тип водного режиму спостерігається в областях, де середньо річна сума опадів приблизно дорівнює середній випаровуваності. Для нього характерно не щорічне наскрізне промивання ґрунтової товщі (звичайно однократна). Періодично промивний тип зустрічається в лісостеповій зоні на сірих лісових, чорноземах опідзолених і вилужених ґрунтах. Промивання товщі ґрунтів відбувається періодично.

Непромивний тип водного режиму поширений там, де середньо річна сума опадів істотно менше середньої річної випаровуваності. Промочування ґрунту до ґрунтових вод не відбувається, і на певній глибині формується мертвий горизонт з постійною вологістю, близькою до вологості в'янення рослин. Промочування ґрунтової товщі відбувається лише на деяку глибину (1–2 м), нижче залягає шар, який не промочується, з постійною низькою вологістю. Промивний горизонт до осені зазвичай висушується до вологості в'янення. Такий тип водного режиму поширений в степовій і пустельно-степовій зонах. Непромивний тип водного режиму характерний для чорноземів і степів, каштанових і бурих ґрунтів, сіроземів.

Випітний тип водного режиму створюється в областях, де річна випаровуваність значно перевищує річну суму опадів і близько до даної поверхні підходять ґрунтові води. У зв'язку з цим тут ґрунтові води піднімаються до поверхні і частково випаровуються. Якщо ґрунтові води засолені, неминуче виникає засолення ґрунтової товщі солями, які містяться у ґрунтових водах.

Десуктивно-випітний тип водного режиму близький до випітного, але ґрунтові води та їх капілярна кайма залягають глибше. Витрата води з них йде шляхом споживання вологи з капілярної кайми корінням рослин.

Типи водного режиму в значній мірі залежать від рослинності, що обумовлює випаровування значної частини вологи з ґрунту, рельєфу, що впливає на перерозподіл атмосферних опадів на поверхні ґрунту, і механічного складу материнських порід, від яких залежить водопроникність і вологоємність.

5.5. Ґрунтово-ґідрологічні константи

Не дивлячись на те, що розподіл води ґрунту на категорії (форми) умовний і ні одному з них не притаманне абсолютне значення, можливо виділити інтервали вологості, в межах яких будь-яка частина вологи має однакові властивості та ступінь доступності рослинам.

Граничні значення вологості, за якими кількісні зміни в рухомості води призводять до якісних змін, називають ґрунтово-ґідрологічними константами. Основними ґрунтово-ґідрологічними константами є: *максимальна гігроскопічність, вологість в'янення, вологість розриву капілярів, найменша вологомісткість, повна вологомісткість.* Ґрунтово-ґідрологічні константи широко використовуються в агрономічній, агрометеорологічній та меліоративній практиках, характеризуючи запаси води в ґрунті та забезпеченість нею рослин.

Максимальна гігроскопічність (МГ) – характеризує найбільш можливу кількість пароподібної води, яку ґрунт може поглинути з повітря, майже насиченого водяною парою. *МГ* є важливою ґрунтово-ґідрологічною характеристикою, величиною достатньо постійною. Вода, що знаходиться у ґрунті в стані *МГ*, недоступна рослинам. Це «мертвий запас вологи». По *МГ* приблизно розраховують коефіцієнт в'янення рослин – нижню межу фізіологічно доступної для рослин води. Вологість сталого в'янення, або *вологість в'янення (ВВ)*, – вологість, при якій рослини подають ознаки того в'янення, яке не зникає навіть після перенесення рослин у сприятливі умови. Чисельно *ВВ* дорівнює приблизно 1,5 максимальної гігроскопічності. Цю величину також називають *коефіцієнтом в'янення*.

Вміст води в ґрунті, що відповідає вологості в'янення, є нижньою межею доступної для рослин вологи. *ВВ* визначається як властивостями ґрунту, так і характером рослин. В глинистих ґрунтах вона завжди вища, ніж у піщаних. Помітно зростає вона в ґрунтах засолених і багатих органічними речовинами, особливо тих, що не розклалися (торф'яні ґрунти). Так, в глинах *ВВ* складає 20–30 %, суглинках 10–12 %, у пісках 1–3 %, у торфі до 60–80 %. Посухостійкі рослини в'януть за меншою вологістю, ніж вологолюбні.

Вологість розриву капілярів (ВРК). Це кількість води, при якій розривається суцільний потік капілярної води в ґрунті. Капілярно- підвішена вода при випаровуванні пересувається в рідкому стані до випарної поверхні в межах всього промоченого шару по капілярах, суцільно заповнених водою. Але за певних умов (зниження вологості ґрунту) підняття вологи припиняється або різко гальмується. Втрата здатності такого пересування пояснюється тим, що в ґрунті при випаровуванні зникає суцільність заповнення капілярів водою, тобто в ньому не залишається систем пор, повністю наповнених водою. Цю критичну величину назвали вологістю розриву капілярного зв'язку (*ВРК*). Таким чином, *ВРК* – це вологість, за якою рухомість капілярної води в процесі зниження вологості різко зменшується. Вода, однак, залишається в дрібних порах, в кутах дотику частинок (меніски дотикової вологи). Ця волога нерухома, але

фізіологічно доступна корінням рослин. *ВРК* називають ще критичною вологістю, так як при вологості нижче *ВРК* ріст рослин сповільнюється і їх продуктивність знижується. В ґрунтах ця величина сильно варіює, складаючи в середньому 50–60 % від найменшої вологомісткості. На вміст води, що відповідає *ВРК*, крім гранулометричного складу ґрунтів, суттєвий вплив має їх структурний стан. В безструктурних ґрунтах запаси води витрачаються на випаровування значно скоріше, ніж в ґрунтах з агрономічно-цінною структурою. Тому в них вологість буде скоріше досягати *ВРК*, тобто забезпеченість вологою рослин буде знижуватись скоріше.

Капілярна вологомісткість (КВ) – найбільша кількість капілярно підпертої води, яка може утримуватись ґрунтом, що знаходиться в межах капілярної кайми. *КВ* залежить від пористості ґрунтів і від висоти шару насиченого ґрунту над дзеркалом ґрунтових вод, тому *КВ* не є константою.

Найменша вологомісткість (НВ) – максимальна кількість капілярно-підвішеної води, яку може утримати ґрунт після стікання надлишку води при глибокому заляганні ґрунтових вод. *НВ* залежить від гранулометричного складу, структурності ґрунту (піщані – 5–10 %, супіщані – 10–20 %, суглинкові – 20–30 %, глинисті – 30–45 %). Це одна з найважливіших гідрологічних характеристик ґрунту, константа – верхня межа оптимального зволоження 65–70 % вологи в ґрунті від *НВ*, відповідає нижній межі оптимальної зволоженості ґрунту.

Повна вологомісткість (ПВ) – найбільша кількість вологи, яку може вмістити ґрунт при повному заповненні всіх пор, за винятком зацемлених, тому *ПВ* приблизно дорівнює пористості ґрунту (в об'ємних процентах). Усі ґрунтово-гідрологічні константи виражаються в % від маси або об'єму абсолютно сухого ґрунту, а в агрометеорології – в міліметрах.

5.6. Доступність води в ґрунті для рослин

Доступність різних форм води ґрунту для рослин є виключно важливою характеристикою, що визначає в значній мірі родючість ґрунтів. Рослини в процесі життя споживають дуже велику кількість води, витрачаючи головну її масу на транспірацію і лише невелику частку на створення біомаси.

Витрата води з ґрунту рослинами характеризується двома показниками: по-перше, транспіраційним коефіцієнтом – відношенням кількості води, втраченої рослинами, до загального приросту сухої речовини за певний проміжок часу; по-друге, відносною транспірацією – відношенням фактичної транспірації при даній вологозабезпеченості до потенційної транспірації при вільному доступі води. Для більшості культурних рослин транспіраційний коефіцієнт (при потенціальній, тобто забезпеченій вільним доступом води, транспірації) коливається в межах 400–600, досягаючи іноді 1000; тобто на утворення 1 т сухої органічної речовини витрачається 400–600 т і більше води з ґрунту.

Доступність води з ґрунту рослинам визначається в основному двома гідрофізичними характеристиками ґрунту: потенціалом (тиском) води ґрунту та здатністю ґрунту проводититік води, тобто коефіцієнтом водопровідності. Інтенсивність потоку води до коріння рослин (а це і є кількісний вираз доступності води) буде тим більше, чим більша різниця потенціалів води в корені і ґрунті та чим вище коефіцієнт водопровідності. За відношенням до доступності рослинам вода ґрунту може бути розподілена на такі категорії (за О.А. Роде):

1. *Недоступна для рослин.* Це вся міцно зв'язана вода, яка складає в ґрунті так званий мертвий запас води. Недоступність цієї води пояснюється тим, що усмоктувальна сила коріння набагато менша тих сил, які утримують цю воду на поверхні частинок ґрунту, тобто усмоктувального тиску води ґрунту. Мертвий запас води в ґрунтах відповідає приблизно максимальній адсорбційній вологомiсткостi або не на багато перевищує її.

2. *Дуже важкодоступна для рослин.* Ця категорія подана в основному слабкозв'язаною (плівкою) водою. Важкість доступності її обумовлена низькою рухомістю цієї води (низьким коефіцієнтом водопровідності), в силу чого вода не встигає підтiкати до місць її споживання, тобто до кореневих волосків. Кількість дуже важкодоступної води в ґрунтах характеризується діапазоном вологості від максимальної адсорбційної вологоємкості до вологості в'янення. Вміст води в ґрунті, який відповідає вологості в'янення, є нижньою межею продуктивної вологи.

3. *Важкодоступна вода* лежить в межах між вологістю в'янення та вологістю розриву капілярів. В цьому інтервалі вологості рослини можуть існувати але продуктивність їх знижується. Зменшення доступності води відображається в першу чергу не на зовнішньому стані рослин (в'янення), а на зниженні їхньої продуктивності.

4. *Середньодоступна вода* відповідає діапазону вологості від вологості розриву капілярів до найменшої вологомiсткостi. В цьому інтервалі вода має властивість значної рухомості і рослини можуть безперебійно забезпечуватися нею. Продуктивність рослин з переходом вологості від ВРК та наближення її до НВ різко зростає. Різниця між НВ та ВВ – це діапазон фізіологічно активної води в ґрунті.

5. *Легкодоступна*, що переходить в надлишкову воду відповідає діапазону вологості від НВ до ПВ. Заповнення водою більшої частини пор утрудняє надходження в ґрунт повітря і може бути причиною утрудненого дихання та зміни окислювально-відновлюваних процесів і створенню переважно відновлювальних процесів, що призводять до анаеробіозису. Тому воду, що знаходиться в ґрунті (за винятком піщаних ґрунтів) поверх значення НВ, потрібно вважати надлишковою.

5.7. Регулювання водного режиму ґрунту

Регулювання водного режиму ґрунтів здійснюється комплексом прийомів, які направлені на усунення несприятливих умов вологозабезпечення рослин.

Регулювання водного режиму засновано на врахуванні кліматичних і ґрунтових умов, а також потреб у воді культурних рослин, що вирощуються. Серед способів регулювання водного режиму ґрунту виділяють агротехнічні та меліоративні.

В основі агротехнічних заходів лежить застосування таких видів обробітку, які збільшують вбирання вологи і зменшують її випаровування. Це – створення глибокого оброблюваного (орного) шару, вирівнювання поверхні ґрунту, лущення стерні і безполицевий обробіток ґрунту із залишенням стерні на поверхні, протиерозійні прийоми обробітку щілювання, лункування, переривчасте боронування, гребінчаста, ступінчаста і комбінована оранка та оранка з утворенням перемичок або ямок. Для зменшення непродуктивної втрати вологи велике значення має боротьба з бур'янами, які часто забирають з ґрунту більше води, ніж культурні рослини.

У степових і південних лісостепових районах велике значення для зберігання вологи мають полезахисні насадження – лісосмуги. Вони сприяють рівномірному розподілу снігу і стіканню талих вод, зменшують силу вітрів, особливо суховіїв. В суху, жарку погоду на полях, захищених лісосмугами, створюється особливий мікроклімат, за яким відносна вологість повітря дещо вища, а його температура і сила вітру менші, ніж на полях без лісосмуг.

Максимальному використанню опадів і збільшенню запасів вологи в ґрунті сприяє також снігозатримання.

Радикальними заходами в регулюванні водного режиму ґрунтів є: зрошення – в зоні недостатнього зволоження та осушення – при надмірному зволоженні ґрунту.

Контрольні запитання

1. Що є основним джерелом вологи в ґрунті?
2. Охарактеризуйте категорії води в ґрунті.
3. Чим визначаються водні властивості ґрунту?
4. Що таке водопроникність ґрунтів? Чим вона визначається?
5. Охарактеризуйте водопідймальну здатність ґрунту?
6. Охарактеризуйте поняття ґрунтової води та сформулюйте її значення в питаннях родючості ґрунтів.
7. Охарактеризуйте значення форм води в ґрунті. Яка вода найбільш доступна для життєдіяльності рослин?
8. В чому полягають основні водні властивості ґрунтів? Наведіть приклади властивостей ґрунтів.
9. Які існують типи водних режимів ґрунтів?

ГЛАВА 6. ПОХОДЖЕННЯ, СКЛАД ТА ВЛАСТИВОСТІ ОРГАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ҐРУНТУ

6.1. Загальна схема формування органічної частини ґрунту

Схема формування органічної частини ґрунту нерозривно пов'язана з біологічним кругообігом речовин і ґрунтоутворенням, для яких найбільш істотною ланкою є розкладання мертвих органічних залишків, що супроводжується декількома процесами, які протікають одночасно: акумуляцією первинної органічної речовини, розкладанням, мікробним синтезом, гуміфікацією і мінералізацією.

Акумуляція первинної органічної речовини – надходження рослинних решток на поверхню і в товщу ґрунту. Розкладання – сукупність процесів біохімічного окислення нерозчинних у воді органічних залишків з утворенням більш простих, частково розчинних у воді органічних і мінеральних сполук. Процеси протікають головним чином під впливом ферментативної активності мікроорганізмів. Мікробний синтез – процес утворення тіл мікроорганізмів з більш простих водорозчинних органічних (цукрів, амінокислот) і мінеральних сполук. Після відмирання мікроби піддаються розкладу і гуміфікації.

Гуміфікація або гумусутворення – повільний біохімічний процес, що призводить до утворення гумусових речовин – специфічних сполук, що володіють здатністю до полімеризації, тобто ущільнення своїх молекул, що робить їх стійкими до розкладання мікроорганізмами.

Мінералізація – сукупність процесів перетворення органічних речовин у мінеральні солі, воду і вуглекислоту. Процеси розкладання і мінералізації забезпечують надходження елементів живлення в біологічний кругообіг. Процеси мікробного синтезу і гуміфікації, навпаки, закріплюють і призводять до накопичення органічних речовин в товщі ґрунту.

Співвідношення між швидкістю надходження рослинних, тваринних і інших органічних залишків на поверхню і в товщу ґрунту і швидкістю їх розкладу, гуміфікації та мінералізації визначає кількісну і якісну сталість органічної частини ґрунту, строго визначеної для різних ґрунтів, що відрізняються характером ґрунтоутворюючих процесів.

Всі процеси перетворення органічних речовин у ґрунті протікають у присутності кисню, води і вуглекислоти. Основою процесів розкладання є повільне біохімічне окислення органічної речовини (в основному опаду зелених рослин) до простих солей, води і вуглекислоти.

6.2. Джерела і склад органічної частини ґрунту

Органічна речовина ґрунту – це фактор родючості ґрунту, джерело енергії для розвитку і формування ґрунту, нарешті, це те, що відрізняє родючий ґрунт від материнської породи. Органічна речовина ґрунту являє собою комплекс органічних сполук, що входять до складу ґрунту. Ці речовини розділені на дві групи:

1) переважна група гумусових речовин;

2) група рослинних і тварин залишків різного ступеня розкладання і проміжних продуктів розкладання (негуміфіковані органічні речовини).

Органічна речовина ґрунту представлена на 85–90 % гумусовими речовинами (фульвокислоти, гумінові кислоти та гуміни). За своєю природою це стійкі до розкладання, консервовані органічні речовини, на 50–60 % складаються з вуглецю, 30–45 % кисню і тільки на 2,5–5 % з азоту. Так само в їх склад входять сірка, фосфор та ін. (рис. 6.1.).



Рис. 6.1. Структурна схема складу органічної частини ґрунту

Гумінові кислоти та фульвокислоти, а також вуглекислота, яка утворюється в ґрунті при розкладанні органічних речовин, надають розчинювальну дію мінеральним сполукам фосфору, калію, кальцію, магнію, в результаті чого, ці елементи переходять в доступну для рослин форму. Рухомі поживні елементи гумусу меншою мірою беруть участь у живленні рослин, ніж негуміфіковані речовини, так як повільно мінералізуються, але створюють для розкладання органічних залишків сприятливе середовище. Однак при тривалому вирощуванні сільськогосподарських культур без внесення добрив, може відбуватися поступове розкладання і використання гумусових речовин, що призводить до значного зменшення загальної кількості органічної речовини

грунту і зниження її родючості. Систематичне застосування органічних і мінеральних добрив, забезпечує підвищення врожайності сільськогосподарських культур, сприяє збереженню та накопиченню запасів гумусу і азоту в ґрунті, тому що з ростом врожаю збільшується кількість кореневих і поживних решток і посилюються процеси утворення гумусу.

Утворення і накопичення гумусу в ґрунті сприяє створенню сприятливих умов для розвитку та діяльності мікроорганізмів. Мікроорганізми активізують багато біохімічних процесів в ґрунті, що беруть участь у процесі мінералізації органічної речовини та збільшують доступність поживних речовин ґрунту і добрив для рослин. Тому ґрунти, багаті мікроорганізмами є більш родючими і забезпечують отримання більш високих врожаїв сільськогосподарських культур.

Друга група органічних сполук, що входять до складу ґрунту, хоча і є кількісно меншою, але за своїм значенням в чомусь навіть і перевершує гумус. У цю групу входять рослинні і тваринні рештки різного ступеня розкладання, проміжні продукти розкладання (жири, білки, смоли, клітковина, органічні кислоти та ін.). Негуміфіковані органічні речовини складають 10–20 % від загальної кількості органіки в ґрунті, вони є безпосереднім джерелом елементів живлення для рослин і тварин, деякі з них впливають на трансформацію поживних елементів ґрунту і добрив з недоступною для рослин форми в доступну і навпаки. В них містяться всі макро- і мікроелементи, необхідні рослинам і тваринам.

Вміст органічної речовини в ґрунтах коливається від 1–3 % (у підзолистих ґрунтах і сіроземах) до 8–10 % і більше потужних чорноземах. Органічна речовина є основою родючості ґрунтів, вона служить своєрідним резервом необхідних рослинам поживних речовин, має великий вплив на структуру ґрунту, є джерелом енергії для багатьох корисних мікроорганізмів. В органічній речовині міститься 98 % азоту, від 30 до 40 % фосфору, до 90 % сірки (від загального їх вмісту в ґрунті).

У ґрунті при вирощуванні рослин відбуваються одночасно два протилежних процеси: синтез і накопичення органічної речовини, та його руйнування (мінералізація). При мінералізації азот, фосфор і сірка переходять в мінеральну форму, яка засвоюється рослинами. На інтенсивність мінералізації впливає культура і технологія її оброблення (система обробки ґрунту і мінерального живлення). Найкращі умови створюються в структурних, пухких, окультурених ґрунтах, де відбувається поповнення рослинними і тваринними рештками, створюється оптимальне значення рН, рослинам достатньо елементів живлення для їх росту і розвитку. Але не у всіх умовах рослинам властиво накопичувати у ґрунті органічні речовини, а лише в умовах, подібних натуральним умовам природи, де верхній шар ґрунту завжди залишається на своєму місці, нагорі, а не в тих випадках, коли його заорюють у нижні горизонти.

6.3. Хімічний склад гумусу і його характеристики

Під час розкладання органічної речовини внаслідок дії ферментів, які виділяють гриби і бактерії, відбуваються процеси повторного синтезу, полімеризації і конденсації з утворенням нових високомолекулярних сполук колоїдного характеру. Утворюється складна органічна речовина, що отримало назву *гумус (грунтового перегній)*. Грунти сильно відрізняються за змістом, складом і властивостями гумусу. До складу гумусу входять гумінові кислоти, фульвокислоти та гуміни .

Гумінові кислоти – це група речовин темного кольору, які виділяються із ґрунту лугами і осаджуються кислотами. Вони характеризуються високим вмістом вуглецю (50–62 %), аморфним станом, полідисперсністю (різною величиною частинок) і гетерогенністю.

При взаємодії з катіонами гумінові кислоти утворюють солі – гумати. Гумати одновалентних катіонів K^+ , Na^+ , N^+ утворюють в ґрунті колоїдні розчини – солі, які легко розчиняються і вимиваються з ґрунту. Гумати двох – і тривалентних катіонів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+}) знаходяться в ґрунті у вигляді нерозчинних гелів, не вимиваються, а накопичуються в місцях утворення, найбільше їх у верхніх шарах ґрунту. Гумінові кислоти – найбільш цінна частина гумусу, вони мають велику загальну поверхню, грають важливу роль в утворенні агрономічно цінної структури ґрунту і основного фонду поживних речовин (насамперед азоту для рослин).

Фульвокислоти – це гумінові речовини жовтого або червоного кольору, які залишаються в розчині після випадання в осад гумінових кислот. Фульвокислоти відрізняються від гумінових меншим вмістом азоту, більш високою кислотністю, високою розчинністю у воді їх з'єднань з мінеральною частиною ґрунту. Завдяки високій кислотності фульвокислоти руйнують ґрунтові мінерали і сприяють переміщенню продуктів розкладання в нижні шари ґрунту.

Гуміни являють собою комплекс гумінових речовин з меншим вмістом вуглецю і складаються з тих же гумінових і фульвокислот, високо полімеризованих, ущільнених і більш тісно пов'язаних між собою. Склад перегною і співвідношення гумінових і фульвокислот у різних ґрунтах неоднаковий. Склад перегною в значній мірі визначається складом вищих рослин, залишки яких становлять основу його утворення; а також співвідношенням груп мікроорганізмів, особливостями зволоження і розпаду органічної речовини, а в оброблюваних ґрунтах – способами обробки і добривом ґрунту, сівозмінами.

Гумус відіграє важливу роль у процесах, що відбуваються в ґрунтах. Він покращує її хімічні, фізико-хімічні та біологічні властивості. Свіжий ґрунтового перегній насичує грудочки ґрунту, склеює їх, а кальцій і магній цементує, сприяючи утворенню міцної, агрономічно цінної структури. Повільно розкладаючись, гумус є джерелом зольних елементів і азоту для рослин, а вбираючи розчинні елементи живлення (калій, фосфор), запобігає їх вимивання.

Фактори ґрунтоутворення, зовнішні умови значною мірою впливають на накопичення, особливості утворення органічних залишків і склад гумусу. Вирішальну роль у цьому мають рослинність і відповідна їй мікрофлора ґрунту, яка розкладає залишки цієї рослинності. Наприклад, деревний опад хвойних лісів повільно розкладається переважно грибною мікрофлорою ґрунту, внаслідок чого утворюється гумус з вмістом великої кількості фульвокислот. Вони розчиняють мінеральні речовини верхнього шару ґрунту, і ґрунтоутворюючий процес йде за типом підзолювання. Цьому сприяють підвищена кислотність материнської породи (морена, моренні відкладення), достатня кількість опадів.

У ґрунтах, покритих трав'яною рослинністю, особливості та хімічний склад відмерлих залишків інші. Розкладаються вони переважно бактеріями, внаслідок чого утворюється більше малорозчинних гумінових кислот, які вступають у з'єднання з кальцієм, магнієм і іншими катіонами ґрунту, закріплюють у гумусі поживні речовини. Це сприяє утворенню кращої структури та інших сприятливих фізичних властивостей ґрунту.

Незначне проникнення опадів у глибокі шари ґрунту, утримання в материнській породі карбонатів кальцію і магнію сприяють накопиченню в ній значних кількостей гумусу. В таких умовах утворилися чорноземи і лугово-чорноземні ґрунти, вміст гумусу в яких складає 5–6 %, а в окремих випадках – 10–12 %.

Різні типи ґрунтів містять неоднакову кількість гумусу. Бідні на гумус підзолисті і дерново-підзолисті ґрунти Полісся містять від 0,5 до 2 %, сірі лісові ґрунти лісостепу – 1,5–3,0 %. У чорноземах лісостепової та степової зон України від 3 до 6 % гумусу, а в чорноземах Сибіру його накопичується до 10–12 %. Торф'яні ґрунти, в яких залишки водної та болотної рослинності розкладаються без доступу повітря, містять 80–90 % органічної речовини.

Гумус ґрунту необхідно не тільки зберігати, але і піклуватися про збільшення його змісту та підвищення якості. З цією метою вносять в ґрунт, перегній, торф, компости, висівають багаторічні трави, люпин і т.п. Внесення достатньої кількості мінеральних добрив і окультурення сприяють розвитку мікрофлори в ґрунті, що, в свою чергу, посилює процеси утворення гумусу з переважанням в ньому гумінових кислот. Протиерозійна і безвідвальна обробка ґрунту запобігає розкладанню і сприяє накопиченню гумусу.

Гумусові речовини, які утворюються в ґрунті, активно беруть участь у процесах ґрунтоутворення. Гумус відіграє головну роль у формуванні профілю ґрунту. У сприятливих для росту рослин умовах формується добре виражений темно фарбований гумусовий горизонт. Гумус склеює ґрунтові частинки в агрегати (грудочки), сприяючи створенню агрономічно цінної структури і сприятливих для життя рослин фізичних властивостей ґрунту. В гумусі містяться основні елементи живлення рослин (N, P, K, S, Ca, Mg) і різні мікроелементи. Ці елементи у процесі поступової мінералізації гумусових речовин стають доступними для рослин.

Гумусові речовини ґрунту служать їжею для гетеротрофних ґрунтових мікроорганізмів. Від вмісту гумусу в ґрунті залежить інтенсивність біологічних

і біохімічних процесів, що обумовлюють накопичення поживних речовин, необхідних рослинам. Ґрунтовий гумус надає ґрунту темне забарвлення і сприяє поглинанню сонячної енергії. Багаті гумусом ґрунти більш теплі, в них створюються сприятливі умови для росту і розвитку культурних рослин, а також для ґрунтових мікроорганізмів. Ґрунти з низьким вмістом гумусу відрізняються безструктурністю, поганими водними, повітряними і тепловими властивостями. Ґрунти, багаті гумусом, характеризуються більшою поглинаючою здатністю, кращими водними і фізичними властивостями. В цьому відношенні особлива роль належить гуміновим кислотам, які утворюють з катіонами кальцію і магнію стійкі сполуки, оберігають ці елементи від вимивання.

6.4. Організми, їх роль у ґрунтоутворенні, взаємодія з компонентами ґрунтового зростання

У ґрунтоутворенні беруть участь три групи організмів – зелені рослини, мікроорганізми та тварини, що утворюють на суші складні біоценози. При спільному впливі організмів у процесі їх життєдіяльності, а також за рахунок продуктів життєдіяльності здійснюються найважливіші ланки ґрунтоутворення – синтез та руйнування органічної речовини, виборча концентрація біологічно важливих елементів, руйнування та новоутворення мінералів, міграція та акумуляція речовин та інші явища, що становлять сутність визначальних формувальних головних якостей ґрунту – родючості. Водночас функції кожної з цих груп як ґрунтоутворювачів різні.

Зелені рослини. На суші щорічно утворюється $5,3 \cdot 10^{10}$ т біомаси, що синтезується зеленими рослинами за рахунок CO_2 атмосфери, сонячної енергії, води та мінеральних сполук, що надходять із ґрунту. Частина цієї біомаси у вигляді кореневих залишків та наземного опаду щорічно повертається у ґрунт. Зелені рослини таким чином є єдиним першоджерелом органічних речовин у ґрунті, і основною функцією їх як ґрунтоутворювачів слід вважати біологічний кругообіг речовин – надходження з ґрунту елементів живлення та води, синтез органічної маси та повернення її у ґрунт після завершення життєвого циклу. Наслідком біологічного кругообігу є акумуляція потенційної енергії та елементів азотного та зольного живлення рослин у верхній частині ґрунту, що зумовлює поступовий розвиток ґрунтового профілю та основної властивості ґрунту – його родючості. Зелені рослини беруть участь у трансформації мінералів ґрунту – руйнуванні одних та синтезі нових, у формуванні додавання та структури всієї частини профілю, яка насичена коріннями рослин, а також у регулюванні водно-повітряного та теплового режимів. Характер участі зелених рослин у ґрунтоутворенні різний залежно від типу рослинності та інтенсивності біологічного круговороту.

Усі живі організми Землі взаємопов'язані в біологічні ценози і біологічні формації, тому ми можемо розкрити взаємодію перелічених вище процесів та визначити їхню взаємодію та роль в основних процесах ґрунтоутворення. Основи вчення про рослинні формації з погляду ґрунтознавства були розроблені

В.Р. Вільямсом. В якості основних критеріїв для поділу рослинних формацій В.Р. Вільямсом прийнято склад рослинних угруповань, особливості надходження в ґрунт органічної речовини та характер її розкладання під впливом мікроорганізмів та при різному співвідношенні аеробних та анаеробних процесів. Він докладно розглянув ці процеси у дерев'янистій та трав'янистій формаціях помірного поясу.

В даний час при вивченні ролі рослинних ценозів у ґрунтоутворенні враховується ще характер та інтенсивність біологічного кругообіг речовин, а також біологічний режим, маючи на увазі терміни та темпи надходження органічної речовини в ґрунт у річному циклі. Все це дозволяє дещо розширити вчення про рослинні формації з точки зору ґрунтознавства і дати більш дрібний їх поділ. При ґрунтових обстеженнях і узагальненнях розрізняють: у групі *дерев'яних форм* – тайгові ліси, широколистяні ліси, вологі субтропічні ліси і вологі тропічні, так звані дощові ліси; у групі перехідних *дерев'яних статевих формацій* – ксерофітні ліси (включаючи чагарникові ценози – маквіс, шибляк та ін.), савани; у групі *трав'яних сформованих форм* – суходолові та заболочені луки, трав'янисті прерії, степи помірного поясу, субтропічні чагарникові степи.

Крім того, особливо виділяються пустельні формації (суббореальна з літнім циклом вегетації, субтропічна із зимовим циклом вегетації та тропічна та *лишайниково-мохові формації* (тундри, верхові болота).

Кожна з названих рослинних формацій характеризується своїми особливостями у складі органічної речовини, у надходженні їх у ґрунт, у процесах розкладання органічної речовини та у взаємодії продуктів розпаду з мінеральною масою ґрунту.

Лісова рослинність, загальна маса якої на поверхні суші становить 10^{11} – 10^{12} т, утворює складний багатоярусний біоценоз з деревних, чагарникових, трав'янистих і мохово-лишайникових формацій з потужною системою великого коріння, що глибоко проникає в товщу ґрунту. Лісова рослинність завжди багаторічна, завдяки чому її залишки надходять переважно на поверхню ґрунту у вигляді наземного опаду. Процеси трансформації цих залишків протікають на поверхні ґрунту, де формується лісова підстилка, і в мінеральну товщу її надходять водорозчинні продукти розкладання. Особливістю біологічного кругообігу в лісі є тривала консервація значної кількості азоту та зольних елементів живлення рослин у багаторічній біомасі та виключення їх із щорічного біологічного круговороту. Під покривом лісу зменшується фізичне випаровування води з поверхні ґрунту, панують низхідні струми вологи, що зумовлюють вилугування пептизованих і водорозчинних продуктів ґрунтоутворення з ґрунтового профілю. У різних природних умовах формуються різні типи лісу, що і визначає відмінності в характері ґрунтоутворювального процесу формування різних ґрунтів.

Трав'яниста рослинність по сумарній біомасі займає друге місце на суші, становлячи величину порядку 10^{10} – 10^{11} т, причому в різних природних умовах загальна біомаса трав'янистих ценозів коливається: від 40–50 ц в пустелях і арктичних тундрах. Трав'яниста рослинність утворює в ґрунті густу мережу

тонкого коріння, що переплітає всю верхню частину ґрунтового профілю, біомаса яких зазвичай перевищує наземну частину. Остання відчужується людиною, стравлюється тваринами, внаслідок чого основним джерелом органічних речовин у ґрунті під трав'янистою рослинністю є коріння. Трав'яниста рослинність багата азотом та елементами зольного харчування, які щорічно повертаються у верхню частину ґрунтового профілю, зумовлюючи їх акумуляцію та інтенсивний біологічний кругообіг речовин. Процеси трансформації цих рослинних залишків протікають у товщі ґрунту. Кореневі системи та продукти їх гуміфікації оструктурюють верхню, насичену коріннями рослин, частину профілю, в якій поступово формується гумусовий горизонт, багатий на елементи живлення. Інтенсивність цих процесів визначається природними умовами, оскільки в залежності від типу трав'янистих формацій кількість біомаси, що утворюється, і інтенсивність біологічного круговороту різні. Тому в різних природних умовах під трав'янистою рослинністю утворюються різні ґрунти.

Дуже своєрідна роль мохово-лишайникової рослинності у ґрунтоутворенні. Вона доставляє щорічно обмежену кількість біомаси тільки на поверхню ґрунту (3–5 т на 1 га), але мала інтенсивність біологічного круговороту і висока вологоємність мохів є причиною консервації рослинних залишків, що відмирають, які при достатній або надмірній вологості перетворюються на величезну масу торфу, а в у разі постійного висушення легко розвіюються вітром.

На орних угіддях формується агроценоз, характер якого та його біологічна продуктивність визначаються видами сільськогосподарських культур та агротехнічними та агроеліоративними заходами (внесення добрив, обробіток ґрунту, вапнування, гіпсування, зрошення, осушення тощо). Агроценоз суттєво відрізняється від природних біоценозів за інтенсивністю біологічного круговороту та впливу на багато складових ґрунтоутворювального процесу, внаслідок чого природний хід ґрунтоутворення змінюється культурним ґрунтоутворювальним процесом. Особливо істотна роль багаторічних трав, які беруть активну участь у формуванні агрономічно цінної структури, покращують додавання, поживний та водно-повітряний режими орного ґрунту.

Мікроорганізми. У ґрунті розвиваються бактерії, гриби, актиноміцети та водорості, що входять до складу лісових та трав'янистих біоценозів. Загальна кількість мікроорганізмів у ґрунті обчислюється мільйонами та мільярдами в 1 га. Їх кількість мінімальна у ґрунтах північних широт (підзолисті) та максимально у чорноземах та сіроземах, що формуються під трав'янистою рослинністю. Найбільший вміст мікроорганізмів приурочено до верхніх горизонтів ґрунту, з глибиною їхня кількість зменшується. Характерна нерівномірність розподілу мікроорганізмів у масі ґрунту: максимальна кількість їх зосереджена біля живих корінців і поверхні мертвих рослинних залишків. Ця плівка, збагачена мікроорганізмами, називається ризосферою.

Загальна маса мікроорганізмів у ґрунті невелика і становить 7–10 т на 1 га, що при середньому вмісті води близько 70–80 % складе не більше 2 т сухої

речовини. Для правильної оцінки ролі мікроорганізмів як ґрунтоутворювальний слід пам'ятати про те, що чисельність мікроорганізмів надзвичайно мінлива протягом одного року внаслідок генерацій, що багато разів повторюються.

Основними функціями мікроорганізмів як ґрунтоутворювачів є розкладання рослинних залишків та ґрунтового гумусу до простих солей, що використовуються рослинами, участь в утворенні гумусових речовин, у руйнуванні та новоутворенні ґрунтових мінералів. Важливе значення також має здатність деяких груп мікроорганізмів до фіксації атмосферного азоту. Ці процеси здійснюються за участю ферментів, частина яких виділяється у зовнішнє по відношенню до клітини мікроорганізму середовище (екзоферменти), частина ферментів працює всередині живої клітини, здійснюючи різноманітні реакції синтезу мікробної плазми. Основними групами ферментів є гідролази, що каталізують реакції гідролітичного розщеплення білків, вуглеводів, ліпідів, смол, лігніну, дубильних речовин до відносно простих органічних сполук, і оксидоредуктази (окислювально-відновні ферменти), що каталізують процеси окислення та відновлення органічних сполук. Інтенсивність життєдіяльності мікроорганізмів регулюється гідротермічними умовами, реакцією середовища, кількістю та складом поживних речовин. Для більшості мікроорганізмів оптимальні температура 25–35 °С і вологість близько 60 % повної вологоємності ґрунту.

Бактерії - найпоширеніша група мікроорганізмів у ґрунті. Їхня кількість залежно від типу ґрунту коливається від 300 до 3000 млн. в 1 га. Залежно від способу харчування вони поділяються на гетеротрофні та автотрофні.

Гетерофонні бактерії здійснюють один з найголовніших для кожного ґрунту процесів-розкладання органічних залишків до простих мінеральних сполук, яке розвивається в залежності від характеру повітряного режиму в аеробних або анаеробних умовах. Аеробні бактерії здійснюють окислення білків, жирів, вуглеводів та інших складних органічних сполук, що є компонентами мертвих рослинних та мікробних залишків до аміаку, води та вуглекислого газу. Серед аеробних гетеротрофних бактерій у ґрунті широко поширені як спороутворюючі (*Bac. mycoides*, *Bac. Subtilis* та ін), так і не утворюють спор (*Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas pyaуanaea* та ін.).

Анаеробні бактерії викликають процеси гниття компонентів рослинних та мікробних клітин також до простих, але недоокислених, органічних, а потім мінеральних сполук.

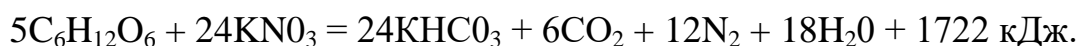
Для створення сприятливих умов харчування зелених рослин суттєвим є процес амоніфікації-розкладання білкових сполук до аміаку: Білок ->- амінокислоти ->- NH^{3+} органічні безазотисті сполуки. Амоніфікація (дезамінування білків) здійснюється як аеробними, і анаеробними гетеротрофами. Розрізняють окислювальну, гідролітичну, відновлювальну амоніфікацію, в результаті яких у ґрунті поряд з аміаком утворюються різні органічні кислоти та спирти. Анаеробні гетеротрофні бактерії спричиняють різні типи бродіння вуглеводів, а також вкрай несприятливі процеси денітрифікації та десульффікації.

Найбільш широко у ґрунтах поширене маслянокисле бродіння різних вуглеводів (клітковини, геміцелюлоз, пектинових речовин), при якому відбувається розщеплення вуглеводів на масляну кислоту, вуглекислоту та водень за сумарним рівнянням:



Цей процес здійснюють різні види *Clostridium*. Пектинові речовини зброджує *Clostridium pectinovorum*. Головним представником анаеробних бактерій, що розкладають целюлозу, є *Clostridium Omelianskii*. За високих температур розкладання клітковини викликають спеціальні термофільні бактерії *Clostridium cellulosaе dissolvens*.

Денітрифікація – відновлення нітратів до молекулярного азоту, здійснюється групою анаеробних гетеротрофів, що використовують для харчування вуглеводи (глюкозу):



Основними денітрифікаторами в ґрунті є *Pseudomonas fluorescens*, *Micrococcus denitrificans* та ін. Цей процес призводить до значних втрат азоту в ґрунтах із поганою аерацією.

Десульфифікація, збудником якої є анаеробні бактерії роду *Desulfovibrio*: *Desulfovibrio desulfiricans* та ін., призводить до відновлення сульфатів до сірководню, отруйного для рослин; постачальником водню служать вуглеводи, органічні кислоти, метан, причому у всіх випадках процес відновлення проходить через наступні проміжні етапи:



Автотрофні бактерії здійснюють у ґрунті процес окислення недоокислених мінеральних сполук, що утворюються у процесі діяльності гетеротрофів. Основними типами процесів є нітрифікація, сульфифікація, окиснення закисного заліза та водню.

Нітрифікація. Аміак, що утворюється в процесі амоніфікації, піддається в ґрунті подальшому окисленню і переходить спочатку в азотисту, а потім в азотну кислоту. Окислення аміачних солей до нітратів називається нітрифікацією.

Процес нітрифікації здійснюється у дві фази:

1. Аміак окислюється до азотистої кислоти:



В окисленні аміаку до азотистої кислоти беруть участь бактерії роду *Nitrosomonas*.

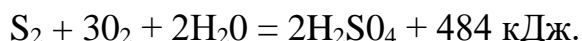
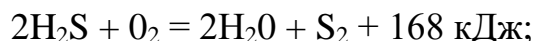
2. Азотиста кислота окислюється до азотної:



Окислюють азотисту кислоту азотну бактерії роду *Nitrobacter*. Нітрифікуючі бактерії – аероби і вимагають для свого розвитку постійного припливу кисню. Вони більш активні в ґрунтах, що добре аеруються, близьких до нейтральних, що містять велику кількість органічних сполук. Тому нітрифікація протікає інтенсивно в дерново-підзолистих ґрунтах, досить унавожених і добре оброблюваних, а також у чорноземних та каштанових ґрунтах, що мають сприятливий водний режим.

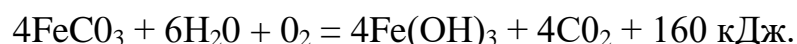
У процесі нітрифікації азотна кислота, що утворюється, з'єднуючись з основами, що знаходяться в ґрунті, дає нітрати, які використовуються рослинами в якості азотної їжі. При активній нітрифікації у ґрунті може накопичитися протягом року до 300 кг нітратів на 1 га. Нітрати ґрунту добре споживаються рослинами, але, будучи легкорозчинними у воді, можуть легко вимиватися в глибші шари ґрунту або за його межі.

Сульфофікація – це окислення сірководню, елементарної сірки та тіосполук до сірчаної кислоти. Вона здійснюється серобактеріями (найголовніші представники роду *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Thioploga* та ін.) та тіоновими бактеріями роду *Triobacillus*. Хімічна сутність сульфофікації може бути виражена рівняннями:



Енергія, що виділяється, використовується серобактеріями для засвоєння вуглецю з CO_2 і синтезу органічних речовин. Серобактерії широко поширені у ґрунті, водоймах і мають велике практичне значення. Сірчана кислота, що утворюється в результаті діяльності серобактерій, з'єднуючись з основами, що знаходяться в ґрунті, утворює сульфати, які споживаються зеленими рослинами. Крім того, H_2SO_4 сприяє перекладу важкорозчинних мінеральних солей (особливо фосфатів) в розчинні.

Окислення заліза. Перетворення солей закисного заліза на окисні відбувається за участю залізобактерій, широко поширених у водоймах та заболочених ґрунтах. Реакція окислення протікає за рівнянням:



Енергія, що виділяється, використовується залізобактеріями для асиміляції вуглецю з CO_2 і синтезу органічних речовин. Серед цих бактерій ширше представлені ниткоподібні форми (*Gallionella*, *Leptothrix*). Деякі залізобактерії

здатні окислювати також солі марганцю та утворювати залізомарганцеві конкреції.

Біологічна фіксація молекулярного азоту атмосфери. Здатністю фіксувати азот атмосфери має невелика група ґрунтових бактерій. Вони діляться на дві групи:

1) вільноживучі у ґрунті аеробні та анаеробні бактерії;

2) бульбочкові бактерії, що живуть у симбіозі з бобовими рослинами.

Найважливішим аеробним ґрунтовим організмом, що асимілює азот атмосфери, є *Azotobacter*, відкритий Бейерінком у 1901 році. Зустрічається кілька видів азотобактеру, з яких найбільш поширений *Azotobacter chroococcum*. До анаеробних бактерій, які можуть фіксувати атмосферний азот, відноситься *Clostridium pasteurianum*, відкрита С.Н. Виноградським (1893).

Гриби – сапрофітні гетеротрофні організми. Вони зустрічаються у всіх ґрунтах. Серед грибів найбільш поширені плісняві з пологів *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Rhizopus*. Ці гриби, маючи міцелій, що гілкується, густо переплітають органічні залишки в ґрунті. В аеробних умовах вони розкладають клітковину, лігнін, жири, білки та інші органічні сполуки. Гриби беруть участь у мінералізації гумусу ґрунту.

Багато ґрунтових грибів утворюють на поверхні коренів рослин мікоризу. Встановлено, що деякі зелені рослини, особливо з деревних порід, позбавлені мікоризи, розвиваються слабо або зовсім не зростають. Тому при розведенні деревних порід на нових місцях у ґрунт вносять відповідну мікоризу (шляхом збагачення мікоризною землею або застосуванням спеціальних мікоризних препаратів).

Водорості. Поширені у всіх ґрунтах, головним чином у поверхневому шарі. Містять у своїх клітинах хлорофіл. У болотних ґрунтах та на рисових полях водорості покращують аерацію, засвоюючи розчинений CO_2 і виділяючи у воду кисень. Водорості беруть активну участь у процесах вивітрювання порід та у первинному процесі ґрунтоутворення.

Лишайники складаються з гриба та водорості. Гриб забезпечує водорості водою та розчиненими в ній мінеральними речовинами, водорості ж виробляють вуглеводи, які використовує гриб. Лишайники проникають у товщу гірської породи гіфами гриба, тому в екологічному відношенні їх відносять до літофітів. Розрізняють два основних типи лишайників: епілітичні, у яких усередину породи проникають гіфи, а слоєвище розвивається на поверхні (кіркові та накипні форми), і ендолітичні, у яких у товщину породи розвиваються гіфи і слоєвище. З моменту поселення лишайників на гірських породах починається більш інтенсивне біологічне вивітрювання та первинне ґрунтоутворення.

Найпростіші. У ґрунті поряд з мікрофлорою досить поширені різні представники найпростіших тварин організмів, що позначаються загальним терміном *Protozoa*. До них відносяться джгутикові (*Flagellata*), корененіжки (*Rhizopoda*) та інфузорії (*Ciliata*). За способом харчування найпростіші переважно є гетеротрофами. Вони харчуються переважно мікроорганізмами, що населяють ґрунт (бактеріями, водоростями, спорами грибів). Серед них є

сапрофіти (джгутикові), які живляться розчиненими органічними речовинами рослинних залишків. Автотрофні зелені найпростіші мають обмежене поширення лише серед биченосців.

Найпростіші виявлені у всіх ґрунтах незалежно від типу та географічного місцезнаходження. Будучи аеробними організмами, найпростіші широко представлені у верхніх горизонтах ґрунту. У посушливі періоди, а також узимку кількість їх у ґрунті різко зменшується, при цьому вони переходять в інертний стан, у форму цист. Питання ролі найпростіших у ґрунтових процесах поки що не з'ясовано. Одні дослідники вважають, що найпростіші, винищуючи ґрунтові бактерії, шкідливо впливають на родючість ґрунту, інші відзначають, що інтенсивність мікробіологічних процесів у ґрунті в присутності *Protozoa* не тільки не послаблюється, але навіть підвищується. Можливо, що найпростіші, поїдаючи старі бактеріальні клітини, полегшують розмноження решти і призводять до появи значної частини молодших і біохімічно активних особин.

Дощові черв'яки. Серед безхребетних тварин особливо велика роль у процесах ґрунтоутворення та створення родючості ґрунту належить дощовим черв'якам. Починаючи з Ч. Дарвіна, багато вчених відзначали важливу роль дощових черв'яків у ґрунтоутворенні. Встановлено широке поширення дощових черв'яків у ґрунтах різних ґрунтів і в цілих ґрунтах. Їхня кількість коливається від сотень тисяч до кількох мільйонів на гектар ґрунту. Воно максимально у верхніх гумусових та орних горизонтах; з глибиною кількість дощових хробаків різко падає.

Діяльність дощових хробаків у процесах ґрунтоутворення дуже різноманітна. Проводячи численні ходи та норки, вони покращують фізичні властивості ґрунту: підвищують його пористість, аерацію, вологоємність та водопроникність. У ґрунтах, збагачених продуктами життєдіяльності дощових черв'яків – капролітами, значно зростає кількість гумусу, збільшується сума обмінних основ, знижується кислотність ґрунтів. Ґрунти, що містять капроліти черв'яків, мають і більш водоміцну структуру. Таким чином, дощові черви покращують не лише фізичні властивості та структуру ґрунту, а й його хімічний склад.

Комахи. У ґрунті живе значна кількість комах (жуки, мурахі та ін.), які істотно впливають на ґрунтоутворювальний процес. Проробляючи в ґрунті численні ходи, вони розпушують ґрунт і покращують його фізичні та водні властивості. Комахи, беручи активну участь у переробці рослинних залишків, збагачують ґрунт гумусом та мінеральними речовинами.

Хребетні тварини. Серед хребетних, які беруть активну участь у процесах ґрунтоутворення, найбільша роль належить гризунам. Всі гризуни риють у ґрунтовій товщі нори, перемішуючи та викидаючи на поверхню величезну кількість землі. Деякі їх утворюють у ґрунті звані кротовини – ходи, засипані масою ґрунту чи породи. На ґрунтовому профілі кротовини мають округлу форму і виділяються за забарвленням та ступенем ущільненості.

У степових районах землерої настільки сильно перемішують верхні горизонти з нижніми (карбонатними та засоленими), а також викидають нагору

грунт нижніх горизонтів, що на поверхні утворюється своєрідний мікрорельєф, особливо характерний для степу. Іноді ступінь переритості ґрунту землероями така велика, що ґрунт характеризують як переритий кротовинний чорнозем, переритий каштановий ґрунт або переритий сірозем.

Процеси гуміфікації. Вони є специфічними з точки зору новоутворень і характерні тільки для ґрунту. Рештки зелених рослин, що потрапляють в ґрунт або на його поверхню, розкладаються мікроорганізмами і використовуються ними як джерело енергії та живлення. В процесі розкладу ці рештки втрачають анатомічну будову, а речовини, які входять до їх складу, переходять в більш рухомі і прості сполуки. Одна частина цих сполук повністю мінералізується мікроорганізмами, і продукти розпаду використовуються новими поколіннями зелених рослин, а друга частина продуктів розпаду використовується гетеротрофними мікроорганізмами для синтезу вторинних білків, жирів, вуглеводів та інших речовин, які утворюють плазму нових поколінь мікроорганізмів. І на кінець, деяка частина проміжних продуктів розпаду перетворюється в специфічні складні високомолекулярні речовини – *гумусові кислоти*. Цей процес називається *гуміфікацією*, його агентами є вода, кисень, ферменти мікроорганізмів.

Активну роль в перетворенні органічних решток в гумус приймають мікро- та макроскопічні тварини, котрі перемішують з ґрунтом всю масу органічних решток і продуктів їх розкладу і гуміфікації, переробляють їх і викидають невикористану частину у вигляді екскрементів в товщу ґрунту. Особливо велика роль в цьому процесі належить *дощовим черв'якам*. Відносно природи гумусу на сучасному етапі розвитку науки ґрунтознавства існує багато різнобічних теорій і гіпотез.

Згідно з дослідженнями *М.М. Кононової* гуміфікація протікає за наступною схемою:

1. Початкові стадії процесу гуміфікації рослинних решток відбуваються при участі мікроорганізмів і супроводжується мінералізацією частки компонентів, що входять до них, до CO_2 , H_2O , NH_3 та ін.

2. Всі компоненти рослинних тканин є першоджерелами фенольних сполук (продуктів метаболізму та продуктів розпаду), амінокислот і пептидів (продуктів розпаду та ресинтезу). Ці компоненти є структурними одиницями, з яких формуються гумусові речовини.

3. Конденсація структурних елементів відбувається шляхом окислення фенолів фенолоксидазами до хінонів, які взаємодіють з амінокислотами і пептидами.

4. Остання ланка в формуванні гумусових речовин – поліконденсація (полімеризація) Інша гіпотеза гуміфікації запропонована *І.В. Тюріним* і одержала розвиток в роботах *Л.Н. Александрової*. За цією гіпотезою в процесах конденсації гумусових речовин приймають участь не прості, мономірні, а складні високомолекулярні проміжні продукти розпаду органічних речовин, які мають циклічну будову (білки, дубильні речовини, лігнін та ін.). Біохімічне окислення високомолекулярних продуктів розпаду супроводжується їх

конденсацією. В процесі окислення і конденсації різко зростає число карбоксильних груп (COOH), зберігаються і фенолгідроксильні групи (OH). Це зумовлює кислотну природу гумусових речовин, які утворилися. Загальна схема процесів гуміфікації та геохімічного обігу гумусових речовин наведена на рис. 6.2.

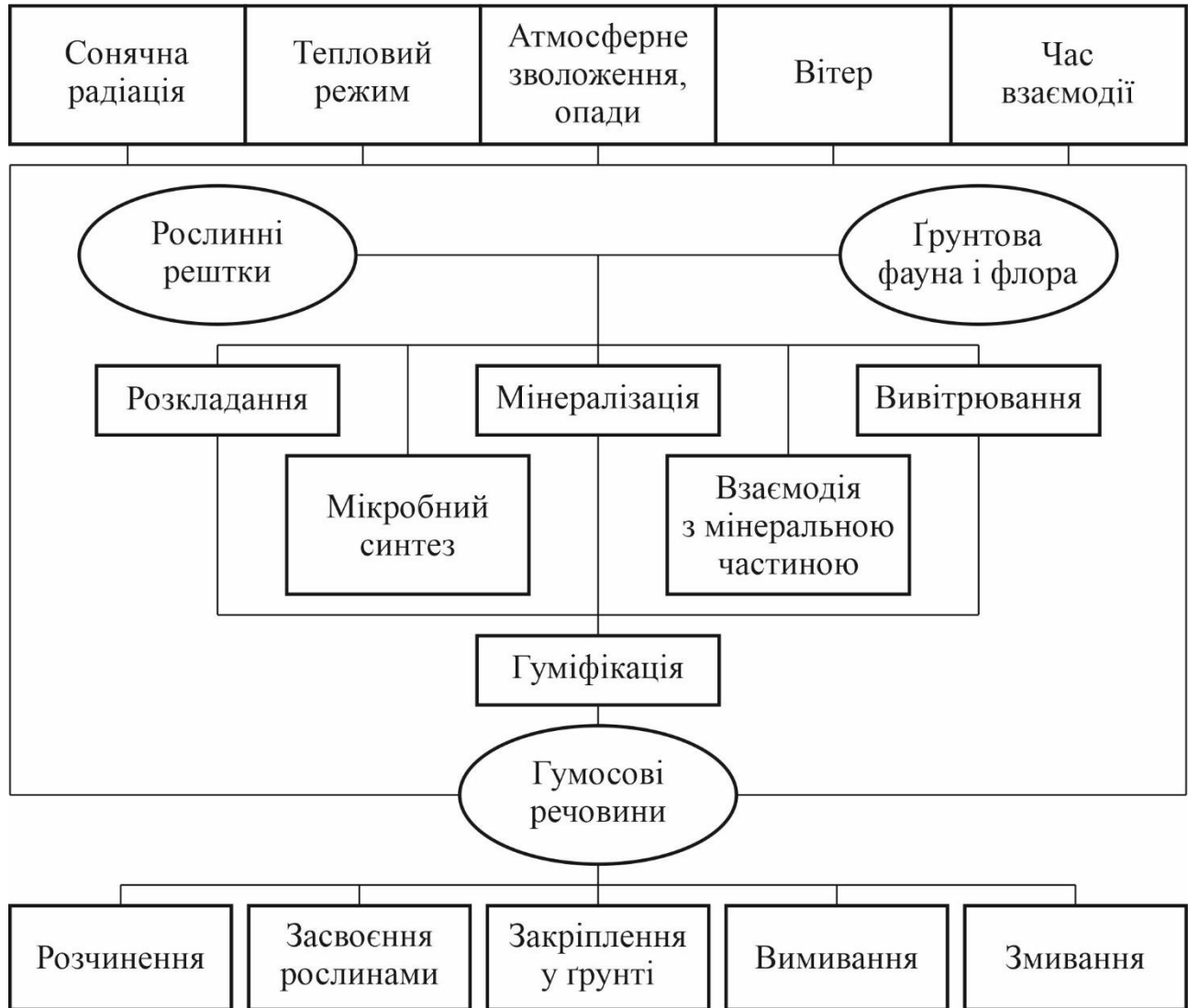


Рис. 6.2. Схема процесів гуміфікації та геохімічного обігу гумусових речовин (за В.П. Дмитренко, Н.М. Осадчою, С.А. Чернецькою)

Склад гумусу. Гумус ґрунту – складний комплекс органічних сполук, представлених двома головними групами речовин:

1) органічними сполуками індивідуальної природи, неспецифічними для ґрунтів; вони присутні в рослинних і тваринних тканинах та ін.;

Індивідуальні органічні речовини надходять в ґрунт при розкладі органічних рештків і як продукти метаболізму мікроорганізмів. Багато з них водорозчинні і вилугуюються вже на перших стадіях розкладу. Це цукор, прості органічні кислоти, розчинні поліфеноли, що входять до складу рослинних клітин. Інші звільнюються або знову утворюються в наступних стадіях розкладу.

Це численні аліфатичні кислоти, амінокислоти, протеїни, вуглеводи, фенольні сполуки, органічні фосфати.

В сумі речовини індивідуальної природи складають невелику долю від загального вмісту в ґрунті органічних речовин – не більше 15 %. Проте їх роль в ґрунтоутворенні дуже значна. Вони беруть активну участь в процесах вивітрювання мінералів, що входять до складу ґрунту і утворенні органо-мінеральних компонентів. Багато з них є добрими структуроутворювачами. Речовинам індивідуальної природи притаманна властивість фізіологічної активності. Навіть мізерна кількість деяких з них впливає на рослини, проявляючи позитивні або негативні дії на їх ріст і розвиток.

2) комплекси органічних речовин складної природи, специфічні для ґрунтів; це власне гумусові речовини.

Група специфічних гумусових речовин складає 85–90 % від загальної кількості органічних речовин в ґрунті. Гумусові речовини – це система високомолекулярних азотовмісних органічних сполук циклічної будови і кислотної природи. Маючи кислотні властивості, гумусові речовини реагують з мінеральною частиною ґрунту, утворюючи органо-мінеральні комплекси, частина яких значно стійка і добре закріплюється в ґрунтах. Гумусові речовини ґрунту – гетерогенна система полімерів різного ступеня конденсації із змінними властивостями: відносною молекулярною масою, хімічним складом, кількістю груп в бокових ланках, здатних до реакції заміщення водню на основи, ступенем розчинності, оптичними та іншими характеристиками. Загальна схема процесів гуміфікації та складу гумусових речовин наведена на рис. 6.3.

Виділяють головні типи гумусу на підставі морфологічних відмінностей, ступеня трансформації органічних речовин та їх зв'язку з мінеральною частиною ґрунту:

Мор – (*грубий гумус*) містить багато детриту (рослинні залишки, які слабо розклалися), формується при низькій біологічній активності в умовах сильноокислої і кислої реакції середовища.

Модер – представляє собою середньорозкладені рослинні залишки, формується в умовах кислої реакції середовища при середній біологічній активності, має слабе зчеплення з мінеральною частиною ґрунтів.

Мюлле – власне гумус, що складається з новостворених у ґрунті молекул гумінових і фульвокислот. Вони становлять 85-90 % органічної частини ґрунту. Формується при високій біологічній активності, в умовах слабокислої, нейтральної і лужної реакції середовища, має сильний зв'язок з мінеральною частиною ґрунту.

Анмоор – утворюється в умовах тимчасового надмірного зволоження.

Встановлено, що до складу гумусових речовин входять дві групи гумусових кислот:

1. Група жовтозабарвлених гумінових кислот, в межах якої виділяються власно гумінові кислоти (сірі), ульмінові (бурі) кислоти і розчинні в спирті гіматомеланові кислоти.

2. Група щільнозабарвлених фульвокислот.

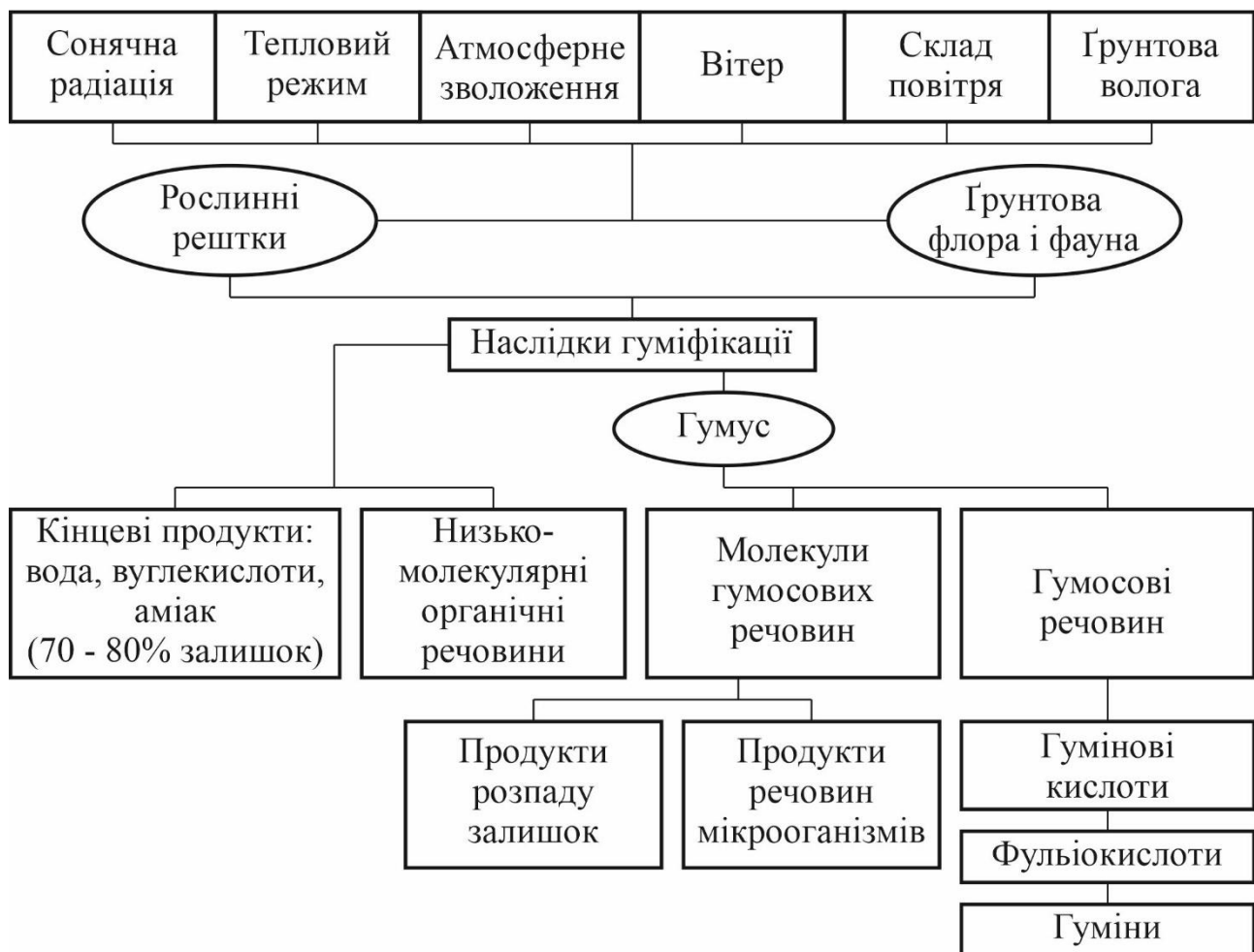


Рис. 6.3. Схема наслідків гуміфікації та складу гумусових речовин (за В.П. Дмитренко, Н.М. Осадчою, С.А. Чернецькою)

Гуміни – комплекси гумінових і фульвокислот, які міцно зв’язані з мінеральною алюмосилікатною частиною ґрунту. Проте, не всі дослідники гумусового стану ґрунту виділяють цю групу. Більшість із них виділяють їх як особливу групу під назвою «негідролізованих» або «нерозчинних» решток.

Гумусові кислоти (ГК) утворюються в аеробних умовах; вони розчинні в їдких лугах і водних розчинах аміаку, але нерозчинні у воді і кислотах, мають темне забарвлення. З них складається основна частина перегнійних речовин степових ґрунтів – чорноземів. Елементарний склад гумінових кислот дещо варіює в різних ґрунтах: 52–62 % вуглецю, 31–39 % кисню, 2,6–5,1 % азоту; 2,5–5,8 % водню (табл. 6.2). Крім того, в них знаходиться до 10 % зольних елементів – кремнію, фосфору, сірки, заліза, кальцію, калію та ін. Основу молекули ГК утворює ароматичне ядро, сформоване ароматичними і гетероциклічними кільцями типу бензолу, фурапіридину, нафталіну, антрацену, індолу, хіноліну. Ароматичні кільця з’єднані між собою в рихлу сітку. Бічні периферичні структури молекули – аліфатичні ланцюги.

Таблиця 6.2 – Елементарний склад гумінових (ГК) та фульвокислот (ФК) (за Л.М. Александровою)

Елемент	ГК, %	ФК, %
С	50–62	30–52
О	31–40	40–48
N	2–5 мало доступний	2–5 більш доступний
Н	3–5	3–5
Зольні речовини	1–5	–

Ядро молекули ГК відрізняється гідрофобними властивостями, бічні ланцюги – гідрофільними. Характерними особливостями гумінових кислот є їх полідисперсність (різноманітність величин частинок) та гетерогенність (неоднорідність) за деталями їх будови.

В зв'язку з цими особливостями постає дуже складне питання відносно молекулярної маси гумінових кислот. Визначення її проводилось різнорманітними методами (дифузним, електронно-графічним, кріоскопічним), шляхом обліку функціональних груп та ін. Одержані величини, котрі Шиффер і Ульріх (1960) називають величинами часткової маси, також надзвичайно різнорманітні, вони коливаються (за даними різних авторів) від 400 до 30000. Очевидно, необхідно розрізняти масу молекул, масу міцел та агрегатів міцел. За Шиффером і Ульріхом найменші структурні одиниці мають масу 600–900, а для максимально диспергованих спиртових розчинів гумітів маса міцел повинна бути прийнята між 1000 і 3000. Більші величини маси (5000–30000) відносяться, очевидно, до частинок, які складаються з багатьох міцел, і залежать від ступеня агрегації.

Солі гумінових кислот одновалентних основ (Li, Na, NH₄, K) розчинні у воді, утворюють темнозабарвлені золі. Вільні гумінові кислоти та їх солі з двох і трьохвалентними катіонами нерозчинні і знаходяться в стані гелів. В ґрунтах, в яких гумінові кислоти в основному зв'язані з Са і Mg і, дякуючи цьому, вони нездатні переміщатися в ґрунтового профілі, накопичуючись в місцях їх утворення.

Гумінові кислоти являють найбільш цінну частину гумусу: їм притаманна велика вбирна здатність по відношенню до катіонів (250–500 мг-екв/100 г у нейтральному середовищі і 600–700 мг-екв/100 г – у лужному) і відіграють важливу роль у створенні агрономічно-цінної *структури*. Велике значення *гумінових кислот як запасного фонду* поживних речовин для рослин, і перш за все, азоту.

Фульвокислоти (ФК) в порівнянні з гуміновими кислотами вміщують менший відсоток вуглецю і азоту, і більш високий – водню і кисню. Елементарний склад фульвокислот варіює в межах: вуглецю – 40–52 %, водню – 4–6 %; кисню – 40–48 %; азоту – 2–6 %. Молекулярна маса ФК коливається від 4000 до 15000. За В.В. Пономарьовою, у складі ФК вуглецю – 45,3 %, водню – 5 %, кисню – 47,3 %, азоту – 2,4 %. При порівнянні з елементним складом ГК, фульвокислоти містять менше вуглецю та азоту, а кисню більше.

Фульвокислоти слід розглядати як хімічно найменш «зрілі» гумінові з'єднання. Між ГК та ФК існує тісний зв'язок. Як ті, так і інші дуже неоднорідні і представлені численними фракціями. Фульвокислоти добре розчинні у воді; їхні водні розчини мають сильно кислу реакцію ($\text{pH} = 2,6\text{--}2,8$), тому їм притаманна велика агресивність відносно первинних і вторинних мінералів, які вони легко руйнують.

При обмінних реакціях водню карбоксильних (COOH) і фенол гідроксильних (OH) груп фульвокислот на основи утворюються різні солі – фульвати. Фульвати натрію, калію, амонію, а також кальцію і магнію добре розчинні у воді, тому в ґрунтах не накопичуються.

З гідроксидами заліза і алюмінію фульвокислоти утворюють комплексні сполуки, що переходять у колоїдні розчини при надлишку в розчині фульвокислот, які створюють сильноокисле середовище. В менш кислому середовищі вони випадають в осад.

Поряд з ГК і ФК в груповому складі гумусу виділяють негідролізований залишок, який раніше називали гуміном. Сучасні дослідження показали, що гумін представляє собою суміш гумінових і фульвокислот, дуже міцно зв'язаних з мінеральною частиною ґрунту, переважно глинистими мінералами, особливо з мінералами групи монтморилоніту, кристалічна гратка (решітка) яких має властивість розширюватися і створювати умови для вільного проникнення в між пакетні простори обмінних основ. Гуміни – найбільш інертна частина ґрунтового гумусу, яка не витягується з ґрунту при звичайному обробітку її лужними розчинами. За своїм складом гуміни близькі до ГК. Разом з тим фракція гумінових речовин міцніше пов'язана з мінеральною частиною ґрунту, що значно змінює її властивості.

Гумусоутворення включає наступні процеси формування й еволюції органопрофілю ґрунтів:

- 1) розкладання свіжих органічних речовин, мінералізація і гуміфікація, утворення гумусових речовин,
- 2) мінералізація гумусових речовин, взаємодія органічних речовин з мінеральною частиною ґрунту, міграція та акумуляція органо-мінеральних сполук.

6.5. Вплив факторів ґрунтоутворення на гумусонакопичення

В різних природних умовах характер і швидкість утворення та накопичення гумусу неоднакові і залежать від цілого ряду взаємопов'язаних факторів ґрунтоутворення. Найважливішими з них є водно-повітряний та тепловий режими ґрунтів, склад і характер надходження рослинних решток, видовий склад та інтенсивність життєдіяльності мікроорганізмів, гранулометричний склад і фізико-хімічні властивості ґрунту.

Залежно від водно-повітряного режиму гумусоутворення протікає в аеробних або в анаеробних умовах. В аеробних умовах при достатній кількості вологи (60–80 % повної вологом'єсткості, а також при сприятливій температурі

(25–30 °C) органічні рештки інтенсивно розкладаються. В цих же умовах енергійно йде мінералізація як проміжних продуктів розкладання, так і гумусових речовин. В ґрунті накопичується мало гумусу, але багато елементів зольного і азотного живлення рослин (наприклад, в сіроземах та інших ґрунтах субтропіків). При постійній і різкій нестачі вологи в ґрунті накопичується мало рослинних решток, процеси розкладення та гуміфікації уповільнюється і гумусу також накопичується мало.

При постійному надлишку вологи, а також низьких температурах процеси гуміфікації уповільнюються. При перезволожені органічні рештки розкладаються анаеробними бактеріями; в складі проміжних продуктів розкладення утворюються низькомолекулярні органічні кислоти і відповідні газоподібні продукти (метан CH_4), водень (H_2), які пригнічують життєдіяльність мікроорганізмів. Процес розкладення поступово затухає, гуміфікація йде слабо, а органічні рештки перетворюються в торф. Для накопичення гумусу найбільш сприятливим є поєднання в ґрунті оптимального гідротермічного і водно-повітряного режимів і деяке висушування ґрунту, яке періодично повторюється. В цих умовах відбувається поступове розкладення органічних решток, достатньо енергійна гуміфікація і закріплення гумусових речовин мінеральною частиною ґрунту.

Великий вплив на направлення та швидкість гумусоутворення мають хімічний склад органічних решток і характер їх надходження в ґрунт. Рештки трав'янистих рослин, особливо бобових, багатих білками, вуглеводами і зольними елементами, розкладаються в ґрунті в присутності значної кількості основ, і перш за все кальцію. В таких умовах утворюється «м'який», або гумус-мул, який рівномірно просочує мінеральну частину ґрунту. Муловий гумус виникає в ґрунтах під листям або змішаними лісами з інтенсивною діяльністю ґрунтової фауни. Численні комахи та дощові черв'яки переміщують листяний опад з мінеральною частиною ґрунту і створюють для його гуміфікації сприятливі умови – розкладання безпосередньо в товщі ґрунту. Рештки дерев'янистої рослинності, бідні білками і зольними елементами, збагаченні лігніном, воском і смолами (хвоя, деревина), надходять переважно на поверхню ґрунту у вигляді наземного опаду, розкладаються в умовах промивання наскрізь атмосферними опадами. Підстилка розкладається при участі грибів з утворенням великої кількості органічних кислот, нейтралізація яких утруднена внаслідок інтенсивного вилуговування основ. Кисла реакція пригнічує розвиток гумусоутворення і на поверхні ґрунту формується «грубий» гумус (модер-гумус), в складі якого багато напіврозкладених речовин.

На гумусоутворення великий вплив чинить видовий склад мікроорганізмів ґрунту та інтенсивність їх життєдіяльності. Північні підзолисті ґрунти характеризуються найменшим вмістом мікроорганізмів з низькою життєдіяльністю. На південь чисельність мікроорганізмів в ґрунті збільшується, їх видовий склад стає більш різноманітним, життєдіяльність різко зростає.

Не меншого значення в утворенні гумусу має гранулометричний склад ґрунту. В піщаних і супіщаних ґрунтах утворюється добра аерація, вони швидко

прогриваються. В цих ґрунтах розкладення органічних речовин прискорюється, значна частина їх повністю мінералізується, а гумусові речовини, що утворилися, погано закріплюються на поверхні високодисперсних мінеральних частинок і знову мінералізуються.

В глинистих та суглинкових ґрунтах процес розкладення органічних решток при інших рівних умовах уповільнюється, гумусових речовин утворюється більше, вони добре закріплюються на поверхні високодисперсних мінеральних частинок і поступово накопичуються в ґрунті. Зі зменшенням глинистості в ряду важкоглинистих, середньо- та легкосуглинкових та інших різновидах навіть однотипних ґрунтів (вилугуваних, звичайних) за даними Б.П. Ахитирцева запаси гумусу зменшуються, зростає відношення Сгк:Сфк до мінімальних величин в супіщаних чорноземах вилужених і звичайних (до 1,4–1,2 в гумусових горизонтах; 1,1–0,8 – в перехідних) при збереженні високого ступеню гуміфікації органічних речовин.

Хімічний і мінералогічний склад ґрунту визначає кількість поживних речовин, необхідних для мікроорганізмів, реакцію середовища, в якій проходять процеси гуміфікації і умови закріплення гумусових речовин в ґрунті. Особливо велику роль в закріпленні гумусових речовин в ґрунті відіграє кальцій, так як ґрунти насичені ним, мають нейтральну реакцію, яка сприятлива для мікроорганізмів. Гумінові кислоти утворюють з кальцієм нерозчинні у воді солі – гумати кальцію. Підсилюють закріплення гумусу в ґрунті глинисті мінерали типу монтморилоніту та вермикуліту.

Фізико-хімічні властивості визначають реакцію середовища і сорбційні властивості. Оптимальними для гуміфікації є нейтральна і близька до нейтральної реакція середовища, обумовлена підвищеною концентрацією катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+} . Така реакція оптимальна для процесів конденсації і утворення стійких орґано-мінеральних сполук.

Географічні закономірності розподілу гумусових речовин у ґрунтах. Ступінь і характер формування та накопичення гумусу в ґрунтах залежить в основному від радіаційного балансу і режиму вологості. Потужність гумусового горизонту, вміст і запаси гумусу закономірно змінюються в ґрунтах зонального ряду. Найбільше значення перерахованих показників характерно для чорноземів типових лісостепової зони. Потужність гумусового горизонту в них може досягати 1,5 м, вміст гумусу до 15 %. На північ і південь від зони поширення чорноземів типових потужність гумусового горизонту, вміст і запаси гумусу поступово знижуються до мінімальних значень. Паралельно загальному вмісту гумусу змінюється відносний вміст гумінових кислот. Найбільше їх у чорноземах. На північ і на південь від чорноземів їх вміст поступово знижується. Зміна вмісту фульвокислот менш закономірна, але в цілому протилежна вмісту гумінових кислот. Вміст нерозчинного залишку становить 30–40 % від загального вмісту гумусу і слабо варіює за типами ґрунтів. Характерним для кожного типу ґрунтів є відношення вуглецю гумінових кислот до вуглецю фульвокислот, які також найбільші у чорноземах. За цим відношенням виділяють

наступні типи ґрунтів: гуматні > 2, фульватно-гуматні 1–2, гуматно-фульватні 1–0,5, фульватні < 0,5.

У складі гумінових кислот частка вільних і зв'язаних з рухомими формами полуторних оксидів від підзолистих ґрунтів до ґрунтів аридних регіонів знижується від 90–100 % до 10 % і менше, а з кальцієм, навпаки, зростає в тому ж діапазоні. У ґрунтах вологих і змінно-вологих тропічних і субтропічних областей вміст гумусу підвищується на 3–4 % з переважанням в його складі, як правило, фульвокислот. Вміст гумусу в ґрунтах України залежить від зони розміщення, типу і механічного складу ґрунтів, особливостей ґрунтоутворних порід та кліматичних умов.

6.6. Значення гумусу у формуванні та відновлення родючості ґрунтів

Гумусові речовини, які утворюються в ґрунті, активно беруть участь у процесах ґрунтоутворення. Гумус відіграє головну роль у формуванні профілю ґрунту. У сприятливих для росту рослин умовах формується добре виражений темнофарбований гумусовий горизонт.

Гумус склеює ґрунтові частинки в агрегати (грудочки), сприяючи створенню агрономічно цінної структури і сприятливих для життя рослин фізичних властивостей ґрунту. В гумусі містяться основні елементи живлення рослин (N, P, K, S, Ca, Mg) і різні мікроелементи. Ці елементи у процесі поступової мінералізації гумусових речовин стають доступними для рослин.

Гумусові речовини ґрунту служать їжею для гетеротрофних ґрунтових мікроорганізмів. Від вмісту гумусу в ґрунті залежить інтенсивність біологічних і біохімічних процесів, що обумовлюють накопичення поживних речовин, необхідних рослинам.

ґрунтовий гумус надає ґрунту темне забарвлення і сприяє поглинанню сонячної енергії. Багаті гумусом ґрунти більш теплі, в них створюються сприятливі умови для росту і розвитку культурних рослин, а також для ґрунтових мікроорганізмів. ґрунти з низьким вмістом гумусу відрізняються безструктурністю, поганими водними, повітряними і тепловими властивостями.

ґрунти, багаті гумусом, характеризуються більшою поглинаючою здатністю, кращими водними і фізичними властивостями. В цьому відношенні особлива роль належить гуміновим кислотам, які утворюють з катіонами кальцію і магнію стійкі сполуки, оберігають ці елементи від вимивання.

6.7. Екологічна роль органічних речовин ґрунту

Гумусові речовини та проміжні продукти розкладення органічних решток приймають активну участь в процесах ґрунтогенезу вже на самих ранніх стадіях – біологічному вивітрюванні мінералів і руйнуванню гірських порід, що вийшли на поверхню земної кори.

Рештки органічних речовин, які потрапили в ґрунт або на його поверхню, розкладаються мікроорганізмами і використовуються ними як джерело енергії і живлення, змінюючи при цьому їх анатомічну будову і переводячи в більш мобільні і прості сполуки. В подальшому, одна частина цих сполук повністю мінералізується мікроорганізмами і продукти розпаду засвоюються новими поколіннями рослин, а інша частина продуктів розпаду використовується гетеротрофними мікроорганізмами для синтезу вторинних білків, жирів, вуглеводів та інших речовин, які утворюють плазму нових поколінь мікроорганізмів. І нарешті, деяка частина проміжних продуктів розкладення перетворюється в специфічні складні високомолекулярні речовини – гумус, роль якого в ґрунотворних процесах надзвичайно велика. Маючи в своєму елементарному складі значну кількість вуглецю, органічні речовини стали основним джерелом енергії, яка використовується мікроорганізмами і безхребетними тваринами для своєї життєдіяльності.

Енергія органічних решток, які надходять у ґрунт досить велика – біля 17–21 кДж на 1 г сухої речовини, а для гумусових кислот вона відповідно складає 18–22 кДж на 1 г. Це означає, що ґрунт із середнім вмістом гумусу 4–6 % або 200–400 т/га накопичує на 1 га кількість енергії, адекватну 20–30 т антрациту (антрацит – викопне кам'яне вугілля, що має високу теплотворну здатність; при вмісті вуглецю 93,5–97 %, згоряючи виділяє 34–35 кДж/г енергії).

Гумусові речовини містять у своєму складі азот і ряд зольних елементів (Са, К, Р, S та інші), які мають важливе значення в мінеральному живленні рослин. При мінералізації гумусу ці елементи звільнюються і стають доступними рослинам. Таким чином, гумус є запасним фондом поживних речовин.

Гумусові речовини, дякуючи наявності функціональних груп: карбоксильних (COOH), фенолгідроксильних (OH), метаксильних (OCH₂), карбонильних (CO), мають велику вбирну здатність по відношенню до катіонів. При цьому гумусові кислоти, утворюючи з Са, Mg і півтора оксидами нерухомі, стійкі сполуки, не вимиваються, а накопичуються у ґрунті.

Гумусові кислоти, маючи властивості склеювати мінеральні частинки, створюють ґрунтові агрегати, і тим самим відіграють важливу роль в формуванні структури ґрунту із сприятливими фізичними і фізико-механічними властивостями. За даними І.В. Кузнецової, підвищення вмісту гумусу в дерново-підзолистих ґрунтах з 2,5–3 до 5–6 % призводить до збільшення водотривких агрегатів в орному шарі до 50 %, загальної пористості до 55–60 %, найменшої вологомісткості до 43–44 %, діапазону активної вологи до 20–25 %. Особливо помітні зміни відбуваються в ґрунтах з дещо заниженим вмістом гумусу. За даними Н.Ф. Ганжари при підвищенні гумусованості (дерново-підзолистих ґрунтів в діапазоні 1,6–3,1 % і чорноземів – 3,5–5,5 %) відбувається зміна таких властивостей ґрунту як щільність твердої і об'ємної маси, ємності катіонного обміну, питомої поверхні, пористості. В найбільшому ступені змінювалась забезпеченість рослин елементами живлення.

Органічні речовини внаслідок кислотної природи сприяють процесам внутрішнього ґрунтового вивітрювання і переходу елементів, які входять до

складу мінералів, в більш рухомі форми. Органічні речовини – джерело вуглекислоти в ґрунтовому повітрі та приземних шарах атмосфери, яка приймає участь у фотосинтезі через передачу її кореневими системами в надземні органи з ґрунту і безпосередньо з приземних шарів.

Властивість органічних речовин ґрунту до сорбції катіонів запобігає їх від вимивання. Це має дуже важливе значення при внесенні у ґрунт мінеральних добрив. Органічні речовини безпосередньо стимулюють ріст рослин. Навіть невелика доза гумінових кислот (в концентрації 10^{-6} – 10^{-8} г/мл розчину) активізує розвиток корневих систем, регенерацію коріння, швидкість проростання коріння і надходження поживних речовин в рослини. Активізація пов'язана з підвищенням проникливості клітинних оболонок рослини і його ферментативної системи.

6.8. Родючість ґрунтів

Невід'ємною специфічною властивістю ґрунту як природного тіла є його родючість. Від неї залежить життя на Землі рослин і тварин, а також людини. Недивно, що ще в стародавні часи родючість ґрунту люди обожнювали як сонце, вогонь і воду: в Стародавньому Єгипті богинею родючості ґрунту була Ізіда, а в Стародавньому Римі – Прозерпіна. Про родючість ґрунтів писали трактати філософи, письменники і поети античної Греції та Риму (Аристотель, Феофраст, Лукрецій, Вергілій, Колумелла, Пліній та ін.). Робились спроби визначити джерела родючості ґрунту. Обговорювалися питання «старіння» та «виснаження» землі, давались поради, які ґрунти як краще використовувати. В XVIII столітті соціально-економічне значення родючості ґрунту стало предметом особливої уваги низки вчених економістів та соціологів.

В міру накопичення відомостей про ґрунт і розвитку природознавства та агрохімії змінювалось уявлення про те, чим обумовлена родючість ґрунту. Згідно з теорією А. Теєра основою родючості ґрунту був вміст у ньому гумусу. За цією теорією рослини використовують з ґрунту безпосередньо гумусові речовини. В середині XIX ст. Ю. Лібих розробив теорію мінерального живлення рослин, за якою родючість ґрунту зумовлювалась лише вмістом у ньому мінеральних поживних речовин. Ця теорія була, безперечно, прогресивною і стала науковою основою для виробництва і широкого застосування мінеральних добрив. Помилкою в цій теорії було те, що позитивна роль гумусу в ґрунті заперечувалася, а значення азотного живлення рослин недооцінювалось. Видатний французький вчений Ж.Б. Бусенго підкреслював велику роль достатнього азотного живлення рослин як фактора підвищення родючості ґрунту.

Питання родючості ґрунту глибоко висвітлювались у працях П.А. Костичева, який велику увагу приділив вмісту в ґрунті органічних речовин та його фізичним властивостям, зокрема структурі. В.Р. Вільямс головною ознакою родючості ґрунту визнавав лише його структурний стан, однак це положення дослідженнями не підтвердилось. Він перший поставив питання не

про відновлення, а про підвищення родючості ґрунту, запропонував травопільні сівозміни і обожнював ґрунтову структуру.

Теорія родючості ґрунту була розроблена Д.М. Прянишниковим. Беручи до уваги структуру і фізичні властивості ґрунту, він на об'єктивних наукових підставах довів, що головною ознакою, яка характеризує високородючий ґрунт, є забезпечення рослин поживними речовинами. Основними заходами підвищення родючості ґрунту, за дослідженнями Д.М. Прянишнікова, є внесення органічних і мінеральних добрив і вирощування на полях бобових культур. К.К. Гедройц, О.Н. Соколовський та інші підкреслювали роль у створенні родючості ґрунту найбільш дисперсних частинок – колоїдів.

Отже, родючість ґрунту – це здатність його забезпечувати рослини необхідною кількістю поживних речовин, води та повітря протягом вегетаційного періоду і залежно від фази їх розвитку.

Родючість ґрунту створюється у процесі ґрунтоутворення і безперервно змінюється в залежності від напряму та інтенсивності біохімічних, фізичних і фізико-хімічних процесів, які, в свою чергу, залежать від виду рослинності, кліматичних умов, агротехніки тощо.

Основними факторами, що визначають родючість кожного ґрунту, є достатній вміст вологи і поживних речовин, оптимальний тепловий і повітряний режими, структура, умови для мінералізації органічних сполук і життєдіяльності мікроорганізмів. Ознаками високородючого ґрунту є вміст у ньому доступних поживних речовин, води, повітря, а також відповідні температурні умови і відсутність шкідливих для рослин речовин.

Слід зазначити, що є деяка умовність у понятті про родючість ґрунту, оскільки вона залежить і від біологічних особливостей окремих рослин, тому ґрунт може бути більш родючий для одних і менш родючим для інших рослин. Так, якщо в ґрунті багато важкорозчинних фосфатів і, навпаки, мало розчинних, то він буде родючим для гречки і люпину і малородючим для цукрових буряків, льону та інших культур.

Фактори родючості ґрунтів У зв'язку з тим, що ознакою родючості ґрунту є величина урожаю, яка обумовлюється сукупністю властивостей здатних забезпечувати рослини всім необхідним, О.М. Грінченко зобразив їх у вигляді шестикутника, у кожному з кутів якого стоїть один із факторів, всі вони зв'язані між собою: гумус; гранулометричний склад; будова профілю і щільність; хімічний склад; водно-повітряний і температурний режими; рослинність і мікробіологічна активність (рис. 6.4).

Біологічні фактори родючості ґрунту. Вміст і склад органічної речовини ґрунту. Органічна речовина ґрунту утворюється із відмерлих залишків рослин, мікроорганізмів, ґрунтових тварин і продуктів їхньої життєдіяльності. Первинна органічна речовина, яка надійшла в ґрунт, піддається складним перетворенням, включаючи процеси розкладання, вторинного синтезу у формі мікробної плазми і гуміфікації. Поєднання названих процесів призводить до утворення у біологічно активних ґрунтах складної суміші органічних речовин, що складаються з майже нерозкладених рослинних і тваринних залишків, які

зберегли первісну структуру; проміжних продуктів розкладання органічних залишків (наприклад лігніну); власне гумусових речовин, що утворилися шляхом мікробного синтезу або остаточного походження; розчинних органічних сполук, які більш-менш швидко мінералізуються до простих мінеральних сполук (H_2O , CO_2 та ін.) або беруть участь у синтезі власне гумусових речовин.

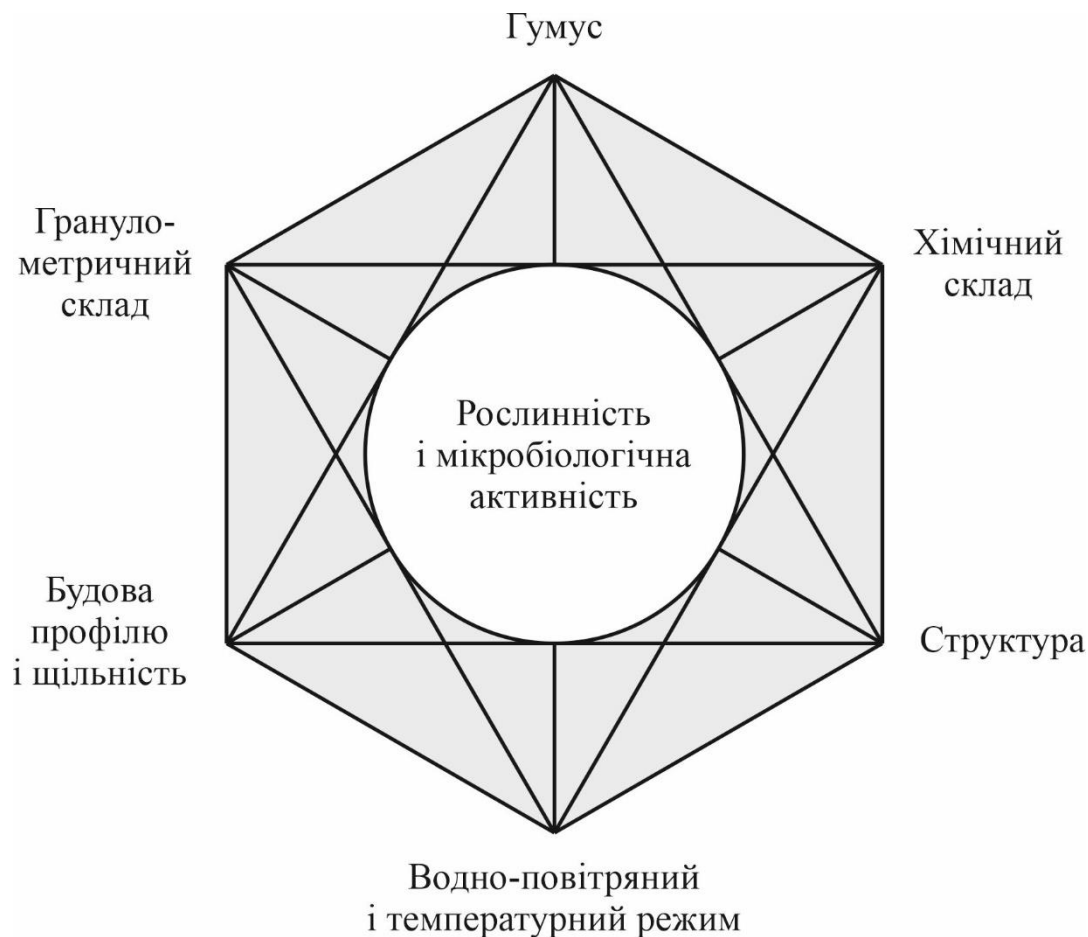


Рис. 6.4. Категорії родючості ґрунту (за О.М. Грінченком)

Органічна речовина, яка консервує енергію сонця в хімічно-зв'язаній формі, – єдине джерело енергії для розвитку ґрунту, формування його родючості. Основним джерелом первинної органічної речовини, що надходить у ґрунт під природною рослинністю, є залишки рослин.

По-перше, вони удобрюють ґрунт щорічно після збирання урожаю, в той час як всі інші види органічних добрив вносять у ґрунт періодично.

По-друге, не потрібно додаткових витрат на їх внесення.

По-третє, рослинні залишки розподіляються в ґрунті найбільш рівномірно.

У них містяться всі макро- та мікроелементи, необхідні рослинам і тваринам. На орних ґрунтах, з відчуженням більшої частини урожаю польових культур, джерелом органічної речовини служать надземні і кореневі залишки рослин, а також вносяться в ґрунт органічні добрива.

Рослинні залишки розділяють на три групи: 1 – пожнивні рештки рослин; 2 – листостеблові; 3 – кореневі. Пожнивні залишки представлені стернями злаків,

частинами стебел, листям і всіма іншими надземними частинами рослин, які залишаються в полі після збирання урожаю. Листостеблові частини рослин включають кореневища, столони картоплі, кореневі шийки конюшини, люцерни та інших трав, залишки бульб, коренеплодів, цибулин. Кореневі залишки рослин представлені залишками вирощуваної культури, що збереглися живими до моменту збирання, а також залишками, відмерлими до моменту збирання.

Розміри корневих залишків, за даними Т.І. Макарової, можуть досягати у озимої пшениці 124–480 кг/га, у вівса – 330–620 кг/га сухої речовини. Запаси гумусу за рахунок корневих залишків і корневих виділень можуть поповнитися на 130–230 кг/га. Корені рослини ще за їхнього життя активно беруть участь у ґрунтових процесах. Розгалужуючись, вони контактують з ґрунтовими частинками і тим самим сприяють рівномірному розподілу органічної речовини і утворенню структурних агрегатів. У ґрунті при вирощуванні рослин відбуваються одночасно два протилежних процеси: синтез, накопичення органічної речовини, і його руйнування. Інтенсивністю обох процесів, їх співвідношенням визначаються кінцеві результати, за якими оцінюють вплив даної культури на ґрунт. Якщо кінцевий результат позитивний, за культурою визнаються властивості поліпшувати родючість ґрунту і навпаки.

Тим часом на процес руйнування органічної речовини впливають не стільки самі культури, скільки прийоми їх обробітку. Про вплив мінеральних добрив на розвиток кореневої системи існують різні думки. Н.А. Качинський висловив припущення, що «чим сприятливіший для рослин ґрунт, тим відносно до надземних частин слабше розвинена його коренева система».

Поряд з кількістю рослинних залишків важливе значення має їх хімічний склад і швидкість розкладання у ґрунті. Так, рослинні залишки багаторічних трав містять велику кількість елементів живлення. Вміст азоту в корневих рештках багаторічних бобових трав коливається в межах 2,25–2,60 %, фосфору – 0,34–0,80 %, в поукісних залишках – відповідно 1,82–2,65 і 0,30–0,71 %. Кількість азоту і фосфору в корінні бобово-злакових травосумішей залежить від частки кожного компонента і становить 0,91–2,37 % азоту і 0,25–1,06 % фосфору, у поукісних залишках – відповідно 1,60–2,18 і 0,17–0,54 %. Злакові трави містять значно меншу кількість азоту в коренях і поукісних залишках.

На хід і швидкість розкладання впливають, по-перше, зовнішні умови середовища: вологість, температура, рН ґрунту, вміст в ньому кисню і поживних речовин і, по-друге, хімічний склад рослинних залишків.

Перетворення первинної органічної речовини в ґрунті проходить у декілька етапів.

На першому етапі відбувається хімічна взаємодія між окремими хімічними речовинами відмерлої рослини (наприклад, ароматичні сполуки клітинних оболонок можуть вступати в хімічні реакції з білками рослинних клітин), яку можна значно прискорити за рахунок біологічних і мінеральних каталізаторів.

На другому етапі відбувається механічна підготовка та перемішування з ґрунтом рослинних залишків за допомогою ґрунтової фауни. Не можна

заперечувати і певну біохімічну підготовку первинної органічної речовини домікробне розкладання при проходженні рослинної маси через шлунково-кишковий тракт ґрунтових тварин.

На третьому етапі перетворення свіжої органічної речовини в ґрунті відбувається мінералізація її за допомогою мікроорганізмів. У першу чергу мінералізуються водорозчинні органічні сполуки, а також крохмаль, пектин та білкові речовини.

Значно повільніше мінералізуються целюлоза, при розкладанні якої звільняється лігнін – сполука, досить стійка до мікробіологічного розщеплення. Кінцевими продуктами перетворень первинної органічної речовини є мінеральні продукти (CO_2 , H_2O , нітрати, фосфати, в анаеробних умовах H_2O і CH_4). Крім того, у ґрунті накопичуються як продукт метаболізму мікроорганізмів низькомолекулярні органічні кислоти (мурашина, оцтова, щавлева і ін.).

Процеси мінералізації органічної речовини в ґрунті мають екзотермічний характер. Частина продуктів біологічного розкладання первинної органічної речовини перетворюється в особливу групу високомолекулярних сполук – специфічні, власне гумусові речовини, а сам процес називають гуміфікацією.

Основна частина органічної речовини ґрунту (85–90 %) представлена специфічними високомолекулярними гумусовими сполуками. Прийнято підрозділяти специфічні гумусові речовини на три основні групи сполук: гумінові кислоти, фульвокислоти і гуміни.

Винятково важлива роль органічної речовини у формуванні ґрунту в значній мірі заснована на її здатності взаємодіяти з мінеральною частиною ґрунту. Утворені при цьому органо-мінеральні сполуки – обов'язковий комплекс будь-якого ґрунту. Внесення в ґрунт біологічно малодоступних органічних речовин, наприклад торфу, не призводить до утворення органо-мінеральних сполук.

Органічна речовина ґрунту, акумулюючи величезну кількість вуглецю, сприяє більшій стійкості кругообігу вуглецю в природі. У цьому, а також у накопиченні ще низки елементів у земній корі, полягає важлива біогеохімічна функція органічної речовини в земній корі.

Ґрунтова біота. Живі організми – обов'язковий компонент ґрунту. Кількість їх в добре окультуреному ґрунті може досягати декількох мільярдів в 1 г ґрунту, а загальна маса – до 10 т/га.

Основна їх частина – мікроорганізми. Домінуюче значення належить рослинним мікроорганізмам (бактерії, гриби, водорості, актиноміцети).

Тварини організми представлені найпростішими (джгутикові, корененіжки, інфузорії), а також хробаками. Досить широко поширені у ґрунті молюски і членистоногі (павукоподібні, комахи).

Ґрунтові організми руйнують відмерлі залишки рослин і тварин, що надходять у ґрунт. Одна частина органічної речовини мінералізується повністю, а продукти мінералізації засвоюються рослинами, інша ж переходить у форму гумусових речовин і живих тіл ґрунтових організмів.

Деякі мікроорганізми (бульбочкові і вільноживучі азотфіксуючі бактерії) засвоюють азот атмосфери і збагачують ним ґрунт. Ґрунтові організми (особливо фауна) сприяють переміщенню речовин за профілем ґрунту, ретельному перемішуванню органічної і мінеральної частини ґрунту. Найважливіша функція ґрунтових організмів – створення міцної водотривкої структури ґрунту орного шару. Остання у вирішальній мірі визначає водно-повітряний режим ґрунту, створює умови високої родючості ґрунту. Нарешті, ґрунтові організми виділяють у процесі життєдіяльності різні фізіологічно-активні сполуки, сприяють переводу одних елементів у рухому форму і, навпаки, закріпленню інших в недоступну для рослин форму.

У ґрунті, що обробляється, функції ґрунтових організмів зводяться до підтримання оптимального поживного режиму (часткове закріплення мінеральних добрив з подальшим їх звільненням з ростом і розвитком рослин), створення структури ґрунту, усунення несприятливих екологічних умов у ґрунті.

В інтенсивному землеробстві екологічні умови можуть іноді у вирішальній мірі визначати ефективну родючість ґрунту. В ній існують тісні різноманітні зв'язки між всіма ґрунтовими організмами. Причому вся ця система перебуває в стані рівноваги, яка безперервно змінюється. Одні групи мікроорганізмів пред'являють прості вимоги до їжі, інші – складні. Між одними групами існують симбіотичні (взаємокорисні) зв'язки, між іншими – антибіотичні. Мікроорганізми в останньому випадку виділяють в ґрунт речовини, які пригнічують розвиток інших мікроорганізмів.

Практичне значення має здатність деяких мікроорганізмів створювати згубну дію на представників фітопатогенної мікрофлори. Посилити активність бажаних мікроорганізмів можна шляхом внесення в ґрунт органічної речовини. У цьому випадку відзначається спалах розвитку ґрунтових сапрофітів, які, в свою чергу, стимулюють розвиток мікроорганізмів, які пригнічують фітопатогенні види.

Для нормального функціонування ґрунтових організмів необхідні перш за все енергія та поживні речовини. Для переважної більшості мікроорганізмів таке джерело енергії – органічна речовина ґрунту. Тому активність ґрунтової мікрофлори головним чином залежить від надходження або наявності в ґрунті органічної речовини.

Найбільш універсальним показником діяльності ґрунтових організмів є продукування ними вуглекислого газу. Тому облік вуглекислого газу, що виділяється ґрунтом, першорядний з інших біохімічних способів визначення біологічної активності ґрунту.

Фітосанітарний стан ґрунтів. Родючість ґрунту в значній мірі визначається фітосанітарним станом ґрунту, тобто чистотою ґрунту від бур'янів, шкідників, хвороботворних основ, а також токсичних речовин, що виділяються рослинами, різносферною мікрофлорою і продуктами розкладання.

Фітотоксичність ґрунту обумовлена накопиченням фізіологічно активних речовин, серед яких присутні фенольні сполуки, органічні кислоти, альдегіди, спирти та ін. Склад і концентрація цих речовин залежать від температури і

вологості ґрунту, від видового складу та наявності мікроорганізмів і рослин. При низьких концентраціях фітотоксичних речовин у ґрунті виявляється стимулюючий ефект, але при збільшенні їх вмісту настає сильне пригнічення росту рослин або проростання насіння.

Джерело надходження токсичних речовин у ґрунт – кореневі виділення рослин, післязбиральні рослинні залишки і продукти метаболізму мікроорганізмів. Найбільш інтенсивно фітотоксичні речовини накопичуються при обробленні на одному місці однорідних або близьких за біологією культур і при створенні в ґрунті анаеробних умов.

Коли в структурі посівних площ переважають культури з подібними біологічними особливостями, як, наприклад, зернові, в ґрунт щорічно надходить приблизно однакова за кількістю та якістю органічна маса у вигляді корневих виділень і рослинних залишків. Це призводить до зміни співвідношення основних угруповань мікробіоценозу, появи фітотоксичних форм, які постачають в ґрунт шкідливі для культурних рослин речовини. Так, при розкладі рослинних залишків зернових культур у ґрунті виявлено підвищений вміст фенольних сполук, які, перебуваючи в зоні насіння рослин, інгібують їх проростання.

Анаеробні умови сприяють утворенню токсичних речовин, тому що при цьому кореневі виділення та проміжні продукти мінералізації гумусу перетворюються в сильно відновлені сполуки, що обумовлює створення вогнищ токсичності в ґрунті. Можна вважати також, що в зоні коренів деяких рослин вибірково накопичуються певні групи мікроорганізмів, які несприятливо впливають на розвиток рослин.

Внесення мінеральних, і особливо органічних добрив, призводить до зменшення у ґрунті чисельності фітотоксичних мікроорганізмів. Але особливо сильний вплив на їх утримання надає беззмінне вирощування сільськогосподарських рослин – кількість фітотоксичних форм мікроорганізмів у ґрунті значно збільшується. Фітотоксини ґрунтових мікроорганізмів викликають зміни в хімічному складі рослин, порушують обмін речовин у них. Вони впливають на інтенсивність дихання, а також на азотний обмін рослин. Фітотоксини ґрунтових мікроорганізмів значно знижують фотосинтетичну активність рослин.

Корені рослин виділяють різні амінокислоти, вуглеводи та інші речовини. Разом з ними в ґрунт надходить більшість речовин, які беруть участь у метаболізмі клітин вищих рослин. Всі ці речовини можуть бути в тій чи іншій мірі використані мікроорганізмами як джерело живлення.

Агрофізичні фактори родючості ґрунтів

Гранулометричний склад. Розвинений ґрунт являє собою суміш механічних елементів трьох видів: мінеральних, органічних та органо- мінеральних частинок. Дисперсність цього матеріалу, хімічний та мінералогічний склад, визначають фундаментальні властивості будь-якого ґрунту, що впливають на комплекс агрономічних показників ґрунту, його родючість.

Залежно від вмісту фізичного піску і фізичної глини ґрунти можуть бути піщаними, супіщаними, суглинковими, глинами. Гранулометричний склад

грунту перш за все визначає поглинальні (сорбційні) властивості ґрунту. Тонкодисперсні частинки в силу великої абсолютної і питомої поверхні мають високу ємність поглинання. З подрібненням частинок зростає їхня гігроскопічність, вологомісткість, пластичність та інші технологічні властивості. Частинки менше 0,001 мм мають чітко виражену коагуляційну здатність. Ця здатність механічних тонкодисперсних частинок виключно важлива при структуроутворенні. Такі частинки внаслідок високої поглинаючої можливості утримують найбільшу кількість гумусових речовин.

Щільність ґрунту зменшується при збільшенні в його складі дрібнозему. Валовий хімічний склад різних механічних фракцій ґрунту закономірно змінюється незалежно від ґрунтового типу. Так, при збільшенні дисперсності частинок у них різко зменшується вміст кисню і зростає кількість заліза, алюмінію, кальцію, магнію, калію і натрію. Частинки менше 0,001 мм – найбільш цінна частина пухких порід і ґрунтів, оскільки в них містяться основні запаси зольних поживних елементів.

Пластичність ґрунту залежить від вмісту в ґрунті фізичної глини. Аналогічно гранулометричний склад впливає і на твердість ґрунту. Висока твердість ґрунту перешкоджає росту паростків і коріння рослин, а нерідко є і причиною загибелі рослин. Тверді ґрунти спричиняють великий опір робочим органам ґрунтообробних машин.

Набухаємість ґрунту відбувається за рахунок оболонки зв'язаної води, які утворюються навколо колоїдних і глинистих частинок. Ці оболонки зменшують сили зчеплення між частинками, розсовують їх і сприяють збільшенню обсягу ґрунту. В основному величина і характер набухання ґрунту залежать від мінералогічного складу ґрунту, зокрема від вмісту вторинних мінералів типу монтморілоніту, що мають рухому кристалічну решітку.

Серед технологічних властивостей ґрунтів важливу роль у створенні фізичної стиглості ґрунту має клейкість: при зайвій липкості збільшується тяговий опір ґрунтообробних знарядь і різко погіршується якість обробітку ґрунту. Як показали дослідження В.В. Охотіна, клейкість ґрунту прямо пропорційна вмісту фізичної глини.

Гранулометричний склад як фактор родючості орних ґрунтів знаходить відображення в системах бонітування ґрунтів. У більшості випадків найбільш сприятливе поєднання агрофізичних, біологічних та агрохімічних факторів родючості відзначається в ґрунтах середнього гранулометричного складу. Необхідно мати на увазі, що для різних типів ґрунтів, які сильно розрізняються за діапазоном факторів родючості, оцінка гранулометричного складу як фактора родючості може значно відрізнитися. Наприклад, найбільш висока родючість чорноземів відповідає, як правило, важкому гранулометричному складу. Для дерново- підзолистих ґрунтів, які сформувалися в зоні достатнього і надмірного зволоження, найбільш сприятливий більш легкий гранулометричний склад.

Структура. Структурний стан – найбільш вірогідний, інтегральний показник родючості ґрунту (його агрофізичних факторів). Структура ґрунту визначає сприятливу будову орного шару ґрунту, її водні, фізико-механічні і

технологічні властивості і водно-гідрологічні константи. Частинки твердої фази ґрунту, як правило, склеюються в грудочки (агрегати). Здатність ґрунту розпадатися на агрегати різної величини називають структурністю. У ґрунтознавстві структура ґрунту є важливою морфологічною ознакою: за розміром агрегатів судять про генетичні особливості як всього ґрунту, так і його окремих горизонтів.

Чорноземи, наприклад, в природному стані характеризуються чітко вираженою зернистою структурою, сірі лісові ґрунти – горіховатою. Добре окультурені дерново-підзолисті ґрунти набувають грудкуватої структури, тоді як неокультурені підзоли відрізняються плитчастою та листуватою структурою.

Велике значення має механічне розділення ґрунтової маси на грудки (агрегати), що в природних умовах відбувається під впливом корневих систем рослин, життєдіяльності біоти ґрунту, під впливом періодичного проморожування – відтавання, зволоження і висушування ґрунту, а в оброблюваних ґрунтах і впливу ґрунтообробних знарядь.

Стан структури ґрунту безпосередньо визначає параметри будови орного шару. Для утворення міцної структури ґрунту необхідні наступні умови: достатня кількість мінеральних і органічних колоїдів; достатній вміст у ґрунті лужноземельних основ; сприятливі гідротермічні умови в ґрунті; вплив на ґрунтову масу коренів рослин; вплив на ґрунт ґрунтової фауни (дощових черв'яків, комах, землероїв та ін.)

Потужність орного і гумусового шарів. Потужність оброблюваного шару ґрунту це об'єм ґрунту, в якому розвивається коренева система рослин. Глибокий орний шар забезпечує більш сприятливий водно-повітряний і тепловий режими ґрунту. Опади, зрошувальна вода, швидко поглинаються ґрунтом, акумулюються в ньому і потім споживаються рослинами в міру їх росту і розвитку. Глибокий орний шар своєрідний регулятор вологості ґрунту як при нестачі, так і при надлишку опадів.

Кращі умови зволоження ґрунту забезпечують сприятливий поживний режим ґрунту, обумовлений, в свою чергу, процесами органічного синтезу речовин. Встановлено, що глибокий орний шар забезпечує сприятливу мінералізацію органічної речовини при одночасній ефективності його гуміфікації і при сприятливому якісному стані. При обробці ґрунту на 20–22 см в підорному шарі не можна виявити такі агрономічно-цінні групи мікроорганізмів, як нітрифікатори, целюлозодеструктори (Н.В. Мешков і Р.Н. Ходакова). При обробці ґрунту на 30–40 см ці мікроорганізми широко представлені в ґрунті. Загальна кількість мікроорганізмів у ґрунті та продукування ґрунтом CO₂ при глибокій обробці зростала в 1,5–2 рази. Інший показник продуктивності ґрунтових мікроорганізмів – перетворення азотистих сполук. У глибокому орному шарі кількість нітрифікуючих мікроорганізмів, а також ґрунтової фауни значно більше. У глибокому орному шарі збільшується вміст рухомих форм фосфору і калію.

Водний режим. Волога необхідна для проростання насіння, без неї неможливий подальший ріст і розвиток рослини. З водою в рослину з ґрунту

надходять поживні речовини, випаровування води листям забезпечує нормальні температурні умови життєдіяльності рослини. Вода – обов'язкова умова ґрунтоутворення і формування ґрунтової родючості. Без неї неможливий розвиток ґрунтової фауни і мікрофлори. Процеси перетворення, трансформації та міграції речовин у ґрунті також вимагають великої кількості води.

Для визначення потреби рослин у воді застосовують показник *транспіраційний коефіцієнт* – кількість вагових частин води, витраченої на одну вагову частину урожаю. Ступінь доступності ґрунтової вологи рослинам і стан водного режиму, встановлюють ґрунтово-гідролітичними константами. Здатність ґрунту до стійкого забезпечення рослин водою залежить від агрофізичних факторів родючості.

Умови водного режиму в орному шарі ґрунту постійно змінюються. Радикальний метод регулювання водного режиму ґрунтів – меліорація. Сучасні прийоми гідротехнічної меліорації забезпечують можливість двостороннього регулювання водного режиму: зрошенням зі скиданням зайвої води та осушенням.

Повітряний режим. Ґрунтове повітря відрізняється від атмосферного тим, що в його складі значно більше вуглекислого газу і менше кисню. Разом з тим слід підкреслити великі коливання в складі ґрунтового повітря залежно від ґрунту, виду культури, системи добрив і системи обробітку ґрунту.

Коли в ґрунті вміст вуглекислого газу вище 3–5 %, а кисню – нижче 10 %, то настає пригнічення рослин. А.Г. Дояренко, встановив, що нестача повітря у ґрунті дуже сильно лімітує його родючість. Ґрунтове повітря заповнює пори, не зайняті водою. Надмірна вологість призводить до різкої нестачі повітря. Ґрунтове повітря необхідне для дихання коренів рослин, ґрунтових організмів, біохімічних процесів перетворення поживних елементів.

Ґрунт – важливе джерело вуглекислого газу, що споживається рослинами в процесі фотосинтезу. Газообмін між ґрунтом і атмосферою здійснюється за допомогою таких чинників, як дифузія, зміна барометричного тиску, температури ґрунту і повітря, надходження в ґрунт води, а також за допомогою вітру. Збільшуючи об'єм при нагріванні ґрунту, його повітря частково виходить назовні, при охолодженні ґрунту ґрунтові пори отримують нову порцію повітря з атмосфери. При надходженні води в ґрунт «старе» повітря з ґрунтових пор витісняється і вони заповнюються «новим» повітрям після відтоку з них вологи.

Оптимальний вміст повітря в орному шарі ґрунту для окремих культур наступний: для зернових 15–20 % загальної пористості, для просапних 20–30 % і для багаторічних трав 17–21 %. Важливий прийом регулювання повітряного режиму ґрунту – механічний обробіток, який дозволяє створювати необхідну будову орного шару і тим самим забезпечувати умови нормального газообміну в ґрунті. Значення обробітку в регулювання повітряного режиму ґрунту зростає при надмірному зволоженні ґрунтів і їх важкому гранулометричному складі.

Температурний режим. Фізіологічні процеси, що відбуваються в рослині, життєдіяльність мікроорганізмів і ґрунтової фауни, хімічні процеси перетворення речовин і енергії можливі тільки в певних температурних межах.

Вплив температури ґрунту на рослини починається з найперших стадій їх росту і розвитку. Причому, окремі рослини пред'являють різні вимоги до температурного режиму ґрунту. Поряд з крайніми значеннями температур, що характеризують температурний мінімум і максимум для окремих видів рослин, існує свій певний оптимум. Вимоги до температурних умов певних рослин змінюються в міру їх росту і розвитку.

Основне джерело тепла в ґрунті – сонячна енергія. Інше, але менш значне – тепло, що виділяється в ґрунт в результаті біологічних і хімічних перетворень, а також надходить з глибинних шарів землі.

Агрохімічні фактори родючості. Рослини засвоюють азот і зольні елементи з ґрунту у формі мінеральних солей, розчинених у ґрунтовому розчині. При цьому використовуються як відновлені (солі амонію), так і окислені (солі азотної кислоти) сполуки азоту.

Рослини можуть засвоювати деякі відносно прості органічні азото- і фосфоровмісні речовини (деякі амінокислоти, фітин), однак практичне їх значення в харчуванні мізерно. Джерелом енергії в рослині для поглинання елементів живлення є дихання. Більш молоді, інтенсивно дихаючі корені більше засвоюють з ґрунтового розчину мінеральних солей.

Процеси кореневого живлення рослин тісно пов'язані з такими властивостями ґрунтів, як рН ґрунтового розчину, водно-повітряний режим ґрунту, вміст в ньому засвоюваних елементів живлення, та іншими умовами зовнішнього середовища. Кислотність ґрунту знижує поглинання поживних речовин рослинами. Відзначають як пряму, так і побічну дію підвищеного вмісту в ґрунті іонів водню (H^+). Перш за все змінюється фізико-хімічний стан цитоплазми клітин кореня, порушується їх проникність, зовнішні клітини ослизнюються, корені погано ростуть. Більшість вирощуваних культур і ґрунтових мікроорганізмів краще розвивається при слабнокислій або нейтральній реакції ґрунту. Проте, окремі види культурних рослин значно розрізняються за вимогливістю як до найбільш оптимального для їхнього росту інтервалу рН, так і до зміщення його в той або інший бік.

Нестача в ґрунті обмінних кальцію і магнію викликає різке погіршення фізичних та фізико-хімічних властивостей ґрунту (структур ґрунту, ємність поглинання, буферність). У ґрунтовому розчині з'являються вільні іони алюмінію і марганцю, токсичні для рослин. Рухливість ж ряду мікроелементів (наприклад, молібдену) зменшується, рослини відчувають їх недолік.

Категорії родючості ґрунту. Сучасне природознавство розглядає родючість ґрунту як функцію ґрунтоутворювального процесу, визначаючи здатність ґрунту до одночасного забезпечення рослин умовами їх нормального росту і розвитку. Розрізняють такі види (категорії) родючості ґрунту: *природна, штучна, потенціальна, ефективна, відносна, економічна.*

Природна родючість властива лише цілинним ґрунтам, які ніколи не оброблялися. Вона зумовлена тільки природними властивостями і залежить від хімічного складу ґрунту та біологічних процесів, які відбуваються в ньому, а також від особливостей клімату. Природна родючість різних ґрунтів неоднакова.

Вона створюється під дією природних факторів і залежить від фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту. Так, найбільш родючими ґрунтами є чорноземи, а найменш – підзоли.

Штучна родючість створюється в процесі використання землі як основного засобу сільськогосподарського виробництва і залежить від розвитку виробничих сил та виробничих відносин в результаті застосування цілеспрямованої людської діяльності (розорювання, періодичний механічний обробіток, меліорація, застосування добрив тощо).

Потенціальна родючість – це сумарна родючість ґрунту, набута в процесі ґрунтоутворення, а також створена або змінена людиною. Прикладом ґрунтів з високим рівнем потенційної родючості є болотні низинні торф'яні ґрунти, які мають значні запаси елементів живлення і після меліоративних заходів спроможні забезпечити значну ефективну родючість.

Ефективна родючість – це частина потенційної родючості, яка реалізується у вигляді урожаю рослин при даних кліматичних (погодних) і техніко-економічних (агротехнологічних) умовах.

Відносна родючість – родючість ґрунту по відношенню до якоїсь певної групи або виду рослин.

Економічна родючість – економічна оцінка ґрунту в зв'язку з його потенційною родючістю і економічною характеристикою земельної ділянки.

Підвищення родючості та окультурювання ґрунтів. Родючість ґрунту є такою властивістю, яка здатна до відтворення і в природних умовах, і при сільськогосподарському використанні ґрунту. Відтворення родючості може бути *розширеним, простим і неповним*.

Розширене відтворення родючості це поліпшення сукупності властивостей ґрунту, які впливають на його родючість.

Просте – це відсутність помітних змін сукупності властивостей ґрунту, які впливають на його родючість.

Неповне – це погіршення властивостей ґрунту, які впливають на його родючість. Це широко розповсюджене як у світі, так і у нашій країні, явище має негативні наслідки в природному й соціально- економічному відношеннях.

Зниження родючості ґрунту відбувається за рахунок трьох основних процесів. Перший – антропогенна деградація (ерозія, викликана людиною, вторинне засолення, вторинне заболочення). Другий – виснаження ґрунту (зменшення запасів гумусу, поживних речовин тощо). Третій – стомлення ґрунту (накопичення в ньому різних токсичних елементів, викликаних неправильними сівозмінами, надлишком хімічних засобів тощо).

Для підвищення ефективної і природної родючості треба впроваджувати науково-обґрунтовані системи землеробства, що може забезпечити окультурювання ґрунтів. Окультурювання ґрунтів – систематичне використання заходів щодо підвищення їхньої родючості з урахуванням генетичних властивостей, вимог сільськогосподарських культур, тобто формування ґрунтів із більш високим рівнем ефективної і потенційної родючості. Проте, не можна забувати, що окультурювання ґрунту має бути науково-обґрунтованим, із

використанням екологічного підходу. Ще В.В. Докучаєв (1883), порівнюючи ґрунт з породистим конем, зазначав, що нещадна експлуатація та голодний раціон обов'язково викличуть виснаження навіть найсильнішої тварини, тобто найродючішого ґрунту.

Окультурювання ґрунту – це екологічна реорганізація всіх компонентів біогеоценозу, що призводить до антропогенної зміни ґрунтових режимів під потреби однієї рослини. Так штучне обмеження біорізноманітності в агроценозі робить подібні екосистеми нестійкими. Саме тому едафотопи агроценозів потребують прискіпливої уваги та бережного ставлення. Для ефективного окультурювання ґрунтів і підвищення їхньої родючості необхідно застосовувати цілий комплекс заходів, які повинні бути чітко узгоджені з особливостями кожного ґрунту і кожного поля. Головне – усунути негативну дію факторів, які лімітують родючість ґрунту. Так, для підзолистого типу ґрунту основними заходами є вапнування, внесення органічних добрив, травосіяння, сидерація та ін.; для чорноземів – заходи з накопичення і збереження ґрунтової вологи та захисту їх від ерозійних процесів; для каштанових солонцюватих ґрунтів – гіпсування і вологонакопичення; для перезволожених – осушення; для торф'яних – підвищення ущільненості тощо.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте склад органічної частини ґрунту?
2. Шляхи надходження органічних решток в ґрунт?
3. Розкрийте суть процесів мінералізації та гуміфікації?
4. Роль мікроорганізмів в процесі ґрунтоутворення?
5. Як впливають фактори ґрунтоутворення на гумусонакопичення?
6. Чим визначається родючість ґрунтів?
7. Фактори родючості ґрунтів?
8. Охарактеризуйте категорії родючості ґрунтів.
9. Методи підвищення родючості та окультурення ґрунтів?

ГЛАВА 7. ПОВІТРЯНА СКЛАДОВА ҐРУНТУ ТА ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ

7.1. Форми повітряної фази в ґрунті

Ґрунт – пориста система, в якій практично завжди в тій чи іншій кількості присутнє повітря, яке складається з суміші газів, що заповнюють вільні від води пори ґрунту. Повітряна фаза – важлива і найбільш рухома складова частина ґрунту. Кількість і склад ґрунтового повітря має суттєвий вплив на розвиток і функціонування рослин і мікроорганізмів, на розчинність та міграцію хімічних сполук в профілі ґрунту, на інтенсивність і напрямок ґрунтових процесів. Крім того ґрунт є поглиначем, який сорбує токсичні промислові викиди газів, що забезпечує очищення атмосфери від техногенного забруднення. Газів та летючі органічні сполуки знаходяться у ґрунті в кількох фізичних станах: вільному, защемленому, адсорбованому та розчинному.

Вільне ґрунтове повітря – це суміш газів та летючих органічних сполук, що вільно переміщуються по системі ґрунтових пор і стикуються з атмосферою.

Защемлене ґрунтове повітря – знаходиться в порах, які з усіх сторін ізольовані водними пробками. Чим більше тонкодисперсна ґрунтова маса і щільніша їх упаковка, тим більша кількість защемленого повітря ґрунт може мати. В суглинкових ґрунтах кількість защемленого повітря досягає більше 12 % від загального об'єму ґрунту і більше четвертої частини всього простору його пор. Защемлене повітря нерухоме, практично не приймає участі в газообміні між ґрунтом і атмосферою, суттєво гальмує фільтрацію води в ґрунті, може викликати руйнування структури ґрунту при коливаннях температури, атмосферного тиску, вологості.

Адсорбоване ґрунтове повітря – газів і летючі органічні сполуки, адсорбовані частками ґрунту на їх поверхні. Чим більш дисперсний ґрунт, тим більше вміщує він адсорбованих газів при певній температурі. Кількість адсорбованого повітря залежить від мінералогічного складу ґрунту, від вмісту органічних речовин, вологості. Пісок поглинає повітря в 10 разів менше ніж важкий суглинок: відповідно $0,75 \pm 0,20$ і $6,99 \pm 0,08$ см³/г. Дрібнодисперсний кварц сорбує СО₂ в 100 разів менше ніж гумус відповідно 12 і 1264 см³/г.

Кількість адсорбованих газових компонентів (G) можна розрахувати, використовуючи рівняння ізотермами адсорбції Ленгмюра: (при $T = const$):

$$G = C/(K + C), \quad (7.1)$$

де G – найбільше значення адсорбції насичення на одиницю поверхні адсорбенту, мг; C – рівноважна концентрація газу в системі, мг/л; K – емпіричний коефіцієнт.

Розчинене повітря – газів, розчинені в ґрунтовій воді. Розчинені газів відіграють велику роль в забезпеченні фізіологічних потреб рослин, мікроорганізмів, фауни ґрунту, а також фізико-хімічних процесах, що

протікають в ґрунтах. Кількість розчинених газів підкоряється закону фазової рівноваги Генрі:

$$C = \lambda \cdot p / 10,2, \quad (7.2)$$

де C – масова концентрація газу, розчиненого у воді, мг/л; p – парціальний тиск газу в ґрунтовому повітрі, мПа; 10,2 – нормальний атмосферний тиск, мПа; λ – коефіцієнт розчинності газу у воді, мг/л.

7.2. Повітряно-фізичні властивості ґрунту

Сукупність ряду фізичних властивостей ґрунтів, що визначають стан і поведінку ґрунтового повітря в профілі, називається повітряно-фізичними властивостями ґрунтів. Найбільш важливими з них є: повітроємність, повітромісткість та повітропроникність.

Повітроємністю ґрунтів називають максимально можливу кількість повітря, виражену у відсотках за об'ємом, яка міститься в повітряно-сухому ґрунті не порушеної будови за нормальних умов. Загальну повітроємність ($P_{з.п.}$) можна визначити за формулою:

$$P_{з.п.} = P_{заг} - P_г, \quad (7.3)$$

де $P_{заг}$ – загальна пористість ґрунтів, %; $P_г$ – об'єм гігроскопічної вологи, %.

Повітроємність ґрунтів залежить від механічного складу, будови та окультуреності ґрунту. У ґрунті, як відомо, є дрібні (капілярні) пори і великі (некапілярні). Повітря здебільшого міститься в некапілярних порах, бо вони, як правило, вільні від вологи.

Суттєву роль для забезпечення нормальної аерації ґрунтів має некапілярна повітроємність або пористість аерації, тобто повітроємність міжагрегатних пор, тріщин і камер. Некапілярна повітроємність (P_a – пористість аерації) визначається за формулою:

$$P_a = P_{заг} - P_k, \quad (7.4)$$

де P_k – об'єм капілярних пор, %.

Найбільшого значення (25–30 %) некапілярна повітроємність досягає в добре оструктурених, слабо ущільнених ґрунтах. Кількість повітря, яка міститься в ґрунті за певним рівнем природного зволоження, називають *повітроємністю*. Визначається повітроємність (P_n) за формулою:

$$P_n = P_{заг} - P_w, \quad (7.5)$$

де P_w – загальна вологість ґрунтів, %.

Повітропроникність ґрунту – це здатність пропускати повітря. Вона залежить від механічного складу, структури, ступеню зволоженості тощо. Вирішальну роль для повітропроникності має пористість, причому особливо важлива некапілярна пористість, яка сприяє більш швидкому проникненню в ґрунти повітря, ніж капілярна.

Основними компонентами атмосферного повітря є азот, кисень, аргон та вуглекислий газ (двоокис вуглецю). На долю інших газів припадає лише 0,01 % обсягу. Склад атмосферного повітря досить постійний і коливання змісту основних компонентів його незначні. У ґрунтовому повітрі порівняно з атмосферним менше кисню та більше вуглекислого газу (табл. 7.1.).

Таблиця 7.1 – Склад атмосферного та ґрунтового повітря (%)

Гази	Атмосферне повітря	Ґрунтове повітря
Азот (N ₂)	78,08	78,08–80,24*
Кисень (O ₂)	20,95	20,90–0,0
Аргон (Ar)	0,93	
Вуглекислий газ (CO ₂)	0,03	0,03–20,0
Всі останні (Ne, He, CH ₄ , Kr, N ₂ O, O ₃ , Xe, H ₂ , Rn та інші)	0,01	

Примітка:* Азот + аргон

Може змінюватись у ньому і вміст азоту. Кількість азоту може зменшуватися в результаті зв'язування його вільноживучими азотфіксуючими мікроорганізмами і бульбочковими бактеріями, а збільшуватися внаслідок розпаду білків та денітрифікації азотовмісних речовин під дією мікроорганізмів.

У ґрунтовому повітрі болотяних і заболочених ґрунтів можуть бути помітні кількості NH₃, CH₄, H₂. Дослідження Н.Г. Холодного (1953) показали, що у ґрунтовому повітрі постійно присутні у дуже невеликій кількості нелеткі органічні сполуки (вуглеводні жирного та ароматичного ряду, складні альдегіди, спирти та ін.), які утворюються під дією ґрунтових мікроорганізмів. Ці речовини можуть поглинатися корінням, сприяючи зростанню рослин та підвищенню їх життєдіяльності.

У ґрунтовому повітрі найбільш динамічні кисень і вуглекислий газ, їм належить дуже важлива роль у житті ґрунту та його організмів, що у ньому мешкають. Вміст O₂ та CO₂ у ґрунтовому повітрі може сильно коливатися. У верхніх, добре аерованих горизонтах ґрунтів кисню лише ненабагато менше, ніж у атмосферному повітрі. У ґрунтах із утрудненим газообміном кількість O₂ може знижуватися до десятих і сотих часток відсотка. Концентрація вуглекислого газу в ґрунтах із поганим газообміном може перевищувати в сотні разів вміст його в атмосфері та становити 19–20 % і більше.

Ґрунти, особливо їхні верхні горизонти, населені величезною кількістю організмів, які у процесі дихання споживають кисень та виділяють вуглекислий газ. Енергія, що утворюється при цьому, використовується для біологічних

синтезів та інших проявів життя. Такі найважливіші процеси, як рух речовин у рослинах, поглинання ними мінеральних солей, а частково і води, рух цитоплазми, проростання насіння здійснюються за допомогою енергії, що виділяється при диханні, за участю вільного (молекулярного) кисню.

Основними споживачами кисню у ґрунті є коріння рослин, мікроорганізми та ґрунтомешкаючі тварини, і лише незначна частина його витрачається на суто хімічні процеси окислення. Кількість кисню, споживаного рослинами (вищими та нижчими), залежить від їх біологічних особливостей, віку, умов середовища (температура, вологість, поживні речовини тощо) та інших причин. При цьому окремі групи організмів за кількістю поглинається ними в процесі дихання кисню можуть відрізнятися один від одного.

Вуглекислий газ утворюється у ґрунті головним чином завдяки біологічним процесам. Частково він може надходити в ґрунтове повітря з ґрунтових вод, а також в результаті його десорбції з твердої та рідкої фаз ґрунту. Деяка кількість CO_2 може виникнути при перетворенні бікарбонатів на карбонати під час випаровування ґрунтових розчинів [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$] та в процесі впливу кислот на карбонати ґрунту, а також хімічного окиснення органічної речовини.

7.3. Газообмін ґрунтового повітря з атмосферним

Газообмін, або аерація, – процес обміну ґрунтового повітря з атмосферним. Газообмін здійснюється через повітроносні пори ґрунту, що сполучаються між собою та з атмосферою. До факторів, що викликають аерацію, відносяться: дифузія, зміна температури ґрунту та барометричного тиску, надходження вологи в ґрунт з опадами або при зрошенні, вплив вітру, зміна рівня ґрунтових вод або верхівки.

Дифузія – переміщення газів відповідно до їх парціального тиску. Оскільки в ґрунтовому повітрі кисню менше, а вуглекислого газу більше, ніж в атмосфері, то під впливом дифузії створюються умови для безперервного надходження кисню в ґрунт та виділення CO_2 в атмосферу.

Зміна температури і барометричного тиску також обумовлює газообмін, тому що відбувається стиснення або розширення ґрунтового повітря. За розрахунками Н.П. Поясова, у період денного нагрівання темно-каштанового ґрунту із шару від поверхні до глибини проникнення добової температурної хвилі виштовхується близько 1,4 % ґрунтового повітря, що говорить про малу ефективність цього фактора газообміну.

Надходження вологи в ґрунт з опадами або при зрошенні викликає стиск ґрунтового повітря, його виштовхування назовні і засмоктування атмосферного повітря. Дощі, що випадають, за підрахунками Роммеля, можуть забезпечити лише 6–8% усього газообміну. Аерація відбувається і при випаровуванні води з ґрунту, коли на місце води, що випарувалася надходить рівну за обсягом кількість атмосферного повітря. Але оскільки цей процес протікає повільно, то його значення в газообміні невелике.

Вплив вітру на газообмін невеликий і залежить від швидкості вітру, макрота мікрорельєфу, структури ґрунту та характеру його обробки. Найбільша аерація під впливом вітру проявляється на пористих ґрунтах, позбавлених рослинності. Усі розглянуті чинники газообміну діють у природних умовах разом. Проте основним слід визнати дифузію.

Дифузія газів через ґрунт завжди йде повільніше, ніж у вільній атмосфері (за даними Люндегорда, за нормального газообміну в 2–20 разів). Про це можна судити стосовно коефіцієнта дифузії газу в ґрунті (Д) до коефіцієнта дифузії цього ж газу в атмосфері

Роль вуглекислого газу. Висока концентрація CO_2 у ґрунтовому повітрі може негативно впливати на насіння, коріння та врожай рослин. При оптимальному вмісті кисню шкідлива дія вуглекислого газу проявляється лише за високої його концентрації. Величезна кількість CO_2 споживається рослинами у процесі фотосинтезу. За даними Б.Н. Макарова, від 38 до 72 % всього CO_2 , що пішов на створення врожаю, доставляється рослині з ґрунту при її «диханні». Але так як у надґрунтовому повітрі, де вуглекислий газ засвоюється рослиною, в денний час спостерігається недолік CO_2 , то дуже важливо забезпечити активне новоутворення його в ґрунті та хороший газообмін між ґрунтовим та атмосферним повітрям.

Вуглекислий газ має велике значення у хімічній зміні мінеральної частини ґрунту та у накопиченні поживних речовин. Ґрунтовий розчин, насичений CO_2 , розчиняє багато сполук ґрунту, зокрема кальцит (CaCO_3), доломіт ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), магнезит (MgCO_3), сидерит (FeCO_3). Розчинна дія CO_2 на карбонати за сприятливих умов забезпечує їхнє винесення з верхніх горизонтів ґрунту або підтягування з нижніх горизонтів до верхніх.

Аерація - сукупність всіх явищ надходження повітря в ґрунт, його переміщення в ґрунті та витрати, а також явищ обміну газами поміж ґрунтовим повітрям, твердою і рідкою фазами, споживання і виділення окремих газів живим населенням ґрунту. Всі ці явища знаходять відображення в зміні вмісту ґрунтового повітря в масі.

При вивченні повітряного режиму ґрунту звертають увагу на вміст двох газів: вуглекислого газу CO_2 і кисню O_2 . За нормальним газообміном сума цих газів близька до суми їх в атмосфері (21 %), але співвідношення між ними суттєво змінюються в часі, причому в різних ґрунтах по різному.

В усіх ґрунтах склад ґрунтового повітря змінюється на протязі року, причому на глибині 4–5 м ще спостерігаються коливання в складі повітря, хоча слабше ніж в межах верхніх шарів. В торф'яних, дерново-підзолистих ґрунтах, в чорноземах і ґрунтах напівпустельного комплексу найбільший вміст вуглекислоти спостерігається в теплий період року, коли CO_2 утворюється в результаті інтенсивної діяльності мікрофлори, дихання коріння та інших біологічних процесів. Крім того, висока концентрація вуглекислоти в ґрунтовому повітрі спостерігається при її повільному утворенні, але в умовах поганого газообміну. Це спостерігається, наприклад, в період випадання великої кількості

опадів та насичених до повної вологомисткості верхніх шарів ґрунту, а також при утворенні льодової кірки взимку або рано навесні.

В дерново-підзолистих суглинкових ґрунтах, які не перезвожуються, концентрація CO_2 в шарі 0–50 см коливається від 0,2 до 3,0 %; в шарі 100–200 см – від 1,2 до 3,4 %, в більш глибоких шарах – від 1,5 до 4,5 %. Великий вплив на абсолютний вміст вуглекислоти набуває характер рослинності. За даними Б.Н. Макарова (1966), максимальним він буває під пологом змішаного лісу, більш низьким в ґрунті під люцерною, ще нижче в ґрунті, засіяному зерновими і найбільш низьким у ґрунті чистого пару. Так в ґрунті під люцерною на глибині 15 см в середньому було 1 % CO_2 , на глибині 30 см – 1,5 %; під паром відповідно 0,2 та 0,3 %. Згідно з Є.А. Афанасьєвою, самі низькі концентрації CO_2 в ґрунтовому повітрі цілинного чорнозему спостерігаються навесні після сніготанення: 0,9–0,5 % від об'єму всього ґрунтового профілю (0–300 см). В міру розвитку біоти вміст CO_2 до літа підвищується. Найбільша кількість вуглекислоти продукується в поверхневому шарі але значна її частина йде в атмосферу в процесі «дихання» ґрунту. Тому до глибини 50 см вміст CO_2 у ґрунтовому повітрі не перевищує 0,5 % навіть влітку, дещо підвищується тільки після дощів.

7.4. Регулювання повітряного режиму ґрунту

Оптимальний повітряний режим має важливе значення в житті ґрунту та рослин, що мешкають на ньому. Ґрунтове повітря необхідне для дихання коріння, життєдіяльності корисних мікроорганізмів і проростання насіння. Унаслідок дихання коріння і діяльності мікроорганізмів в ґрунтовому повітрі в порівнянні з атмосферним спостерігається значне підвищення концентрації вуглекислого газу (у 10 разів і більше). Для збагачення ґрунту киснем і позбавлення його від надлишків вуглекислого газу необхідний безперервний газообмін. Найважливішим чинником газообміну є дифузія газів, яка особливо добре проходить в пористих ґрунтах.

Турбота про поліпшення повітряного режиму особливо актуальна при сільськогосподарському використанні болотних ґрунтів і ґрунтів з тимчасовим надлишковим зволоженням (підзолисті, дерново-підзолисті, бурі лісові). Спостереження та розрахунки показують, що добрий газообмін між ґрунтом і атмосферним повітрям здійснюється при пористості аерації більш 15–20 % від об'єму ґрунту, для торф'яних ґрунтів – 30–40 %.

Осушення надмірно зволжених ґрунтів і створення оптимальних умов аерації підвищують продуктивність не тільки сільськогосподарських культур, але й лісових насаджень.

Велике значення в створенні оптимального повітряного режиму ґрунту має поліпшення його фізичних властивостей і структури. Регулювання газообміну необхідно проводити на всіх ґрунтах і в зонах, особливо на півночі України. Тут часто спостерігається заболочування в результаті поганого розкладання і посиленого накопичення органічної речовини унаслідок нестачі повітря.

Збільшення аерації на основі проведення меліоративних заходів і обробіток при заболочуванні є першочерговим завданням. Аерація при цьому сприятиме нейтралізації шкідливих закисних і не окислених сполук (окисли заліза FeO, сірководню H₂S, метану CH₄, гідриду фосфору PH₃) шляхом їх окислення. У нечорноземній зоні в умовах структурних ґрунтів, як правило, треба прагнути до зниження аерації з метою збереження від руйнування структури і затримання в ґрунті пароподібної вологи.

Регулювання повітряного режиму проводиться дренаванням, вапнуванням, поглибленням орного шару, внесенням органічних добрив, правильним обробітком, поливами, знищенням кірки, що утворилася на поверхні ґрунту та ін.

Контрольні питання

1. Які існують форми ґрунтового повітря?
2. Чим визначаються повітряно-фізичні властивості ґрунту?
3. Чим характеризується повітряний режим ґрунту?
4. Методи регулювання повітряного режиму ґрунту.

ГЛАВА 8. ФІЗИЧНІ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ

8.1. Загальні фізичні властивості ґрунтів

До фізичних властивостей ґрунту належать структура, загальні фізичні, фізико-механічні, водні, теплові й повітряні властивості. Фізичні властивості ґрунту визначаються співвідношенням, взаємодією і динамікою твердої, рідкої, газоподібної і живої фаз ґрунту. Від них залежить розвиток ґрунтотворних процесів, родючість ґрунту і розвиток рослин. Структуру ґрунту було розглянуто в попередніх розділах.

До загальних фізичних властивостей відносяться *щільність твердої фази, щільність (об'ємна маса), пористість ґрунту*. Щільність твердої фази – це відношення маси твердої фази ґрунту до маси рівного об'єму води при + 4°C. Для визначення щільності твердої фази ґрунту користуються пікнометричним методом.

Щільність твердої фази ґрунту (d) визначається за формулою:

$$d = M / V_s, \quad (8.1)$$

де M – маса сухого ґрунту, г; V_s – його справжній об'єм, одиницею виміру є $\text{г}/\text{см}^3$, або $\text{т}/\text{м}^3$.

Величина щільності твердої фази ґрунту залежить від мінералогічного складу (в природі вони характеризуються великою різноманітністю) і кількістю органічних речовин. Загальна закономірність в зміні щільності твердої фази ґрунту така: вона тим менша, чим більше в ґрунті перегною. Мінералогічний, або петрографічний, склад ґрунтотворних порід також впливає на зміну щільності твердої фази ґрунту. Різні мінерали і осадові породи мають неоднакову щільність (табл. 8.1). В ґрунтах щільність твердої фази коливається від 2,3 до 2,9 $\text{г}/\text{см}^3$, а найбільш часто знаходиться в межах 2,5 – 2,7 $\text{г}/\text{см}^3$.

Таблиця 8.1 – Щільність мінералів і деяких осадових порід

Назва речовин, які входять до складу ґрунту	Щільність, $\text{г}/\text{см}^3$
Кварц	2,65
Алюмосилікати	2,5–3,0
Слюди	2,7–3,1
Рогові обманки	2,9–3,4
Лимоніт	3,5–3,95
Оксид заліза	5,03–5,27
Гідрооксид алюмінію	2,42
Оксид алюмінію	3,83
Глина	2,58
Лес	2,64
Кальцит	2,70
Перегній	1,4–1,8

Мінімальна щільність твердої фази спостерігається у ґрунтах, багатих на перегній, максимальна – в скелетних, а також в ґрунтах, які розвиваються на основних породах – базальтах, габро (до $2,9 \text{ г/см}^3$). В одного й того ж ґрунту, однорідного за гранулометричним складом, незначні зміни щільності твердої фази (в межах десятих часток відсотку) спостерігаються по вертикальному ґрунтовому профілю. Найбільш помітні зміни спостерігаються між сильно гуміфікованим дерновим горизонтом і нижніми горизонтами ґрунту, де щільність твердої фази буде найбільшою. Так, у дерново-сильнопідзолистого легкосуглинкового ґрунту на моренних відкладеннях в шарі 5–15 см вона складає $2,52 \text{ г/см}^3$, на глибині 22–32 см – $2,62 \text{ г/см}^3$; 64–74 см – $2,67 \text{ г/см}^3$; а на 104–114 см – $2,71 \text{ г/см}^3$. У чорнозему звичайного важкосуглинкового на лесовидних відкладеннях щільність твердої фази складає в шарі ґрунту 2–12 см – $2,55 \text{ г/см}^3$, а на глибині 87–97 см – $2,72 \text{ г/см}^3$.

8.2. Щільність (об'ємна маса) ґрунту

Наявність у ґрунті пор різного діаметра обумовлює виникнення в ньому нової ясно вираженої властивості – об'ємної маси. *Відношення маси до об'єму ґрунту, взятого в природному стані, тобто з всіма порами, які знаходяться у ньому, називається щільністю, або об'ємною масою ґрунту.*

Звичайно, об'ємну масу перераховують на сухий ґрунт, висушений при температурі $105 \text{ }^\circ\text{C}$ до постійної маси, і виражають в г/см^3 . Символом об'ємної маси ґрунту є dV . Об'ємна маса є й у гірських породах, але в масивно-кристалічних вона не відрізняється від щільності твердої фази. В міру руйнування гірської породи (наприклад вивітрювання) об'ємна маса її різко знижується, так як зростає кількість крупних пор. Об'ємна маса ґрунту залежить від щільності його твердої фази і пористості. Найменша об'ємна маса, яка наближається до одиниці ($1,0\text{--}1,2 \text{ г/см}^3$), спостерігається в горизонтах, збагачених органічними речовинами (перегноєм, торфом, корінням рослин) і оструктурених. У торф'яних горизонтах об'ємна маса падає нижче одиниці. У ґрунтових горизонтах, бідних перегноєм, відмерлими нерозкладеними рослинними рештками і корінням живих рослин, об'ємна маса збільшується.

В середньому об'ємна маса ґрунтів коливається від $1,0$ до $1,8 \text{ г/см}^3$. Найбільш часто зустрічаються величини об'ємної маси для слабкогумусованих ґрунтів, які знаходяться в межах $1,3\text{--}1,6 \text{ г/см}^3$. Якщо розглядати вертикальний профіль ґрунту, то найбільш помітні зміни об'ємної маси спостерігаються при переході від дернового до бідного органічними речовинами мінерального горизонту. На величину об'ємної маси впливає шпаруватість ґрунтів. По вертикальному ґрунтовому профілю шпаруватість з глибиною зменшується, внаслідок тиску шарів ґрунту, що лежать зверху. Зменшення загальної шпаруватості обумовлює збільшення об'ємної маси ґрунту.

Вплив гранулометричного складу впливає на об'ємну масу ґрунту таким чином:

Грубозернисті (крупнозернисті) – за гранулометричним складом (піщані і супіщані ґрунти) мають більшу об'ємну масу, ніж тонкозернисті суглинкові, так як останнім притаманна більша пористість. В умовах сільськогосподарського виробництва на величину об'ємної маси ґрунту можна впливати, застосовуючи його розпушування обробними знаряддями (плугами, культиваторами та ін.). З часом розпушений ґрунт ущільнюється, набуваючи рівноважного стану, характерного для кожного ґрунту. Так, якщо дерново-підзолистий суглинковий ґрунт під час сівби ячменю мав об'ємну масу верхнього шару $1,22 \text{ г/см}^3$, то через деякий час його рівноважна щільність склала $1,28 \text{ г/см}^3$, у чорноземі південного важкосуглинкового під кукурудзою при її сівбі щільність ґрунту була $1,0 \text{ г/см}^3$, а рівноважна – $1,15 \text{ г/см}^3$. Оптимальною для більшості сільськогосподарських культур вважається рівноважна об'ємна маса ґрунту, яка знаходиться в межах $1,0\text{--}1,20 \text{ г/см}^3$.

Щільність будови ґрунту характеризується способом залягання ґрунтових грудочок в одиниці об'єму і щільності ґрунту. Чим тісніше розміщуються частинки ґрунту або грудочки, тим вища щільність його будови. Вона виражається такими самими одиницями, як і об'ємна маса – г/см^3 і становить в орному шарі дерново-підзолистих ґрунтів $1,2\text{--}1,4 \text{ г/см}^3$, чорноземів – $1,0\text{--}1,3 \text{ г/см}^3$. Кожному ґрунту властива певна постійна щільність будови. Це так звана *рівноважна щільність*, яку ґрунт має в природному стані або якою вона стає через певний час після обробки. У чорноземних ґрунтів рівноважна щільність дуже близька до оптимальної для росту культурних рослин – $1,1\text{--}1,3 \text{ г/см}^3$.

8.3. Пористість ґрунтів

Порістю ґрунту називають суму всіх пор ґрунту, заповнених водою або повітрям.

Тверді частинки ґрунту бувають не тільки різні за величиною, але й різні за формою. Стикуючись між собою різними частинами своєї поверхні (кутами, ребрами, гранями), вони створюють проміжки, які носять назву пор.

Всі пори ґрунту між механічними елементами можна розбити на три групи за їх відношенням до води:

1. Некапілярні пори діаметром $> 10^{-1} \text{ см}$;
2. Капілярні пори $10^{-1} \text{ -- } 10^{-5} \text{ см}$;
3. Ультра пори $10^{-5} \text{ -- } 10^{-7} \text{ см}$.

Всі ці пори зустрічаються у різному ґрунті. *Некапілярні пори* – це пори, в яких вода, що їх заповнила, знаходиться під впливом гравітаційних сил і пересувається зверху вниз. На звільнене від води місце надходить повітря.

У *капілярних* порах, вода що їх заповнила, пересувається переважно за законами капілярного руху рідини в ґрунті. Необхідно відмітити, що капілярний рух води в порах діаметром 10^{-4} см фактично не відбувається. Капілярні пори можуть бути в грудочках ґрунту і між ними. Вода капілярних пор складає основний запас води у ґрунті.

В *ультра* порах щільність води більше одиниці, а пружність пари менше пружності пари вільної води, тобто вода ультра пор ущільнена. В ультра пори вода надходить у вигляді пари. До ультра пор відносяться пори між ґрунтовими частинками і цілим рядом інших механічних елементів в грудочках.

До найвпливовіших факторів, від яких залежить пористість ґрунту, відносяться гранулометричний склад та структурний стан ґрунту. При поважчанні гранулометричного складу збільшується загальна пористість. С.П. Кравков наводить дані, які характеризують вплив гранулометричного складу на пористість ґрунтів (табл. 8.2).

Таблиця 8.2 – Вплив гранулометричного складу на шпаруватість ґрунтів

Гранулометричний склад ґрунтів	Шпаруватість від загального об'єму ґрунту, %
Крупний пісок	40
Мілкий пісок	42–46
Суглинок	47
Глина	50–52

Значний вплив на загальну пористість має структура ґрунту, крім цього вона обумовлює появу агрегатної та міжагрегатної пористості. Поділ пористості на агрегатну і міжагрегатну вивчався Н.А. Качинським, С.В. Астаповим, О.Ф. Тюліним. В структурному ґрунті загальна пористість приблизно в 1,5 раз вища, ніж на тому ж безструктурному ґрунті. Пористість гумусового горизонту знаходиться в межах 50–60 %.

В більш глибоких шарах суглинкових ґрунтів вона складає 40–45 %, а у оглеєних безструктурних горизонтах падає до 25–30 %. Пористість пісків з різною величиною зерен в середньому дорівнює 35 %. Загальну пористість ґрунту можна обчислити за величиною щільності твердої фази і об'ємної маси ґрунту, від яких вона знаходиться у функціональній залежності. З курсу фізики відомо, що добуток об'єму на щільність тіла при даній його масі величина постійна. Звідси:

$$d \cdot V = d_1 \cdot V_1, \quad (8.2)$$

де d – щільність твердої фази ґрунту, г/см³; V – об'єм твердої фази ґрунту, см³; d_1 – об'ємна маса ґрунту, г/см³; V_1 – об'єм ґрунту, см³.

З наведеного рівняння виходить, що:

$$V = d_1 \cdot V_1 / d, \quad (8.3)$$

а пористість (P) в абсолютних величинах дорівнює:

$$P = V_1 - V, \text{ або } P = V_1 \cdot (V_1 \cdot d_1) / d. \quad (8.4)$$

Коли привести останнє рівняння до спільного знаменника, то одержимо:

$$P = \frac{V_1 d - V_1 d_0}{d} = \frac{V_1 (d - d_0)}{d}, \quad (8.5)$$

а P в % до об'єму ґрунту виглядає наступним чином:

$$P = \frac{V_1 (d - d_0)}{d V_1} 100 = \frac{d - d_0}{d} 100. \quad (8.6)$$

Цю формулу можна змінити і так:

$$P = \left(1 - \frac{d_0}{d}\right) 100. \quad (8.7)$$

За величиною показника загальної пористості дають оцінку ґрунту. Якщо загальна пористість > 70 %, то такий ґрунт вважається занадто розпушеним; при 55–65 % – відмінним; 50–55 % – задовільним для орного шару; < 50 % – незадовільним для орних земель; 25–40 % пористості мають ущільнені ілювіальні горизонти.

Загальна пористість ґрунту складається з пористості його агрегатів та міжагрегатних пор. Пористість окремого агрегату ($P_{АГР}$, %) визначається за формулою:

$$P_{АГР} = \left(1 - \frac{M_{АГР}}{V_{АГР} d}\right) 100, \quad (8.8)$$

де $M_{АГР}$ – маса сухого агрегату, г; $V_{АГР}$ – його об'єм, см³.

Відповідно з цим пористість всіх агрегатів ґрунту (%) може бути визначена як:

$$P_{\Sigma АГР} = \frac{P_{АГР} (100 - P)}{100 - P_{АГР}}. \quad (8.9)$$

Виходячи з величини агрегатної пористості можна дати їй оцінку:

- 50 % – найкраща,
- 45–50 – добра,
- 40–45 – задовільна,
- < 40 – незадовільна,
- < 30 – дуже погана.

Знаючи величини загальної (P) і агрегатної ($P_{ВГР}$) пористості, можна визначити міжагрегатну пористість:

$$P_{МАГР} = P - P_{\Sigma АГР}. \quad (8.10)$$

Наведені рівняння для агрегатної і мі міжагрегатної пористості справедливі в тому разі, якщо весь ґрунт добре і повністю агрегатований. Коли ж у ґрунті є розпилена не агрегатована частина, приходиться вносити поправку на вміст агрегатів в загальному об'ємі ґрунту, що можна зробити на основі даних структурного аналізу.

Оскільки вода і повітря в порах ґрунту є антагоністами (чим більше води в порах ґрунту, тим менше повітря, і навпаки), важливо знати співвідношення пор, зайнятих водою і повітрям в той чи інший момент, котрі визначаються властивостями ґрунту.

Відносний об'єм пор, які зайняті міцнозв'язаною водою (в %):

$$P_{м.з} = \frac{W_{м.з} d_V}{1,5}, \quad (8.11)$$

де $W_{м.з}$ – максимальна гігроскопічність ґрунту, %; 1,5 – щільність міцнозв'язаної води; d_V – відносна щільність ґрунту.

Відносний об'єм пор, які зайняті слабкозв'язаною водою (в %):

$$P_{с.зв} = \frac{0,5W_{м.з} d_V}{1,25} = \frac{(W_{всв} - W_{м.з}) d_V}{1,25}, \quad (8.12)$$

де $W_{всв}$ – волога стійкого в'янення; 1,25 – щільність слабкозв'язаної води.

Нарешті, відносний об'єм пор, зайнятих капілярною водою (в %):

$$P_{кап} = (W_{н.в} - 1,5W_{м.з}) d_V = (W_{н.в} - W_{всв}) d_V, \quad (8.13)$$

де $W_{н.в}$ – найменша вологомісткість ґрунту, %.

Загальна пористість, зайнята різними категоріями води при різній вологості ґрунту (в %), складає:

$$P_W = P_{м.з} + P_{с.зв} + P_{кап}. \quad (8.14)$$

Тоді пористість аерації буде:

$$P_{аер} = P - P_W. \quad (8.15)$$

8.4. Фізико-механічні властивості ґрунтів

Фізико-механічні властивості ґрунтів проявляються під впливом на них зовнішніх навантажень. До фізико-механічних властивостей відносяться *пластичність, липкість, набрякання, усадка, зв'язність, твердість, опір при обробітку та стиглість ґрунту*.

Пластичність – здатність ґрунтів змінювати свою форму під впливом зовнішнього навантаження і зберігати її після усунення навантаження. Пластичність ґрунтів залежить від їхнього гранулометричного і хімічного складу, кількісного вмісту вологи в ґрунті і, головним чином, від присутності в ґрунтах колоїдів. Тому найбільш сильно властивість пластичності проявляється в глинистих та суглинкових ґрунтах і менш у піщаних та супіщаних. Пластичні властивості одного і того ж ґрунту змінюються в залежності від його зволоження.

У відповідності з цим Аттерберг запропонував розрізняти наступні константи пластичності ґрунтів:

а) верхня межа пластичності або межа текучості – масова вологість ґрунту, при якій стандартний конус під дією своєї маси (76 г) заглиблюється в ґрунт на 10 см;

б) нижня межа пластичності або межа розкачування – масова вологість, при якій зразок ґрунту можна розкачати в шнур діаметром 3 мм без утворення в ньому розривів;

в) число пластичності – різниця між числовим вираженням верхньої і нижньої межі пластичності.

Пластичність визначається гранулометричним складом та формою частинок, з яких складається ґрунт. Пластичність глин вдвоє більше пластичності суглинків і втриє більше пластичності супісків. Піски практично непластичні. Числа пластичності для згадуваних вище ґрунтів відповідно дорівнюють 35–40, 10–20, 5–10 і 0. Найбільшою пластичністю характеризуються набухаючі частинки пластинчатої та лускатої форми. Пластичність залежить від складу вбирних основ, в силу того, що вони визначають ступінь гідратації ґрунтів.

Липкість. Ґрунт в стані пластичності, яка наближається до її верхньої межі, має властивість прилипати. Ця властивість ґрунту є негативною, так як при його обробітку відбувається залипання робочих частин машин і знаряддя ґрунтом, збільшується тяговий опір і погіршується якість обробленого ґрунту. Найбільшою липкістю при відповідній вологості характеризуються глинисті та суглинкові ґрунти. Величину липкості вимірюють навантаженням, яке необхідне для відриву ґрунту від поверхні прилипання. Виражається ця величина в грамах на 1 см². В умовах нижньої межі пластичності – межі розкачування, властивість зминання у ґрунтів зникає і проявляється здатність при обробітку розпадатися на грудочки. Такий стан вологості відповідає фізичній стиглості ґрунту, яка настає при його вологості від 1,5 максимальної гігроскопічності до 50–60 % повної вологомісткості.

Набрякання та усадка ґрунту.

Набрякання ґрунту характеризується збільшенням його об'єму при зволоженні та замерзанні.

Усадка ґрунту – це зворотній процес набряканню, тобто зменшення об'єму ґрунту при його висиханні .

Набрякання властиве головним чином частинкам колоїдального подрібнення. Величина набрякання залежить від гранулометричного та петрографічного складу ґрунту, кількості та характеру органічних речовин у ньому, від вбирних основ, наявності розчинних солей і глибин залягання дослідного горизонту в товщині ґрунту. Сильніше набрякають глинисті та суглинкові ґрунти. Особливо ті, які мають у поглиненому стані велику кількість іонів Na^+ . Ґрунти, багаті перегноєм, сильніше набрякають, ніж ґрунти бідні на органіку. При наявності в ґрунті вільних електролітів величина набрякання зменшується. Величина усадки залежить від всіх величин, що вказані для набрякання, і змінюється вона в прямій залежності від набухання: чим більше набухання, тим більше може бути усадка при відповідній зміні вологості ґрунту. Набрякання вимірюють різними способами: за зміною величини об'єму ґрунтової маси, за величиною тиску і за зміною вологості зразків, що набрякли.

Усадку визначають в об'ємних величинах:

$$V_y = \frac{V - V_1}{V} 100, \quad (8.16)$$

де V – об'єм вологого ґрунту; V_1 – об'єм сухого ґрунту; V_y – % усадки від об'єму.

Зв'язність ґрунту – здатність чинити опір зовнішнім силам, які намагаються роз'єднати частинки ґрунту. Зв'язність спричиняється різними силами зчеплення між частинками ґрунту. Ступінь зчеплення обумовлена гранулометричним і мінералогічним складом, структурним станом ґрунту, вологістю і характером його сільськогосподарського використання.

Найбільшою зв'язністю характеризуються глинисті ґрунти. Найменшою – піщані. Мало структурні ґрунти в сухому стані мають максимальну зв'язність. Із збільшенням у ґрунтах вмісту крупно дисперсних елементів та їх оструктурення, зчеплення слабшає і зв'язність зменшується. Визначається зв'язність в $\text{кг}/\text{см}^2$.

Твердість – це опір ґрунту силам, які намагаються роз'єднати або розчленити його частинки. Виражається твердість в кілограмах на 1см^2 . Твердість до певної міри визначається зв'язністю ґрунтових частинок. Велика зв'язність притаманна механічним елементам – уламкам мінералів, кристалічних решіток з малими відстанями між іонами (група каолініту), у порівнянні з мінералами, які мають кристалічні решітки із одновалентних іонів з великими відстанями між ними. У легких піщаних ґрунтів твердість залежить головним чином від об'ємної маси. У важких суглинкових та глинистих ґрунтах, де мулисті частинки склеюють більш крупні механічні елементи, твердість ґрунтів

визначається не тільки об'ємною масою, але й зв'язністю: чим більше перегною в цих ґрунтах, тим менша їх зв'язність.

Вбирні катіони і катіони ґрунтового розчину збільшують зв'язність сухих ґрунтів у тому разі, якщо вони здатні утворювати високодисперсні клейкі прошарки між механічними елементами та агрегатами, наприклад гумат натрію. При висиханні такі ґрунти утворюють стовпи і бреші (проломи), яким притаманна велика механічна стійкість. Волога відіграє значну роль у зміні механічної стійкості ґрунту. Підвищення вологості ґрунту частіше всього зменшує його механічну стійкість.

Необхідно відмітити, що структурний стан ґрунту зменшує зв'язність і надає ґрунту пухкого складу, що значно полегшує та прискорює його обробіток.

Твердість ґрунту є дуже важливим діагностичним показником екологічного стану ґрунту, передусім його придатності для механічного обробітку. Найбільш сприятливими умовами для обробітку ґрунту будуть такі, коли його вологість знаходиться в межах близьких до розриву капілярних зв'язків (РКЗ). При зменшенні вмісту води у ґрунті до стану коефіцієнта в'янення твердість збільшується в 4–5 разів, що призводить до перевитрат паливно-мастильних матеріалів. Зменшується здатність корневих систем рослин освоювати шари ґрунту з більшою ефективністю.

Питомий опір ґрунту – зусилля, яке необхідне для підрізання шару, його оборот і тертя на робочу поверхню плуга. Виражається питомий опір в кілограмах на 1 см^2 . Питомий опір залежить від гранулометричного складу, фізико-хімічних властивостей та вологості ґрунту і змінюється в межах від 0,2 до $1,2 \text{ кг/см}^2$. Серед ґрунтів різного гранулометричного складу найменший опір при обробітку чинять піщані та супіщані ґрунти, тому їх називають «легкими», на відміну від важких суглинків та глинистих, які відносять до «важких ґрунтів».

Питомий опір ґрунту залежить від насиченості його основами. Ґрунти ненасичені основами чинять менший опір при їх обробітку в порівнянні з насиченими, так як зв'язність перших значно поступається другим. Суттєвий вплив на питомий опір ґрунту має його зволоження. Максимальний опір спостерігається при вологості, яка близька до вологості в'янення, мінімальний – при середній вологості ґрунту.

Стиглість ґрунту – під цим поняттям розуміють такий стан ґрунту, коли він при оранці кришиться і дає добру пухку ріллю, яка забезпечує нормальний ріст та розвиток сільськогосподарських культур. Розрізняють *фізичну і біологічну стиглість* ґрунту. Фізична стиглість визначається станом зволоження ґрунту, при якому спостерігається його найкраща придатність до механічної обробки. При оранці ґрунту, у фізичній стиглості відбувається його добре кришіння, рілля набуває пухкого стану. Дослідами встановлено, що нижньою межею вологості, за якої можна проводити оранку, настає тоді коли вологість ґрунту наближається до полуторної величини максимальної гігроскопічності, або вологості в'янення рослин. Нижче цієї вологості зв'язність ґрунту сильно зростає, збільшується опір при його обробітку, що негативно віддзеркалюється і на якості оранки.

За даними М.Х. Пігулевського, верхньою межею вологості, при якій ґрунт прилипає, є така вологість, коли агрегати ґрунту насичені водою і на їхній поверхні з'являється помітна на око водна плівка. В таких випадках при оранці ґрунт стає мазким, не кришиться і оранка стає поганою, негладкою. Кришіння ґрунту і одержання рівної, пухкої оранки забезпечується лише при вологості 50–60 % повної вологомисткості. Для ранньовесняного боронування зябу, передпосівного обробітку та сівби вологість на чорноземах повинна бути близька до найменшої вологомисткості.

Крім визначення стиглості ґрунту, пов'язаного з його фізичним станом розрізняють і біологічну стиглість. Визначення останньої зв'язано з моментом підсилення діяльності мікроорганізмів, котрі сприяють активній мобілізації поживних речовин. Так як ґрунтові мікроорганізми для своєї активної діяльності вимагають певної кількості вологи і тепла, а також вільної циркуляції повітря, то можливо в окремих випадках, в залежності від умов середовища, момент біологічної стиглості ґрунту може не співпадати з його фізичною стиглістю. Такі явища нерідко зустрічаються на землях Західного Сибіру і Північного Казахстану.

Контрольні питання

1. Дайте визначення загальних фізичних властивостей ґрунту. Від чого вони залежать?
2. Фізико-механічні властивості ґрунту. Від чого залежать?
3. Фізична стиглість та фактори від яких вона залежить.
4. Біологічна стиглість ґрунту, її значення для біологічних процесів, що відбуваються у ґрунті .
5. Розрахуйте загальну пористість ґрунту при $d = 2,55$, а $dV = 1,1 \text{ г/см}^3$.
6. Об'єм непорушеного ґрунту 6 см^3 , щільність твердої фази $2,60$, а об'ємної маси – $1,20 \text{ г/см}^3$. Розрахуйте, який об'єм займає тверда фаза цього ґрунту.

ГЛАВА 9. ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ

9.1. Теплові особливості ґрунтів

Теплота як форма енергії і температура, як її кількісна характеристика, відіграють велику роль у житті рослин. Температурний режим безпосередньо впливає на розвиток рослин, оскільки темпи розвитку залежать від поглиненого посівом тепла. У той же час з температурним режимом пов'язані внутрішньоґрунтове випаровування і транспірація, а температурний градієнт безпосередньо впливає на рух води у ґрунті. Крім того, від температури ґрунту, як і від її вологості, залежить інтенсивність азотних трансформацій. З іншого боку, на перенесення тепла у ґрунті впливає водний режим. Тому аналіз динаміки водного і теплового режимів варто проводити спільно. Зупинимося більш докладно на теплофізичних характеристиках ґрунтів.

Тепло відіграє велику роль у ґрунтоутворювальних процесах. Від наявності тепла в ґрунті залежить хід біологічних процесів, які сприяють розвитку мікроорганізмів і росту рослин. Як встановлено дослідниками, рослини, які ростуть і розвиваються при невідповідній температурі, передчасно старіють, уражуються швидше хворобами, вироджуються, в листках та коренях їх нагромаджується більше зольних речовин, ніж звичайно.

Наприклад, температурні інтервали проростання насіння різних сільськогосподарських культур свідчать про тісну залежність між тепловим станом ґрунту та початковими життєвими функціями рослин (табл.9.1).

Таблиця 9.1 – Температурні інтервали проростання насіння в ґрунті (°C)

Рослина	Мінімум	Оптимум	Максимум
Пшениця, ячмінь, овес,	0–5	25–31	31–37
жито	0–5	25–31	37–44
Гречка	5–10	31–37	37–44
Соняшник	5–10	37–44	44–50
Кукурудза	12–24	37–44	44–50
Бавовник, рис, гарбуз	15–18	31–37	44–50

Коливання температури – важливий компонент мікроклімату ґрунту. Слідуючи річним циклам зміни температури повітря, температура ґрунту суттєвим чином впливає на багато процесів, які протікають у ґрунті. З тепловим режимом ґрунту тісно пов'язані початок і кінець вегетаційного періоду, просторове розміщення рослин, характер розповсюдження кореневих систем, швидкість надходження до коріння поживних елементів. Температура ґрунту впливає на швидкість надходження води до коріння, на транспірацію, продуктивність рослин.

Температурний режим регулює чисельність мікроорганізмів та їх активність, мінеральні перетворення, процеси розпаду органічних решток і трансформації гумусу ґрунту. Температура ґрунтів контролює фазові переходи в

системі «грунт – ґрунтовий розчин – ґрунтове повітря», процеси розчинення солей та газів, швидкість вивітрювання мінералів.

Утворення цементацийних структур в тропіках під впливом надмірного перегріву та фрагментарних структур в північних широтах (під дію переохолодження) також обумовлені особливостями температурного режиму ґрунту.

Надходження тепла до ґрунту. Теплова енергія в ґрунті має декілька джерел:

1. Променева енергія сонця;
2. Атмосферна радіація;
3. Внутрішня теплота земної кулі;
4. Енергія біохімічних процесів розпаду органічних решток;
5. Радіоактивний розпад.

Вклад двох останніх джерел дуже малий і не приймається до уваги в балансових розрахунках. Внутрішня теплота земної кулі також незначна [$4,19 \cdot 10^{-4}$ Дж/(см²·хв)]. Вклад цього джерела в тепловий потік великий лише в районах активної вулканічної діяльності. Атмосферна радіація набуває суттєвого значення в балансі теплоти в районах нестійкої атмосферної діяльності, в період вторгнення теплих або холодних повітряних мас. Таким чином, основним джерелом теплоти в ґрунті є променева енергія сонця.

Середня кількість тепла, що надходить до верхньої границі атмосфери Землі від Сонця (сонячна постійна), дорівнює 8,296 Дж/(см² хв). Прихід тепла до земної поверхні менше внаслідок розсіювання його в атмосфері. Крім того, реальна кількість теплової енергії, що надійшла до ґрунту, суттєвим чином корелюється географічною широтою, порою року, станом атмосфери, експозицією схилу, характером рослинного покриву, а також тепловими властивостями ґрунту.

9.2. Теплові характеристики ґрунту

Сукупність властивостей, що обумовлюють здатність ґрунту поглинати та переміщувати у своєму шарі теплову енергію, називається тепловими властивостями. До них відносяться: *теплопоглинальна (тепловідбиваюча) здатність ґрунту, теплоємність, теплопровідність, теплосвоєння.*

Теплопоглинальна (тепловідбивна) – здатність ґрунту поглинати (відбивати) певну долю сонячної енергії, що падає на його поверхню. Характеризується альбедо (A) – частиною короткохвильової сонячної радіації, що відбивається його поверхнею ($Q_{\text{відб}}$), вираженою у відсотках до загальної сонячної радіації ($Q_{\text{заг}}$):

$$A = \frac{Q_{\text{відб}}}{Q_{\text{заг}}}, \quad (9.1)$$

де $Q_{\text{заг}}$ та $Q_{\text{відб}}$ виражаються в Дж/(см² хв).

Альbedo залежить від дуже багатьох властивостей ґрунту – його кольору, кількісного та якісного складу органічних речовин, механічного складу, структури, стану поверхні, вологості. Діапазон відбиття променевої енергії поверхнею ґрунту коливається від 8–10 до 30 %.

Властивість ґрунту поглинати теплову енергію називається *теплоємністю* (C); виражається через приріст теплоти (ΔQ) в одиниці маси ґрунту (1г) при зміні його температури (ΔT):

$$C = \Delta Q / \Delta T, \quad (9.2)$$

де C – теплоємність ґрунтів, Дж/(г·°С); Q – кількість теплоти в одиниці маси ґрунта, Дж/г; T – температура ґрунту, °С.

Розрізняють три види теплоємності ґрунтів – питому, об'ємну та ефективну.

Питома теплоємність ґрунту (C) – характеризується кількістю теплоти, необхідної для нагрівання або виділення при охолодженні одиниці маси (1 г) абсолютно сухого ґрунту на 1 °С в інтервалі температур від 14,5 до 15,5 °С.

Об'ємна теплоємність ґрунту (C_v) чисельно дорівнює кількості теплоти, необхідної для нагрівання, або виділення при охолодженні одиниці об'єму (1 см³) сухого ґрунту на 1 °С в тому ж інтервалі температур.

Питома та об'ємна теплоємність характеризують фізичні властивості ґрунту в стандартних, жорстко обмежених станах і визначаються мінералогічним та гранулометричним складом ґрунтів, вмістом органічних речовин, структурою:

- Пісок кварцовий – 0,82–0,83 Дж/(г °С);
- Глина – 0,96–0,98;
- Повітря – 1,02;
- Лід – 2,09;
- Вода зв'язана – 2,93–4,12;
- Вода вільна – 4,12.

В природних умовах теплоємність ґрунтів суттєвим чином відрізняється від стандартних параметрів, що пов'язано з різним рівнем зволоження. Зміна теплоємності ґрунтів залежно від вологості розраховується за формулою, яку запропонував П.І. Андріанов (1936):

$$C = 0,2x + 0,7y + (W - y), \quad (9.3)$$

де x – вміст мінеральних частинок, %; y – вміст зв'язаної води, %; W – вологість ґрунту, %.

Теплоємність ґрунту, яка характеризується сумарною кількістю тепла, що пішло на зміну температури одиниці маси ґрунту і фазового перетворення (випаровування, конденсація вологи, тобто процесів, що супроводжуються виділенням або поглинанням теплоти), називається *ефективною теплоємністю*.

Питома теплоємність для більшості мінеральних ґрунтів у абсолютно сухому стані коливається у порівняно вузьких межах – 0,7123–0,838. У міру підвищення вологості теплоємність піщаних ґрунтів зростає до 2,933, глинистих – 3,352, а торф'янистих – до 3,771. Глинисті ґрунти більш вологоємні та навесні повільно прогріваються. Тому вони називаються «холодними» ґрунтами. Легкі ґрунти (піщані, супіщані) навесні прогріваються швидше, внаслідок чого їх називають теплим.

Теплота, що надходить на поверхню ґрунтів, під дією створеного градієнта температур перерозподіляється у профілі ґрунту. Процес переносу теплоти називається *теплообміном*, а властивість ґрунтів передавати енергію шляхом теплової взаємодії твердих, рідких та газоподібних частинок, які взаємодіють між собою при стикуванні називається *теплопровідністю*.

Теплопровідність ґрунту – здатність її проводити тепло. Теплопровідність вимірюється кількістю тепла в джоулях, що проходить в секунду через 1 см² ґрунту шаром 1 см. У ґрунті тепло передається різними шляхами: через тверді частинки, що розділяють воду або повітря; при контакті частинок між собою; випромінюванням від частки до частки; конвекційною передачею тепла через газ чи рідину. На величину теплопровідності впливають хімічний та механічний склад, вологість, вміст повітря, щільність та температура ґрунту (табл. 9.2.)

Таблиця 9.2 – Теплопровідність складових частин ґрунту (джоулів на 1 см² в секунду)

Речовина	Теплопровідність	Речовина	Теплопровідність
Повітря	0,000246	Кварц	0,00984
Вода	0,005576	Граніт	0,03362
Торф	0,001107	Базальт	0,02132

У сухому стані ґрунти, багаті на гумус і мають високу пористістю аерації, дуже погано проводять тепло. Механічний склад ґрунтів безпосередньо впливає на величину теплопровідності. Вона тим більше, чим більші механічні елементи ґрунту. Встановлено, що теплопровідність фракції крупнозернистого піску при однаковій пористості та вологості в 2 рази вище, ніж великопиловатої фракції. Теплопровідність твердої фази приблизно в 100 разів перевищує теплопровідність повітря, тому пухкий ґрунт має нижчий коефіцієнт теплопровідності, ніж щільний. При зміні густини від 1,1 до 1,6 г/см³ теплопровідність зростає в 2–2,5 рази. Зворотна залежність виявляється між пористістю та теплопровідністю: при збільшенні пористості від 30 до 70 % теплопровідність зменшується у 6 разів. Прямий вплив на теплопровідність має ступінь зволоження ґрунту. При однаковій дисперсності та щільності більш вологе ґрунт характеризується більшою теплопровідністю, ніж сухе. За даними А.І. Гупало, при зміні вологості орного горизонту південного чорнозему від 0 до 25–30 % теплопровідність зростає в 5 разів. при підвищенні вологості теплопровідність різкіше збільшується у щільних ґрунтів.

Теплопровідність ґрунтів оцінюється коефіцієнтом теплопровідності (λ), який є емпіричною величиною, характерною для кожної різновидності і кожного генетичного шару ґрунту. Так як теплопровідність складових частинок ґрунту коливається в широких межах, коефіцієнт теплопровідності є інтегральною, динамічною величиною:

- Повітря – 0,000210 Дж/(см·с·град);
- Вода – 0,001107;
- Кварц – 0,00984;
- Граніт – 0,03362.

Інтенсивність зміни температури ґрунтів характеризується коефіцієнтом температуропровідності, добутком від ділення коефіцієнта теплопровідності на об'ємну теплоємність:

$$K = \frac{\lambda}{C_v}. \quad (9.4)$$

Ступінь акумуляції теплоти ґрунтом характеризується теплозасвоєнням ґрунту (β), який визначається за формулою А.Ф. Чудновського (1959):

$$\beta = \sqrt{\lambda C_v} \dots \quad (9.5)$$

9.3. Тепловий режим ґрунтів

Під *тепловим режимом ґрунту* розуміють сукупність всіх явищ надходження, пересування та віддачі тепла ґрунтом. Основний показник цього режиму – температура ґрунту. Тому тепловий режим часто називають температурним. Визначається він температурою ґрунту на різних глибинах та в різні терміни.

Променева енергія надходить до поверхні ґрунту протягом року та доби з неоднаковою інтенсивністю, тому розрізняють річний та добовий перебіг температури ґрунту. У помірних широтах річний перебіг температури ґрунту характеризується мінімумом у січні чи лютому та максимумом у червні або липні. Кожен тип ґрунту має певний річний хід температурних кривих на різній глибині ґрунту. Протягом року найбільшим коливанням піддається температура поверхні ґрунту. Річні коливання температури досягають у поверхневому шарі чорноземів 25–30 °С, тоді як на глибині 2 м вони значно менше (до 10 °С). У підзолистих ґрунтів річна амплітуда коливань температури поверхневого шару 15–25 °С.

Кожному ґрунтовому типу притаманні свої межі температури на глибині 20 см, тому основним показником теплового режиму ґрунту вважається його середня температура на цій глибині (табл. 8.4). Добовий перебіг температури характеризується одним максимумом (близько 13 год) та одним мінімумом (перед сходом сонця) і тому має форму синусоїди. Найбільша амплітуда коливань температури протягом доби властива поверхневому шару ґрунту. У

глибоких горизонтах коливання температури зменшуються, і в шарі 40–50 см перебіг температури протягом доби наближається до прямої.

Таблиця 8.4 – Коливання температури ґрунту (°С) на території України

Ґрунт	Середня температура за теплий період	Температура за найтепліший місяць	Середня температура за холодний період	Температура на найхолодніший місяць	Річна амплітуда температури
Підзолистий	6–10	15–18,5	–2–0,0	–3–+0,6	17–20
Чорнозем	11–15	18–22	–5–+1,0	–7–+1	20–27
Каштановий	14–16	23–26	–2 –+0,5	–3,5–+1,5	25–26

9.4. Вплив природних чинників на тепловий режим

На тепловий режим впливають клімат, рослинність, рельєф, сніговий покрив, а також механічний склад, вологість та колір ґрунту. Температурний режим ґрунтів обумовлюється їх географічним положенням, з яким пов'язане надходження променистої енергії до поверхні ґрунту, та проявом основних теплових властивостей ґрунтових горизонтів – теплопоглинаючої здатності, теплоємності та теплопровідності. Температура ґрунту безпосередньо впливає на розвиток рослин, особливо кореневої системи.

Окремі сільськогосподарські культури по-різному реагують на температурний режим ґрунту. Так, найбільша маса бульб картоплі утворюється при температурі ґрунту близько 15–18°C, а найвищий урожай томатів одержують при температурі ґрунту 30–35°C. Між температурою ґрунту і рослинами, що виростають на ній, виявляється не тільки прямий, а й зворотний зв'язок: рослинний покрив істотно впливає на динаміку температури в ґрунті. Рослини та пожнивні залишки зменшують добові та сезонні коливання температур у верхньому шарі ґрунту.

Тепловий режим ґрунтів залежить від рельєфу місцевості. Експозиція схилів та їх крутість визначають різницю у кількості тепла, що отримується від сонячної радіації. Ґрунти па південних, південно-західних та південно-східних схилах прогріваються краще, ніж на північних, північно-західних та північно-східних схилах та вирівняних просторах.

На більшій частині території України температура ґрунту взимку опускається нижче нуля. Замерзання ґрунтів у зимовий період називають сезонним мерзлотою.

Температурний режим ґрунту взимку відіграє важливу роль у сільськогосподарське виробництво (розвиток озимих культур, тривалість вегетаційного періоду). Сильно впливає на температурний режим сніговий покрив: перешкоджає глибокому промерзання ґрунту, зменшує втрату тепла з нього внаслідок випромінювання. Ґрунти, вкриті рослинністю (озимими, травами), промерзають менше, ніж орані під зиму. Дерев'яниста рослинність також впливає на терміни та глибину промерзання та відтавання ґрунтів. Взимку

під лісовими посадками температура завжди вища, ніж на відкритій місцевості. У лісі ґрунт промерзає на меншу глибину, порівняно з відкритою місцевістю.

Ґрунт на рівних місцях промерзає менше, ніж на високих. Глинисті ґрунти навесні нагріваються повільніше, ніж піщані, що пояснюється більшою їхньою вологістю та великою витратою тепла на випаровування. Ґрунти, що містять багато гумусу, темнокольорові, нагріваються краще, ніж світлозабарвлені.

Залежно від ступеня зволоження ґрунт замерзає за різних температур, оскільки окремі форми вологи переходять у твердий стан за різних температур. Міцнозв'язана волога ґрунту замерзає при більш низькій температурі, ніж рихлозв'язана. Більш диспергований ґрунт замерзає повільніше, ніж крупнозернистий (вологий пісок замерзає швидше за глину).

9.5. Тепловий баланс ґрунту

Цей параметр є кількісною характеристикою теплового режиму. Тепловий баланс складається з наступних величин: T_b , T_k , T_m , T_n , де T_b – радіаційний баланс, тобто. алгебраїчна сума надходить до поверхні ґрунту і сонячної енергії, що відтікає з неї. Радіаційний баланс полягає у прибутковій частині з прямої, розсіяної та довгохвильової радіації, а у видатковій – з відбитої та випромінюваної радіації; T_k – турбулентний потік тепла, пов'язаний з механізмом теплообміну між поверхнею ґрунту та повітрям; T_m – тепло, що витрачається на транспірацію вологи та її фізичне випаровування; T_n – теплообмін між шарами ґрунту, або тепловий потік з одних глибин ґрунту до інших. Різні шари ґрунту будь-якої миті мають деяку різницю в температурі. Тому в ґрунті йде поширення тепла по всьому профілю – теплообмін. Тепловий потік може поширюватися або від поверхні в глиб ґрунту (влітку, вдень), або з глибини до поверхні (взимку, вночі).

Рівняння теплового балансу ґрунту, згідно із законом збереження енергії, становить алгебраїчну рівність величин різних потоків:

$$T_b + T_k + T_m + T_n = 0.$$

Крім постійних статей теплового балансу, на температуру ґрунту може впливати температура опадів, а також тепло замерзання та відтавання води.

Відбита радіація, що грає помітну роль тепловому балансі ґрунтів, на паровому полі приблизно 2 разу менше, ніж ділянках, зайнятих сільськогосподарськими культурами. Велика питома вага у тепловому балансі належить теплу, що витрачається на сумарне випаровування.

9.6. Типи теплового (температурного) режиму ґрунтів

Тепловий баланс для різних частин території складається неоднаково. Залежно від середньорічної температури та характеру промерзання ґрунту

виділяють чотири типи температурного режиму ґрунтів: мерзлотний, тривало сезонно-промерзаючий, сезонно-промерзаючий, непромерзаючий.

Мерзлотний тип температурного режиму уражає місцевостей, де середньорічна температура профілю ґрунту негативна. У таких ґрунтах переважає процес охолодження, що супроводжується промерзанням їхньої вологи до верхньої межі багаторічномерзлих порід. Цей тип теплового режиму виражений у ґрунтах низки провінцій. Євразійської полярної та Східно-Сибірської мерзлотно-тайгової областей.

Тривало сезонно-промерзаючий тип температурного режиму проявляється на територіях, де переважає позитивна середньорічна температура ґрунтового профілю. Глибина проникнення негативних температур щонайменше 1 м, але змикання сезонного промерзання з багаторічномерзлими породами немає (не виключається відсутність багаторічномерзлих порід). Тривалість промерзання щонайменше 5 місяців.

Сезонно-промерзаючий тип температурного режиму відрізняється позитивною середньорічною температурою ґрунтового профілю. Промерзання трохи більше 5 місяців. Підстилаючі породи немерзлі. Тривале сезонно-промерзаючим і сезонно-промерзаючим типами теплового режиму охоплюється найбільша частина території України.

Непромерзаючий тип температурного режиму спостерігається в місцевостях, де промерзання профілю ґрунтів та морозність не виявляються. До них відносяться тепла південно-європейська фація та області субтропічного поясу.

9.7. Прийоми регулювання теплового режиму ґрунтів

Знання теплового балансу та його елементів, теплового потоку в ґрунт та теплових властивостей дозволяє використовувати різні агрономічні заходи, що суттєво впливають на тепловий режим ґрунтів. Усі прийоми активного впливу на тепловий режим ґрунтів поділяються на агротехнічні, агроеліоративні та агрометеорологічні. До першої групи належать різні способи обробітку ґрунту: прикочування, гребенювання, залишення стерні, мульчування; до другої – зрошення, осушення, лісові смуги, заходи боротьби з посухою; до третьої – прийоми, що знижують випромінювання тепла з ґрунту, заходи боротьби з заморозками та ін.

Вплив агроеліоратарних прийомів на тепловий режим найбільш стійкий і радикальний. Лісові смуги перешкоджають стоку води з території, сприяють накопиченню снігу і тим самим безпосередньо впливають на температуру ґрунту в зимовий період, змінюють мікроклімат місцевості, зокрема зменшують швидкість вітру в міжсмуговому просторі порівняно з відкритою місцевістю на 20–40 %. Тим самим зменшується вертикальний обмін приземного шару повітря з атмосферою, що супроводжується зниженням температури повітря у міжсмуговому просторі вдень та підвищенням уночі.

На тепловий режим ґрунтів суттєво впливає зрошення. Відбита радіація зменшується на зрошуваних ділянках до 20 % порівняно з неорошуваними. Після поливу також зменшується випромінювана радіація, в результаті збільшується прихід теплової енергії до ґрунту. З зрошенням пов'язана зміна теплової акумуляції ґрунту. Коефіцієнт теплопровідності ґрунту, що не зрошується, значно менше, ніж зрошеного. Це викликає нерівномірне прогрівання і призводить до значних добових коливань температури у верхніх шарах. При зрошенні зростає теплопровідність, що сприяє більш рівномірному прогріву ґрунту та зниження коливань температури. Тепловий приплив з повітря значно вищий на зрошуваних ділянках, де спостерігається випаровування. Загалом на зрошуваному полі створюється більш сприятливий мікроклімат. На тепловий режим ґрунтів значно впливає осушення. Сприяє підвищенню температури ґрунту застосування великих норм органічних добрив.

Агротехнічні прийоми регулювання теплового режиму ґрунтів найбільш доступні для активного впливу на їх тепловий баланс. Створення гребнистої поверхні сприяє кращому прогріванню ґрунту, забезпечує велику акумуляцію розсіяної радіації, покращує конвективний тепловий обмін повітря з ґрунтом і створює умови для підвищення морозостійкості рослин під час радіаційних заморозків.

Температура ґрунту на гребнистій поверхні більш висока: протягом літнього дня на 3–5 °С вище, ніж у ґрунті на рівних ділянках. На тепловий режим ґрунту суттєво впливає глибина основної обробки. Завдяки оранці створюється різка неоднорідність ґрунту по глибині - змінюються щільність і вологість, загальна пористість і пористість аерації. Зміна основних фізичних показників впливає на теплопровідність та теплоємність. На температуру поверхні ґрунту впливає співвідношення між окремими статтями теплового балансу. Так як величина випаровування навесні не залежить від вологості, а тепловіддача повітря і радіаційний баланс обумовлені зміною температури поверхні ґрунту, виявляється пряма залежність теплового балансу від теплового потоку в ґрунт, який визначається тепловими властивостями та температурою ґрунту на її поверхні. Різниця в температурі нагрівання ґрунту з різною потужністю орного горизонту буде пропорційна глибині оранки.

Прикочування верхнього шару можна підвищити середньодобову температуру на 3-5 °С в 10-сантиметровому шарі, що залягає нижче ущільненого прошарку. Це пояснюється більш високою теплопровідністю ущільненого шару.

Температуру ґрунту можна значно змінити мульчуванням (покриття поверхні ґрунту різним матеріалом). Фізичний зміст такого прийому полягає у зміні двох елементів радіаційного балансу – відбивної та випромінювальної здатності ґрунтів, тобто альбедо та константи випромінювання поверхні ґрунту. Чорна мульча зменшує альбедо ґрунту на 10-15 %, що призводить до зниження відбивної здатності та до нагрівання ґрунту. При цьому змінюються інші компоненти теплового балансу (витрата тепла на фізичне випаровування, теплообмін між шарами ґрунту та ін.). Біле покриття може бути засобом зниження надлишкового нагрівання ґрунту. В даний час як мульча широко

застосовують різні прозорі плівки з полімерів і пластмас. Такі плівки добре пропускають видиму частину сонячного спектру та інфрачервоні промені. Під плівкою тепло витрачається дуже повільно, що призводить до інтенсивнішого нагрівання ґрунту.

Впливає на температурний режим ґрунту снігозатримання (за допомогою залишеної стерні, нарізки снігових валів та іншими способами). Накопичення рівного і досить потужного шару снігу зменшує глибину промерзання ґрунту, підвищує його температуру взимку та прискорює відтавання навесні.

До агротехнічних прийомів, спрямованих створення сприятливих теплових умов сільськогосподарським рослинам, належить аераційний спосіб посадки картоплі, широко поширений у Мурманської області та інших північних областях. Він полягає в розрідженій посадці картоплі (80-90x40 см), при якій досягається кращий теплообмін між охолоджуваним листям і теплішим повітрям.

Поширеним агрометеорологічним прийомом є створення димових завіс, що знижують випромінювання тепла з ґрунту і що оберігають рослини від заморозків.

У південних районах ефективні прийоми, створені задля зменшення припливу тепла до ґрунту. Притінення її поверхні розстановкою щитів, покриттям соломкою та іншими матеріалами зменшує приплив тепла і захищає сходи від сонячних променів, що палять.

Важливе значення в регулюванні температурного режиму ґрунтів належить рослинності, яка затіняючи поверхню ґрунту сприяє зниженню температури її верхнього шару. Видалення рослинності та розорювання цілинних ґрунтів викликають підвищення температури верхнього шару.

Посівом високостеблових рослин (кукурудзи, соняшнику та ін.) також можна регулювати температурний режим ґрунту. Такі кулісні посіви створюють парниковий ефект, що призводить до підвищення температури ґрунту та повітря в денні години, що сприяє кращому розвитку овочевих культур у районах з нестачею тепла.

Контрольні питання

1. Які фактори впливають на температурний режим ґрунтів?
2. Наведіть теплові характеристики ґрунтів.
3. Які бувають типи теплового режиму ґрунтів?
4. Що таке тепловий баланс ґрунту?
5. В чому полягають прийоми регулювання поживного режиму ґрунтів?

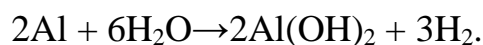
ГЛАВА 10. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ. ПОГЛИНАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ ҐРУНТІВ 10.1. Хімічні елементи та їх сполуки в ґрунтах

Хімічні елементи знаходяться в ґрунтах у вигляді різних сполук, які визначають основні властивості ґрунтів. Серед них важливе місце займає їх доступність рослинам, здатність до пересування в межах профілю ґрунту, до взаємодії з іншими елементами, а також органічними речовинами ґрунту.

Кисень (оксиген) – найпоширеніший елемент земної кори; він складає майже половину її маси і входить до складу майже всіх гірських порід. Кисень – хімічно дуже активна сполука. Він реагує з більшістю хімічних елементів, утворюючи оксиди. Реакція кисню з різними сполуками відноситься до реакцій *окислення*. Дуже важливим для рослин, мікроорганізмів і тварин, що мешкають у ґрунті, має вміст у ґрунтовому повітрі вільного кисню (O_2).

Кремній (силіцій) за розповсюдженням у земній корі займає після кисню друге місце. Він входить до складу багатьох гірських порід і мінералів кремнезему SiO_2 та ін. Кислотний оксид кремнію SiO_2 має атомну кристалічну ґратку (решітку), не реагує з водою. При нагріванні реагує з основними оксидами і розчинами лугів з утворенням солей кремнієвої кислоти. Кремнієва кислота H_2SiO_3 має полімерний склад, умовно її можна відобразити формулою $SiO_2 \cdot nH_2O$. Реакція руйнування природних силікатів під дією H_2O і CO_2 призводить до утворення глини і піску. Водні розчини силікатів гідролізовані і мають лужну реакцію. Валовий вміст SiO_2 у ґрунті коливається від 40–70 % в глинистих ґрунтах і до 90–98 % в піщаних.

Алюміній. За розповсюдженням в земній корі алюміній займає третє місце (після кисню і кремнію) і зустрічається в основному в складі складних сполук алюмосилікатів (до них належать глини, польовий шпат, слюда, нефелін). Алюміній – дуже активний метал, але на повітрі й у воді він стабільний, дякуючи міцній поверхневій плівці оксиду Al_2O_3 . При її видаленні алюміній швидко реагує з киснем повітря, а з води витісняє водень:



При вивітрюванні первинних і вторинних мінералів звільняється гідрооксид алюмінію, значна частина якого залишається на місці (як малорухомий) і лише незначна кількість переходить у розчин. У кислому середовищі ($pH < 5$) він стає рухомим і зумовлює появу у ґрунтовому розчині $Al(OH)_2^+$ та $AlOH_2^+$, які виявляють фітотоксичність для багатьох рослин.

Водорозчинна і колоїдна форма гідрооксиду при взаємодії з органічними кислотами створюють рухомі комплекси сполук, які здатні переміщуватись по профілю ґрунту.

Валовий вміст алюмінію (Al_2O_3) в ґрунтах коливається від 1–2 до 15–20 %, а в фералітних ґрунтах тропіків може перевищити 40 %.

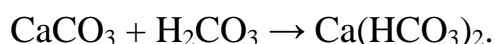
Залізо. Цей елемент знаходиться в ґрунтах в складі як первинних, так і вторинних мінералів, виступаючи головним компонентом магнетиту, гематиту, глауконіту, рогових оболонок, піроксенів, біотиту, глинистих мінералів. Загальний вміст в ґрунті Fe_2O_3 коливається в дуже широких межах: від 0,5–1,0 % в піщаних ґрунтах, 3–5 % в ґрунтах на лесах, до 8–10 % в ґрунтах на елювії щільних феромагнезіольних.

При вивітрюванні мінералів, в яких знаходиться залізо, утворюється малорухома сполука у вигляді гелію $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, яка згодом при кристалізації переходить в гелій $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ та гідроґетит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. В сильноокислому середовищі рухомість гідрооксиду заліза збільшується і в ґрунтовому розчині з'являються іони заліза. При перезволоженні, в умовах анаеробіозису, окисна форма заліза в результаті відновлювальних процесів переходить в захисну форму з утворенням розчинних сполук FeCO_3 , $\text{Fe}(\text{HCO})_2$, FeSO_4 , де залізо стає доступним для рослин. Надмірна концентрація закисного заліза шкодить рослинам.

В ґрунтах з нейтральною або лужною реакцією, де переважають окислювальні процеси, рослини можуть відчувати нестачу заліза, що проявляється через хлороз (пожовтіння листя при знизженні вмісту і активності хлорофілу).

Кальцій. В ґрунтах кальцій може знаходитись в кристалічній гранулі мінералів, в об'ємно-вбирному стані, а також у формі простих солей хлоридів – CaCl_2 , нітратів – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, карбонатів – CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, сульфатів – CaSO_4 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Серед обмінних катіонів у більшості типів ґрунтів йому належить провідне місце. Вміст кальцію в безкарбонатних суглинкових ґрунтах становить 1–3 % і визначається головним чином присутністю глинистих мінералів тонкодисперсних фракцій, а також гумусом і фіторештками, які зумовлюють тенденцію до біогенного збагачення кальцієм при поверхневій органічно-мінеральній частині профілю. Однак його підвищений вміст може бути успадкований також від уламків карбонатних порід і первинних Са-вмістких мінералів, присутніх у великих фракціях. У ґрунтах сухостійної та аридної зон підвищення валового вмісту кальцію може бути обумовлено утворенням і накопиченням вторинного кальциту або гіпсу в процесі ґрунтоутворення. Багато кальцію може накопичуватись у ґрунті гідрологічним шляхом. Карбонат кальцію у ґрунті під впливом вуглекислоти переходить у розчинений стан (бікарбонат Са):



Рослини зазвичай не відчують нестачі Са на більшості ґрунтів, проте внесення Са-вмістких сполук (гіпсу) поліпшує їх фізичні, фізико-механічні, фізико-хімічні й біологічні властивості.

Магній за вмістом у ґрунтах стоїть близько до кальцію, виконуючи в рослинах важливу фізіологічну роль, передусім в складі хлорофілу. В ґрунтах магній присутній в глинистих мінералах, головним чином в хлориді. Крім цього,

Mg міститься в уламках доломітів, олівіні, рогових обманках, піроксенах, в аридній зоні багато магнію акумулюється в засолених ґрунтах у вигляді хлоридів і сульфатів.

Калій. Загальний вміст калію в різних ґрунтах дуже різноманітний і за винятком торфу і піщаних ґрунтів, завжди досить великий. Як правило, загальна кількість калію коливається в межах від 1 до 2,5 %. Найбільша кількість калію міститься в глинистих і суглинкових ґрунтах. У ґрунтах легкого гранулометричного складу, тобто в піщаних і супіщаних, його міститься значно менше. Дуже бідні на калій торфові ґрунти.

Загальний вміст калію у ґрунті складається з калію гірських порід і мінералів, обмінного калію і калію водорозчинних солей. Більша частина калію подана калієм гірських порід і мінералів. Ці форми калійних сполук характеризуються малою розчинністю, а отже і малою доступністю до рослин. Вони стають доступними рослинам тільки в результаті процесів вивітрювання.

Обмінним, або увібраним, називається калій, що входить до складу катіонів ґрунтового вбирного комплексу. Кількість увібраного калію в ґрунтах порівняно невелика і становить не більше 0,5–1,0 % від загальної його кількості. Обмінний калій доступний для рослин. У формі водорозчинних солей калію ще менше, ніж у формі обмінного калію (не більше 10 % від обмінного).

Калій, що входить до складу залишків рослин і мікроорганізмів, які не розклались, дуже швидко вимивається водою (тому що не зв'язаний з органічними речовинами) в ґрунт у легкорозчинній формі. Вміст цієї форми не перевищує 0,5 % від загальної кількості калію в ґрунті. Хоча калій і не утворює органічних сполук, але приймає участь у вуглеводному обміні, входить до складу понад сорока ферментів, надає заряду клітинним мембранам, підвищує жаро- і холодостійкість рослин, протидіє їх виляганням та грибковим захворюванням.

ґрунтовий калій, як і калій рослин, містить у своєму складі 0,011 % радіоактивного ізотопу калію (K_{40}).

Натрій надходить у ґрунт в основному з Na-містких польових шпатів, провідне місце серед яких належить альбіту ($Na_2 Cl_2 Si_6 O_{16}$). Валовий вміст в ґрунті Na_2O складає біля 1–3 %, в крупних фракціях досягає 5–6 %, в мулі знижується до 0,5–1,0 %. В засолених ґрунтах сухостепової зони та аридних зон натрій може бути присутнім у вигляді хлоридів і сульфатів або входить до вбирного комплексу ґрунтів в зв'язку з чим вміст Na_2O в цьому випадку зростає, спричинюючи погіршення фізичних та фізико-хімічних властивостей ґрунтів. Рослини нестачу натрію не відчують, скоріше навпаки – пригнічуються ним на галофітних ґрунтах. Проте цукрові буряки позитивно реагують на натрієві добрива підвищенням кількості та якості урожаю.

Фосфор. Загальний вміст фосфору в ґрунтах коливається від 0,05 до 0,2 %. У ґрунті фосфор знаходиться в органічних і мінеральних сполуках. Органічні фосфати складаються із сполук, які входять до складу кореневої системи рослин та інших рослинних решток і тіл мікроорганізмів. Як правило, мінеральні

фосфати переважають над органічними, але в торфових і багатих на перегній ґрунтах вміст органічних фосфатів може бути досить великим.

Мінеральні фосфати в ґрунті представлені різними сполуками, переважно *ортофосфорної кислоти*, у вигляді солей кальцію, магнію, заліза та алюмінію. Кальцій утворює з ортофосфорною кислотою (H_3PO_4) ряд солей, різних за ступенем заміщення кальцієм водню кислоти:

- однозаміщенні – $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$;
- двозаміщенні – $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
- тризаміщенні – $\text{Ca}_3(\text{PO})_2 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$.

Чим більше заміна водню кальцієм, тим менша розчинність солі і доступність її рослинам. Добре розчинними солями ортофосфорної кислоти є однозаміщенні фосфати кальцію, магнію і фосфорнокислі солі одновалентних катіонів – калію, натрію, амонію.

Водорозчинні солі ортофосфорної кислоти є в ґрунтах в дуже незначній кількості. Це пояснюється тим, що легкорозчинні фосфати зазнають у ґрунті процесів хімічного вбирання, в результаті чого відбувається повторне утворення малорозчинних сполук фосфору з Ca, Mg, Fe та Al.

В ґрунтах, насичених основами, ортофосфорна кислота зв'язується головним чином кальцієм та магнієм. У кислих ґрунтах вона зв'язується в основному залізом та алюмінієм.

Засвоюваність цих форм фосфорних сполук ґрунту неоднакова. Так, фосфати кальцію, магнію, двозаміщенні і навіть тризаміщенні, поступово розчиняються у слабкокислому середовищі і, таким чином, є більш доступними, ніж фосфати заліза та алюмінію.

Вуглець (карбон) акумулюється у верхніх горизонтах ґрунтів у складі гумусу, а також органічних решток. Вміст органічного вуглецю $\text{C}_{\text{орг}}$ коливається від часток відсотку (в збіднілих органічними речовинами піщаних ґрунтах) до 3–5–15 % (в добре гумусованих чорноземах). Так, як органічний вуглець є джерелом енергії біологічних процесів, які відбуваються у ґрунті, то необхідно пам'ятати про бездефіцитний баланс цього елемента, поповнюючи його за рахунок органічних добрив,

Багато вуглецю може знаходитись у складі карбонатів. Як енергетичний матеріал він не представляє особливої цікавості але роль цієї форми вуглецю важлива у ґрунтогенезі безпосередньо через вугільну кислоту (H_2CO_3) та і її солі (карбонати).

Азот. У ґрунтах азот знаходиться переважно в органічних сполуках, безпосередньо недоступних для використання рослинами. Материнські породи, на яких виникли ґрунти, азоту не містять. Таким чином, можна сказати, що майже весь ґрунтовий азот – біологічного походження. Справді, від 5 до 15 кг азоту на 1 га за рік зв'язується вільноживучими мікроорганізмами. Від 70 до 200 кг азоту на 1 га зв'язується бульбочковими бактеріями. Розпад тіл цих організмів після їх відмирання призводить до мінералізації азотистих сполук і до появи в ґрунті речовин (аміачних і нітратних солей), які засвоюються рослинами. Незважаючи на невелику кількість (не більше 0,3–0,4, часто 0,1 і менше

відсотку), азот виконує надзвичайно важливу роль в родючості ґрунтів тому, що життєво необхідний рослинам, для яких він доступний тільки у формі нітратного або амонійного іонів. Іон NH_4^+ легко поглинається ґрунтом з частковим переходом в необмінний (фіксований) стан, а іон NO_3^+ не поглинається ґрунтом ні хімічно, ні фізико-хімічно, знаходячись переважно в ґрунтовому розчині і легко використовується рослинами, які споживають його у великій кількості.

За вмістом у рослинах азоту належить першість із елементів мінерального живлення, які надходять з ґрунту, в зв'язку з чим постійно існує потреба в поповненні його запасів.

Сірка, яка складає 0,09 % в літосфері та 0,085 % у ґрунтах, зустрічається в дуже різноманітних сполуках. В магматичних породах сірка знаходиться, головним чином, у вигляді сульфідів (наприклад: пірит – FeS_2 , цинкова обманка – ZnS , свинцевий блиск – PbS), рідше зустрічаються сульфати (гаюїн – $3\text{NaAlSiO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$).

Відновлені форми сірки (S , H_2S , сульфіді) на земній поверхні легко окислюються, утворюючи сірчану кислоту або її солі (сульфати):



Сірчана кислота, взаємодіючи з іншими мінералами, дає сульфати:



Сульфати, особливо калію, натрію, магнію, добре розчинні у воді, слабо поглинаються ґрунтами у формі SO_4^{2-} і можуть накопичуватися в них в умовах тільки сухого клімату. Загалом в ґрунтах знаходиться достатня кількість сульфатів для забезпечення потреби рослин у сірці.

10.2. Мікроелементи ґрунтів

Цілий ряд хімічних елементів названо мікроелементами тому, що необхідні рослинам в дуже малих кількостях і, крім того, вміст їх у ґрунті надзвичайно малий. Проте треба завжди враховувати, що в дії на рослини немає відмінності між елементами, які потрібні у малій і великій кількості. Іноді нестача якого-небудь мікроелемента може різкіше позначитися на розвитку рослин, ніж нестача мікроелементів, таких як азот, фосфор, калій.

Цікавий той факт, що в розв'язанні питання про значення мікроелементів у живленні рослин істотну роль відіграло визначення природи незрозумілих раніше захворювань сільськогосподарських тварин. Виявилось, що тварини часто хворіють тому, що в кормах, які вони поїдають, немає потрібної кількості якого-небудь мікроелемента. До мікроелементів, які найбільш вивчені до теперішнього часу за їх значенням для рослин і тварин, відносяться Mn , Zn , Cu , Co , V і Mo .

В ґрунтах вміст мікроелементів змінюється в широких межах, змінюючись в десятки і сотні разів; тому вони різко відрізняються від вмісту головних (макро-) елементів, вміст яких рідко змінюється більш ніж у 5 разів на різних ґрунтах. Виходячи з цього О.П. Виноградовим розроблено вчення про біогеохімічні провінції – території, які відрізняються від сусідніх територій концентрацією в середовищі (ґрунті, водах, повітрі) одного або декількох мікроелементів (або макроелементів). Так, Закарпатська область представляє біогеохімічну провінцію з ендемією зобу: в ґрунтах, водах і харчових продуктах цієї області міститься в 2–5 разів менше йоду, ніж в областях де немає ендемії цієї хвороби.

Основне джерело мікроелементів у ґрунтах – ґрунтоутворні породи. Ґрунти, які виникли на продуктах вивітрювання кислих порід (гранітах), бідні на Ni, Co, Cu, а ґрунти, що утворилися на продуктах вивітрювання основних порід (базальтах), збагачені цими мікроелементами. Деякі мікроелементи (I, B, F, Se, As) можуть надходити у ґрунт з газами, метеоритними опадами.

Велика роль в міграції мікроелементів та їх біологічній акумуляції належить рослинам. Їхні корені добувають мікроелементи з нижніх горизонтів ґрунту і материнських порід і переносять у верхні шари.

10.3. Радіоактивність ґрунтів

Радіоактивність ґрунтів зумовлена присутністю в них радіоактивних елементів як природного, так і антропогенного походження. Особливістю радіоактивності є довільний, викликаний внутрішніми причинами, розпад ядер хімічних елементів. Вона виражається кількістю ядерного розпаду за одиницю часу. Одиницею радіоактивності у системі СІ є бекерель (один розпад за секунду), а позасистемною – Кюрі, яка дорівнює активності такого джерела радіоактивного випромінювання в якому за 1 секунду відбувається $3,7 \cdot 10^{10}$ розпадів.

Природна радіоактивність ґрунту зумовлена земними (перейшли у ґрунт з материнських порід) та космогенними (з атмосфери) радіонуклідами. Значна частина природної радіоактивності ґрунтів пов'язана з радіоізопами важких металів з порядковим номером, починаючи з 82 і більше.

Всі природні радіоактивні елементи поділяються на три групи:

1. Власне радіоактивні елементи, всі ізопои яких радіоактивні. До них належить три родини: ^{235}U , ^{238}U , ^{232}Th . Проміжними продуктами розпаду цих родин є як тверді, так і газоподібні ізопои.

2. Ізопои «звичайних» хімічних елементів, яким притаманні радіоактивні властивості. До них належать калій (^{40}K), рубідій (^{87}Rb), самарій (^{147}Sm), кальцій (^{48}Ca), цирконій (^{96}Zn) та інші. Важлива роль в цій групі елементів належить калію: він зумовлює найбільшу величину природної радіоактивності.

3. Радіоактивні ізопои, які утворюються в атмосфері під дією космічних промінів: тритій (^3H), берилій (^7Be , ^{10}Be), вуглець (^{14}C). Природні радіоактивні елементи – це переважно довго живучі ізопои з великим періодом напіврозпаду

108 – 1016 років. В процесі розпаду вони випромінюють α , β -частинки і γ -промені.

Природна радіоактивність ґрунтів залежить, головним чином, від вмісту урану, радію, торію та радіоактивного ізотопу калію (^{40}K).

Уран природного походження складається з трьох ізотопів: ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U . З них найбезпечнішим в екологічному розумінні є ^{238}U , який випромінює α -промені з енергією 4.18 MeV і $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ років. Уран входить до складу багатьох гірських порід і постійно присутній в ґрунтах. Особливо високий вміст його характерний для фосфорних добрив і в ґрунтах, які формуються на багатих фосфатами породах. Так, у чорноземах його середній вміст складає $3,0 \cdot 10^{-4}$ %, у сірих опідзолених ґрунтах – $3,4 \cdot 10^{-4}$ %, у сіроземах – $2,2 \cdot 10^{-4}$ %. У ґрунтах ^{238}U може бути у вигляді: 1) водорозчинних сполук, 2) адсорбованим глинистими колоїдами, 3) оксидів, 4) важкорозчинних сполук.

Радій. Відомо 14 природних і штучних ізотопів цього елемента. Найбільше значення має природний радіоактивний ізотоп ^{226}Ra з енергією α – випромінювання – 4,77 MeV і $T_{1/2} = 1620$ р. Член радіоактивного ряду урану. Вміст радію у земній корі $1 \cdot 10^{-10}$ % за масою. За хімічними властивостями подібний до барію. З водою взаємодіє енергійно, перетворюючись на розчинний у воді гідроксид $\text{Ra}(\text{OH})_2$. Чорноземи, які містять ^{226}Ra , на 40 % представлені водорозчинними, катіонообмінними та кислорозчинними сполуками, для яких на відміну від інших важких природних ізотопів характерна значна міграційна здатність.

Торій належить до актиноїдів, тобто хімічних елементів третьої групи періодичної системи елементів Д.І. Менделєєва, які розміщені за актинієм під номерами від 90 до 103. Всі актиноїди радіоактивні, не мають стабільних ізотопів. Природний торій складається практично з одного ізотопу ^{232}T з $T_{1/2} = 1,39 \cdot 10^{10}$ р. і енергією α -випромінювання 3,9–4,0 MeV. Середній вміст ^{232}T у земній корі складає $9,6 \cdot 10^{-4}$ %. У ґрунті торій утворює багато водорозчинних, обмінних, кислорозчинних і міцно зв'язаних з R_2O_3 сполук, вміст яких визначається типом ґрунтогенезу і фізико-хімічними властивостями ґрунту.

Калій. Суттєвий внесок (до 50 %) в природну радіоактивність ґрунтів належить довго живучому радіоактивному ізотопу ^{40}K . Як відомо, природній калій складається з суміші трьох ізотопів, тобто видів атомів з однаковими хімічними властивостями, але з різною атомною масою. Такими атомами калію є: ^{39}K (93,08 %), ^{40}K (0,011 %) і ^{41}K (6,91 %); з них радіоактивні властивості має лише ізотоп калію з атомною масою 40, (^{40}K).

Складний процес перетворення атомів ^{40}K , що мають радіоактивні властивості, можна схематично уявити як перетворення 89 % атомів у нерадіоактивні (стабільні) ізомери кальцію з атомною масою 40 (^{40}Ca), в процесі якого випромінюються γ -промені, або електрони. Решта 11 % атомів ^{40}K перетворюються в нерадіоактивні атоми аргону з масою 40 (^{40}Ar), причому виникають електромагнітні коливання у вигляді гамма-променів.

Обидва види випромінювання створюють додаткову, необхідну рослинам внутрішню кліматичну енергію, яка бере участь у всіх біохімічних процесах.

Значення енергії випромінювання калію цілком безперечно, якщо взяти до уваги, що вона становить в кількісному вираженні до 80 % всієї енергії альфа- , бета- і гамма-випромінювань, яка вбирається тканинами рослин.

Штучна радіоактивність викликається радіоактивними ізотопами, які утворюються в результаті атомних і термоядерних вибухів або є відходами атомної промисловості.

При атомних вибухах в результаті поділу важких ядер урану (^{235}U , ^{238}U) і плутонію (^{239}Pu) утворюється велика кількість нових радіоізоотопів з періодом напіврозпаду від часток секунди до багатьох років. Радіоактивні речовини, що утворилися надходячи у повітряний простір, переносяться на великі відстані, поступово випадають на земну поверхню, в тому числі і на ґрунт. В результаті відбувається забруднення штучними радіоізоотопами. Штучні радіоізоотопи, включившись в біологічний оборот речовин, попадають через рослинну і тваринну їжу в організм людини, накопичуються в кістках і тканинах, викликаючи радіоактивне опромінення.

Найбільшу небезпеку в біологічному відношенні представляють ізотопи стронцію (^{90}Sr) і цезію (^{137}Cs). Потрапляючи в організм, ці *радіоізотопи здатні включатися в процеси* обміну речовин, створювати постійне джерело радіоактивності, яке діє на кісткову тканину і кістковий мозок, і викликати захворювання – рак крові (лейкоз) та кісток. Крім того, вони представляють велику небезпеку для людини через великий період напіврозпаду (28 років у ^{90}Sr і 33 роки у ^{137}Cs) і високої енергії опромінення.

Вміст і розподіл ^{90}Sr і ^{137}Cs в ґрунтах визначається інтенсивністю і характером їх надходження з атмосфери, властивостями самих ізотопів і ґрунтів і сукупності природних умов (рослинність, клімат, рельєф). Радіоактивний стронцій за своїми радіоактивними властивостями близький до кальцію, а цезій – до калію, тому в ґрунті в їх поведінці спостерігається деяка схожість з вказаними хімічними елементами.

Закріплення і вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs в ґрунті залежить від того, в формі яких сполук вони в ньому знаходяться (водорозчинні, іонообмінні, важкорозчинні), а також від його властивостей. Значна частина ^{90}Sr і ^{137}Cs знаходиться в обмінному стані, при цьому стронцій може легко витіснятися, а цезій здатний поглинатися більш міцніше (необмінно). При вирощуванні сільськогосподарських культур на забруднених радіоактивними елементами територіях необхідно застосовувати такі прийоми, які сприяють зменшенню надходження радіонуклідів до рослин.

Дослідами встановлено, що культури (бобові, овочеві) поглинають ^{90}Sr більше ніж злакові, а рослини, які поглинають більше калію, можна віднести до цезієфілів. Сприяють закріпленню радіоактивних ізотопів у ґрунті і зниженню їх рухомості – збагачення ґрунту органічними речовинами, в першу чергу гумусом, а також вапнування кислих ґрунтів. Різко знижують проникнення ^{137}Cs в рослини калійні добрива, а ^{90}Sr – внесення фосфатів лужних металів.

10.4. Поняття кислотності, лужності та буферності ґрунту

Характерною властивістю ґрунту є її реакція. Вона визначається співвідношенням вільних іонів H^+ і OH^- в ґрунтовому розчині. Концентрація вільних іонів H^+ виражається величиною рН, що представляє негативний логарифм концентрації іонів водню: рН = 7 характеризує нейтральну реакцію, рН < 7 – кислу і рН > 7 – лужну.

Реакція ґрунтового розчину у різних ґрунтах коливається від рН = 3,5 до 8–9 і вище. Найбільш кислу реакцію мають болотні ґрунти верхових торфовищ. Кислою реакцією ґрунтового розчину характеризуються підзолисті і дерново–підзолисті ґрунти, а також червоноземи (рН = 4–6). Чорноземи мають реакцію, близьку до нейтральної. Найбільш лужна реакція у солончаків, особливо солодових (рН = 8–9 і вище).

Сільськогосподарські рослини пред'являють різні вимоги до реакції ґрунту. Найбільш сприятлива слабкокисла та слабколужна реакція. З реакцією ґрунтового розчину тісно пов'язана життєдіяльність ґрунтової мікрофлори. У кислому середовищі переважає грибна мікрофлора, в нейтральній або слабколужній – бактеріальна.

З реакцією ґрунтового розчину пов'язані процеси перетворення компонентів мінеральної та органічної частин ґрунтів, розчинення речовин, утворення опадів, міграція і акумуляція речовин у ґрунтовому профілі. Кисле середовище є наслідком розвитку в ґрунті кислотності, лужна реакція – наслідок лужності ґрунту.

Кислотність ґрунту – здатність ґрунту підкисляти воду і розчини нейтральних солей. Розрізняють актуальну (активну) і потенційну (приховану) кислотність.

Актуальна кислотність обумовлена концентрацією вільних іонів H^+ і характеризує кислотність ґрунтового розчину. Потенційна кислотність характерна для твердої фази ґрунту. Між актуальною і потенційною кислотністю в ґрунті зберігається рухлива рівновага, але домінуюче значення у всіх ґрунтах має кислотність твердої фази ґрунту.

У більшості ґрунтів актуальна кислотність обумовлена вугільної кислотою та її кислими солями. Причиною потенційної кислотності ґрунту є обмінні іони H^+ і Al^{3+} , тому що при взаємодії ґрунту з розчинами солей ці катіони витісняються в розчин підкислюють його.

Залежно від характеру витіснення H^+ і Al^{3+} розрізняють 2 форми потенційної кислотності: обмінну та гідролітичну.

Обмінна кислотність проявляється при взаємодії ґрунту з розчинами нейтральних солей, які утворюються при з'єднанні сильних лугів з сильними кислотами (KCl , $BaCl_2$, $NaCl$ та ін.)

Гідролітична кислотність проявляється при обробці ґрунту розчинами гідролітично лужних солей, тобто солей, що утворилися в результаті реакції між сильним лугом і слабкою кислотою (CH_3COONa , $(CH_3COO)_2Ca$ та ін.).

Гідролітична кислотність зазвичай більше обмінної. Вона може розглядатися як загальна кислотність ґрунту, що складається з актуальної і потенційної кислотності. Кислотність виражається в міліграм – еквівалентах (м-екв) на 100 г ґрунту.

Для усунення кислотності проводять вапнування ґрунтів. При визначенні ступеня потреби ґрунту у вапнуванні слід враховувати насиченість ґрунту кислотами (табл. 10.1), а також її гранулометричний склад і набір культур у сівозміні.

Таблиця 10.1 – Розподіл ґрунтів за ступенем потреби у вапнуванні

Ступінь потреби у вапнуванні	pH сольової витяжки	Ступінь насиченості ґрунту лугами (%)
Сильна	до 4,5	до 50
Середня	4,6–5,0	50–70
Слабка	5,1–5,5	>70
Відсутня	>5.5	>80

Дозу вапна найчастіше розраховують за величиною гідролітичної кислотності. Для цього гідролітичну кислотність множать на коефіцієнт 1,5; отримана величина означає дозу (т/га), яка повинна бути внесена в ґрунт для доведення її до слабо кислої реакції.

Можна також користуватися дозами вапна, пропонованими довідниками по добривах для окремих ґрунтових різновидів з урахуванням рН сольової витяжки. На легких ґрунтах з низькою буферністю повну дозу вапна, розраховану за гідролітичною кислотністю, зазвичай зменшують на 25–30 %. Для окремих культур (льон, картопля) дозу вапна можна знизити на 50 %. При розрахунку доз вапнування освоєних торфовищ, необхідно мати на увазі значно меншу питому вагу їх в порівнянні з мінеральними ґрунтами.

Лужність ґрунту зумовлюється підвищеною концентрацією в ґрунті іонів гідроксилу OH^- . Розрізняють актуальну і потенційну лужність. Актуальна лужність обумовлена наявністю в ґрунті гідролітично лужних солей (Na_2CO_3 , NaHCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$). Потенційна лужність виявляється в ґрунтах, що містять поглинений Na.

Лужність ґрунту усувають гіпсуванням – традиційний спосіб її нейтралізації. Дозу гіпсу для заміни натрію на кальцій в ППК обчислюють за формулою:

$$X = 0,086 \cdot Na \cdot H \cdot d,$$

де X – доза гіпсу в т/га; 0,086 – м-екв гіпсу, м; Na – вміст обмінного натрію, м-екв на 100 г ґрунту; H – потужність орного шару, см; d – щільність маси меліоруємого горизонту, г/см³.

Зі зміною реакції середовища тісно пов'язана важлива властивість ґрунтів – її буферність, тобто буферна здатність.

Буферністю називають здатність ґрунту протистояти зміні реакції ґрунтового розчину. Буферна здатність різних ґрунтів неоднакова. Ґрунти, багаті карбонатами (чорноземи, каштанові), добре протистоять зміщенню реакції в кислий бік, тоді як ґрунти, збіднені лугами (підзолисті ґрунти, червоноземи), мають високу буферність при зміні реакції у лужний бік. Особливо низька буферність піщаних і супіщаних ґрунтів, а також ґрунтів які містять мало органічної речовини.

Завдяки цій чудовій властивості ґрунту (буферності) можливе застосування добре розчинних солей в якості мінеральних добрив, в іншому випадку у зонах навколо гранул добрив створювалися б згубні для рослин концентрації солей.

Буферна ємність екосистеми – здатність екосистеми протистояти забрудненню; кількість забруднювача, який екосистема може поглинути без помітних негативних наслідків для неї. Це поняття іноді використовують при оцінці окремих компонентів ландшафтів, зокрема буферність ґрунту – її здатність зберігати кислотну реакцію (pH), особливо у зв'язку з кислотними дощами. Буферна ємність природних вод – здатність води до самоочищення від антропогенних забруднювачів і т. д.

Буферність ґрунтів – один з найважливіших елементів ґрунтової родючості. Вона дозволяє зберігати сприятливі для рослин властивості ґрунтів (у чорноземів) або чинити опір прийомам регулювання реакції ґрунтового розчину і твердої фази ґрунту (у підзолів, червоноземів, солонців).

10.5. Здатність ґрунту вбирати хімічні речовини

Фізико–хімічні властивості ґрунтів називають агрохімічними. Поглинені катіони стають доступними для рослин, при цьому вони не вимиваються разом з атмосферними опадами і тому завжди ґрунт в запасі має елементи живлення: катіони кальцію, магнію, амонію, заліза, цинку, міді та ін. Чим вища ємність катіонного обміну (ЄКО), тим краще ґрунт забезпечений елементами живлення.

Ємність катіонного обміну характеризує стійкість ґрунтів до агрогенного і техногенного навантаженням, зокрема, до хімічного забруднення. Склад поглинених іонів визначає не тільки фізико-хімічні і агрогенного і техногенного навантаженням, зокрема, до хімічного забруднення.

Склад поглинених іонів визначає не тільки фізико-хімічні і агрохімічні властивості ґрунтів, але і структурний стан і залежні від нього водно-фізичні властивості та повітряний режим ґрунтів. Катіони кальцію і магнію сприяють формуванню водостійких агрегатів, водню і алюмінію – розпорошення структурних окремоостей і кислотного руйнування мінералів. Кисла реакція ґрунтів негативно впливає на умови живлення рослин. При кислій реакції в ґрунті не-достатньо катіонів кальцію, магнію, молібдену та інших елементів. При цьому проявляється токсичний вплив водню і особливо алюмінію і марганцю. Спостерігається порушення живлення рослин фосфором і азотом, кисле

середовище пригнічує діяльність корисної мікрофлори, гнітюче діє на процеси нітрифікації і амоніфікації.

Для більшості культурних рослин оптимальною є нейтральна або близька до нейтральної реакція ґрунтового розчину ($\text{pH} = 6\text{--}7$). Тільки для незначної кількості культурних рослин оптимальним середовищем є кисле середовище ($\text{pH} = 4,5\text{--}6$). До них відноситься чайний кущ, картопля, люпин і деякі інші.

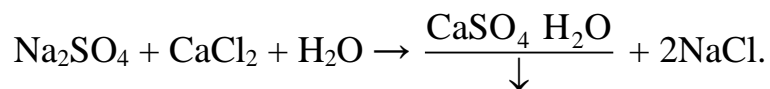
Для оптимізації середовища кислих ґрунтів проводять хімічну меліорацію – вапнування. Існує кілька способів розрахунку норм вапна: за гідролітичною кислотністю, за обмінною кислотністю, за буферною здатністю ґрунтів, по зсуву pH при внесенні CaCO_3 .

Однією із найважливіших властивостей ґрунту є його вбирна здатність. *Вбирною здатністю ґрунту називається його властивість обмінно або необмінно поглинати і утримувати тверді, рідкі і газоподібні речовини.* Властивість ґрунту поглинати розчинені у воді речовини була відома вже в глибокій давнині. Мешканці прибережних морських місцевостей більше двох тисяч років назад знали, що морська вода, яка пройшла через шар гірських порід і ґрунтів, стає прісною. Наукові дослідження явищ вбирання почали успішно розвиватися лише в XIX ст. За кордоном особливо виділяється своїми роботами в цій галузі Джон Томас Уей, який вивчав вбирання катіонів ґрунтом, і Ван-Беммелен – адсорбційний характер явищ вбирання. Вчення про вбирну здатність ґрунтів розроблено в працях Г. Вігнера, С. Маттсона, Б.П. Нікольського, І.М. Антипова-Каратаєва, М.І. Горбунова. Найбільш повна характеристика вбирної здатності ґрунтів викладена в працях К.К. Гедройця. Залежно від способу вбирання ним виділено п'ять видів вбирної здатності ґрунту: *механічну, хімічну, біологічну, фізичну та фізико-хімічну.*

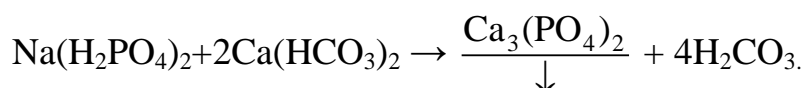
Механічна вбирна здатність представляє собою властивість ґрунту затримувати тверді частинки, які надійшли в нього з водним або повітряним потоком, діаметр яких перевищує розмір пор ґрунту. Залежить механічна здатність від гранулометричного складу і щільності будови ґрунту. Так суспензії з діаметром частинок більше 0,001 мм повністю затримуються глинистим ґрунтом. На відміну від глинистих ґрунтів піщані ґрунти характеризуються поганою механічною вбирною здатністю. Механічна вбирна здатність ґрунтів і підґрунтя обумовлює чистоту ґрунтових вод, які формуються з поверхневих вод, мутних від великої кількості механічних домішок. Механічна вбирна здатність широко використовується в народному господарстві. Вода, яка проходить крізь шар ґрунту, очищується від муті, що дозволяє використовувати цю властивість ґрунту і пухких порід для очищення питних та стічних вод. При будівництві зрошувальних систем властивість ґрунтів поглинати тверді частини використовується для замулювання дна та стінок каналів, щоб зменшити втрати води на фільтрацію (кольматування каналів та водосховищ).

Хімічна вбирна здатність – це властивість ґрунту закріплювати у формі важкорозчинних сполук речовини, які утворюються в результаті реакції обміну в ґрунтовому розчині.

Наприклад, виникнення новоутворень гіпсу в ґрунті описується такою реакцією:



При взаємодії суперфосфату, що вноситься в ґрунт $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ з бікарбонатом кальцію, який знаходиться в ґрунтовому розчині, відбувається хімічна реакція в результаті якої з двох розчинних солей, що взаємодіють, утворюється одна нерозчинна та нестійка вугільна кислота:



Біологічне вбирання. Воно пов'язане з життєдіяльністю організмів, які мешкають у ґрунті (мікроорганізми, рослини, тварини). Мікроорганізми ґрунту – бактерії, гриби, водорості та інші не тільки перехоплюють розчинні елементи живлення рослин при їх переміщенні в ґрунті з верхніх в нижні шари і ґрунтові води але й здобувають з гірських порід фосфорну кислоту, калій, зв'язують атмосферний азот і з цих матеріалів будують білок свого тіла, концентруючи елементи живлення в верхніх шарах ґрунту. Рослини своєю могутньою кореневою системою дістають з глибоких горизонтів ґрунту і підстильної породи азот, фосфор, калій, сірку і збагачують ними верхні шари ґрунту, відкладають їх у вигляді живих та мертвих рослинних решток.

Відомо, що основна маса коріння рослин знаходиться у верхньому шарі ґрунту; з глибиною вона зменшується, але стає більш розгалуженою, з розвиненою мережею корневих волосків, котрі поглинають з ґрунту в засвоюваній формі елементи мінерального живлення. Біологічне вбирання ґрунтом за допомогою рослин поживних речовин зберігає їх від вимивання та виносу в ґрунтові води.

Закріплення рослинами та мікроорганізмами елементів живлення і захист їх від вимивання та втрат є суттю біологічного вбирання.

Однією з характерних особливостей біологічного вбирання є його вибіркова здатність. Суть її полягає в тому, що коренева система живих рослин і мікроорганізми ґрунту поглинають з нього тільки ті мінеральні сполуки, які необхідні їм для живлення. Багатьма вченими підкреслюється виняткова роль біологічного вбирання, так як тільки таким шляхом зберігаються від втрати та виносу і накопичуються у ґрунті необхідні для рослин елементи живлення – азот, фосфорна кислота, калій, а також органічні речовини, які сприяють збільшенню ємності вбирання ґрунтом. Ввібрані біологічним шляхом елементи живлення рослин, після відмирання живих організмів і їх розкладання, знову стають доступними для рослин.

Фізична та фізико-хімічна вбирна здатність ґрунту представляють собою адсорбційні явища. Під *адсорбцією* розуміють зміну концентрації даної

речовини біля поверхні розділу фаз в порівнянні з концентрацією всередині фази. Речовина, яка діє своєю поверхнею, називається *адсорбентом*; речовина, яка накопичується біля поверхні – *адсорбтивом*, або адсорбованою речовиною. Якщо речовина адсорбується у вигляді молекул, то це неполярна, або молекулярна адсорбція, а коли у вигляді іонів, то таке явище носить назву полярної, або іонної адсорбції.

Фізична та фізико-хімічна вбирна здатність ґрунту представляють собою адсорбційні явища, які пов'язані з наявністю в ґрунті високодисперсних частинок його твердої фази – *колоїдів*. Розмір частинок, які формують колоїдну систему, знаходиться в межах від 100 до 1 мікрметра (мкм). Переважна більшість колоїдів ґрунту представлена *мінеральними* сполуками, які складають 85–90 % їх загальної маси. Решта колоїдів відноситься до *органічних* та *органомінеральних* сполук.

В ґрунті мінеральних колоїдів переважають вторинні мінерали, перш за все глинисті: каолінит, галуазит, вермикулит, гідрослюди, монтморилоніт та інші. З первинних мінералів зустрічаються кварц, роздроблений до колоїдного стану. Всі перелічені вище мінерали знаходяться в кристалічній фазі. Мінеральні колоїди також можуть не мати кристалічної будови, тобто бути аморфними (без форми) речовинами. До них належить півтора оксиди алюмінію, заліза, марганцю.

Органічна частина колоїдів ґрунту – це аморфні гумусові речовини в тому числі і органомінеральні комплекси, а також клітини найбільш дрібних бактерій, діаметр яких знаходиться в межах колоїдної фракції.

Фізична вбирна здатність, або властивість ґрунту поглинати цілі молекули води, газів та розчинених у воді речовин, представляє собою молекулярну адсорбцію.

Властивість ґрунту адсорбувати пари води та газу має велике значення, так як вона сприяє утриманню в ґрунті від втрати в атмосферу аміаку, який утворюється в результаті розкладу органічних речовин. К.К. Гедройц розглядав вологий ґрунт як дисперсну систему, в котрій дисперсним середовищем буде ґрунтовий розчин, а дисперсною фазою – тверді частинки ґрунту. Цій системі властива поверхнева енергія, яка дорівнює добутку поверхневого натягування (Дж/м^2 на величину поверхні дрібнодисперсних частинок – S). Поверхнева енергія E , одиницею виміру якої є джоуль, розраховується за формулою:

$$E = \sigma \cdot S, \quad (10.1)$$

де σ – коефіцієнт поверхневого натягу, мН/м; S – повна площа поверхні розчину, м^2 .

Поверхнева енергія, як потенціальна, завжди спрямована до максимального зниження, може реалізуватись двома шляхами: перший – зменшення поверхні твердої фази за рахунок укрупнення дрібнодисперсних частинок при їх змішанні, другий шлях – пониження поверхневого натягу

шляхом адсорбції на поверхні частинок деяких речовин. Змішання вільної енергії поверхні в ґрунті повинно відбуватися за рахунок зниження ступеню дисперсії твердої речовини і зменшення поверхневого натягу ґрунтового розчину.

До речовин, які знижують поверхневий натяг (їх ще називають поверхнево-активними), відносяться органічні кислоти, алкалоїди, багато високомолекулярних органічних сполук. Вони притягуються до поверхні іонно-дисперсних частинок, тобто зазнають позитивної фізичної. На відміну від згаданих вище речовин, існують інші, які підвищують поверхневий натяг води, визиваючи явище від'ємної фізичної адсорбції, при якій концентрація даних речовин зменшується при наближенні до поверхні частинок. До них відносяться багато мінеральних солей, кислот, лугів.

Внаслідок від'ємної фізичної адсорбції, ці речовини виносяться з ґрунту водою, яка пересувається по профілю. Це може мати як позитивний так і негативний наслідки. Вимивання хлоридів – явище позитивне, а нітратів – навпаки.

Фізико-хімічна вбирна здатність. Для розуміння сутті фізико-хімічного вбирання ґрунтом необхідно розглянути рушійну силу цього явища, яка пов'язана з будовою колоїдної частинки, і за пропозицією Г. Вігнера названа колоїдною міцелою (від латинського *misa* – крихта). Основу колоїдної міцели складає її ядро – високодисперсна частинка твердої фази ґрунту, діаметр якої менше 0,0001 мм. Маючи малий розмір колоїди ґрунту проявляють особливі властивості поверхні твердого тіла. У молекул або іонів, які знаходяться на поверхні, на відміну від молекул або іонів всередині твердого тіла не повністю насичені сили взаємного притягнення. За рахунок цих ненасичених сил до поверхні притягуються частинки з газового або рідкого середовища, з якими тверде тіло стикається. На гладкій поверхні адсорбенту всі місця мають однакові сили притягнення. На негладких поверхнях окремі ділянки мають сили притягнення: на загостреннях і кутах ненасиченість вища, ніж в западинах.

При взаємодії ґрунтових колоїдів (дисперсна фаза) з водою (дисперсне середовище) в системі виникають електричні сили. Іони, що закріплені на колоїді силами остаточних валентностей, складають внутрішній електричний шар частинки. Він одержав назву іонів, які визначають потенціал. Ці іони міцно утримуються на поверхні ядра. Ядро разом з іонами, які визначають потенціал, називається *гранулою*. Колоїдна частинка, набувши високого потенціалу не може існувати в розчині в такому вигляді. Надлишок електричної енергії, наданий частинці іонами, які визначають потенціал, компенсуються протягуванням з навколишнього середовища іонів з протилежним знаком заряду. Ці іони утворюють навколо колоїдної частини другий, зовнішній шар, який одержав назву компенсуючого, або протіонів.

Компенсуючі іони, в свою чергу, розташовуються навколо гранули двома шарами. Один – нерухомий шар, який міцно утримується електростатичними силами іонів, які визначають потенціал (шар Гельмгольца). Гранули разом з нерухомим шаром компенсуючих іонів називаються колоїдною частинкою. Між колоїдною частинкою і навколишнім розчином виникає електрокінетичний

потенціал (дзета-потенціал), під впливом якого знаходиться другий (дифузний) шар компенсуючих іонів того ж знаку заряду з оточуючого розчину (рис. 10.1).

Колоїди, які мають в шарі, що визначає потенціал, негативно зарядженні іони і дисоціюють в розчин H^+ – іони, називаються *ацидоїдами* (кислотоподібними). Ясно вираженні кислотні властивості притаманні кремнійкислоті, глинистим мінералам, гумусовим кислотам. Колоїди, що мають в шарі іонів, який визначає потенціал, позитивно зарядженні іони і посилають в розчин OH^- – іони, називаються *базоїдами*. Колоїди гідроксидів заліза, алюмінію, протеїну, залежно від реакції середовища ведуть себе або як кислоти, або як основи (базоїди), називаються *амфолітоїдами*.

Фізико-хімічна вбирна здатність ґрунтів полягає в тому, що ґрунти здатні обмінювати деяку частину катіонів, що знаходяться в його твердій фазі на еквівалентну кількість катіонів розчину, який стикається з ним. Та частина ґрунту, яка здатна обмінювати ввібрані катіони, носить назву ґрунтового вбирного комплексу (ГВК), який складається з високодисперсної маси органічного, мінерального та органо-мінерального походження.

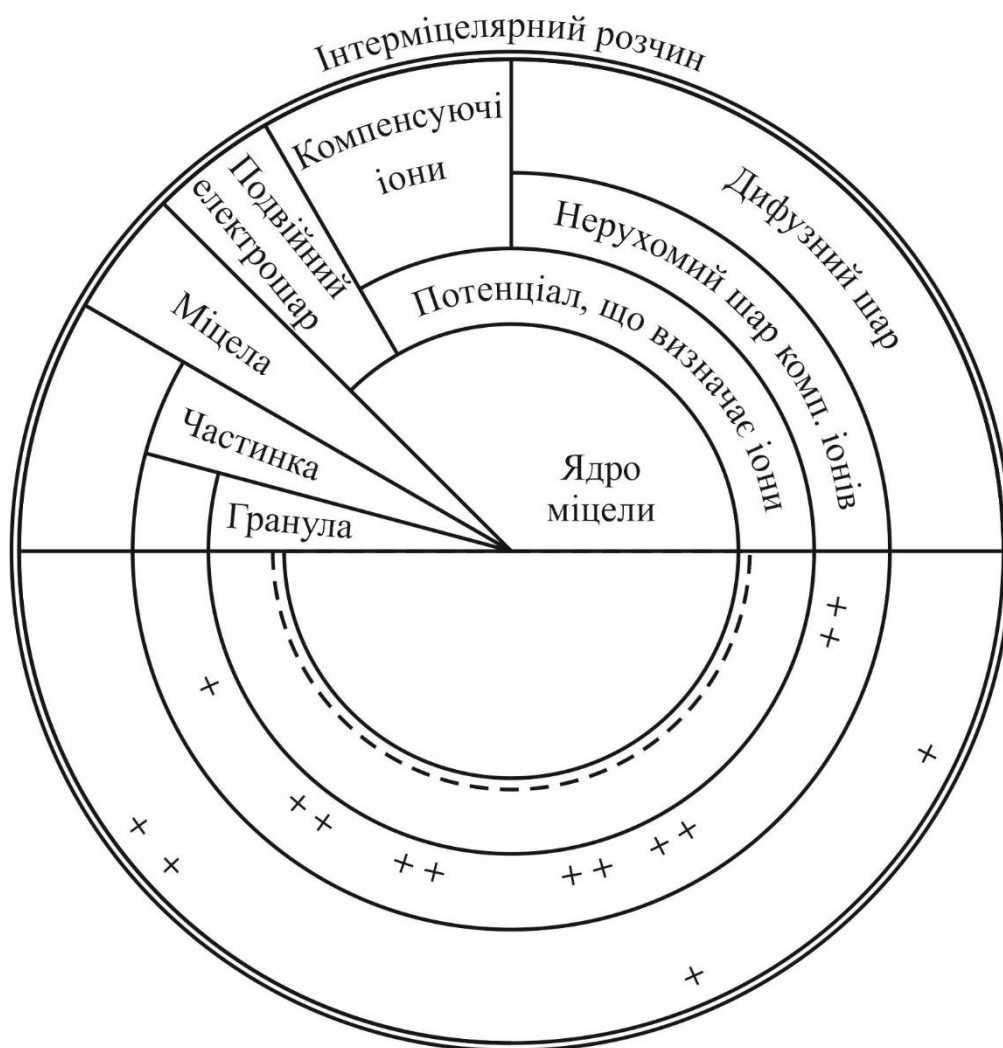


Рис. 10.1. Будова колоїдної міцели

Катіони ГВК, які здатні обмінюватися на катіони ґрунтового розчину, носять назву вбирних, або обмінних катіонів. Катіони металів називаються обмінними, або вбирними, основами.

Серед обмінних катіонів ґрунту завжди зустрічається обмінний кальцій, причому кількість обмінних іонів цього металу майже завжди переважає над кількістю обмінних іонів магнію. В деяких ґрунтах зустрічаються обмінні іони натрію (засолені ґрунти) і водню (кислі ґрунти). Крім вищезгаданих катіонів ґрунти можуть поглинати та обмінювати алюміній (Al^{3+}), залізо (Fe^{3+}), амоній (NH_4^+).

10.6. Ємність вбирання ґрунтів

Загальну суму ввібраних катіонів, які здатні до обміну *називають ємністю вбирання ґрунтів*. Ємність вбирання виражається в міліграм еквівалентах (мг-екв) на 100 г ґрунту. Ємність вбирання кожного ґрунту характеризується певною величиною.

Ємність вбирання знаходиться в залежності від співвідношення в ґрунтовому вбирному комплексі між ацидоїдами і базоїдами. Чим більше в ґрунтових колоїдах приходить кремнієвої та гумінової кислот на один моль гідроксиду алюмінію або заліза, а також чим ширше співвідношення між гуміновими кислотами та протеїнами, тим вища ємність вбирання. Ємність вбирання залежить від реакції середовища, кількості та складу колоїдів. Чим вища лужна реакція середовища, тим вища ємність вбирання катіонів. Ґрунти, які містять в своєму складі велику кількість колоїдів, мають більш високу ємність вбирання катіонів. Органічні колоїди характеризуються більшою ємністю вбирання в порівнянні з мінеральними. Ввібрані катіони можуть бути в обмінному і необмінному стані.

Перехід катіонів з обмінного стану в необмінний буває, наприклад, при старінні і частково при кристалізації гелів. Кристалізація викликає необхідне зв'язування гелів.

Явище кристалізації пов'язане з висушуванням ґрунту. В необмінний стан катіони переходять при біологічному вбиранні. Необхідне вбирання погіршує умови використання катіонів рослинами. Перехід в необмінний стан іонів натрію у солонців поліпшує фізичний стан цих ґрунтів, так як зменшує дифузний шар міцел колоїдів, послаблює набрякання і пептизацію ґрунтових колоїдів, знижує полярність ґрунтів. Необхідний стан катіонів може переходити в обмінний при розкладанні органічної речовини і пептизації ґрунтових колоїдів, при посиленому подрібненні ґрунтів. Виділення обмінних катіонів в ґрунтовий розчин відбувається в результаті обміну на катіони ґрунтового розчину в еквівалентних кількостях.

На основі вчення К.К. Гедройця про фізико-хімічну вбирну здатність ґрунти нашої країни можна розділити на такі групи:

1. *Ґрунти насичені основами і незасолені*. Головними і майже єдиними вбирними основами в цих ґрунтах є кальцій і магній. До цієї групи відносяться

переважно чорноземи звичайні. Наявність значної кількості вбирного Ca^{2+} сприяє утворенню та збереженню водотривкої структури ґрунту.

2. *Ґрунти, ненасичені основами*, вміщують крім вбирних Ca^{2+} та Mg^{2+} , ввібраний водень, рухомий алюміній. Сюди відносяться підзоли, дерново-підзолисті, різні заболочені, сірі лісові ґрунти. Ґрунти, які ненасичені основами, характеризуються менш сприятливим для сільськогосподарських культур водно-повітряним режимом, ніж ґрунти першої групи, вони бідніші поживними речовинами і особливо потребують внесення добрив.

3. *Третя група ґрунтів вміщує ввібрані Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+* . До цієї групи відносяться ґрунти сухого степу – каштанові. Ввібраний Na^+ знаходиться також в чорноземах південних. Наявність ввібраного натрію робить структуру ґрунту нестійкою по відношенню до розмивної дії води. Ґрунти, які вміщують значну кількість вбирного натрію, наприклад солонці, характеризуються несприятливим для сільськогосподарських рослин водно-повітряним режимом і незручні в обробітку.

10.7. Екологічне значення вбирної здатності ґрунту

Вбирна здатність ґрунту – одна з його найважливіших властивостей. Особливо важливу роль в режимі ґрунтоутворення і властивостях ґрунту відіграють частинки менші 0,001 мм, від яких залежить ряд фізичних, фізико-механічних і водно-фізичних властивостей ґрунту. Особливо велике значення мають тонкодисперсні частинки для створення сприятливої структури ґрунту.

Тонкодисперсна частина ґрунту в значній мірі обумовлює режим живлення рослин. Це пов'язано з тим, що іони хімічних елементів, які звільнюються з кристалічних решіток мінералів і рослинних решток, що розкладаються, частково поглинаються тонкодисперсними компонентами ґрунту. Катіони, що знаходяться в ввібраному стані є найважливішими елементами живлення рослин. Це кальцій, калій, магній, натрій, деякі рідкі та розсіяні хімічні елементи. Ввібрані іони настільки міцно зв'язані з ґрунтом, що не можуть бути відірваними водами, які просочуються через ґрунт. В той же час вони можуть бути відірвані осмотичними силами корневих волосків. Таким чином, тонкодисперсна частина ґрунту акумулює ряд хімічних елементів, необхідних рослинам для їх нормальної життєдіяльності, а також регулює надходження елементів живлення в рослини.

На властивості ґрунту і умови вирощування рослин великий вплив має склад обмінних катіонів. Так, у ґрунтів, насичених кальцієм, реакція близька до нейтральної; колоїди знаходяться в стані незворотних гелів і не пептизуються при надлишку вологи; ґрунти добре структуровані, мають сприятливі фізичні властивості. Чорноземи є прикладом таких ґрунтів. Насичення тонкодисперсної частини ґрунту іонами водню негативно відбивається на живленні рослин і на структурі ґрунтів, які мають підвищену кислотність. Іони натрію ще в більшій мірі сприяють розпаду агрегатів ґрунту, диспергації тонкодисперсних частинок і їх вимиванню. Ці ґрунти мають несприятливі водно-фізичні властивості,

підвищену щільність, погану водопроникність, слабку водовіддачу, низьку доступність ґрунтової вологи (солонці, солонцюваті ґрунти). Реакція таких ґрунтів лужна, вона більш несприятлива для рослин, ніж кисла.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте основні сполуки хімічних елементів у ґрунтах?
3. Що таке радіоактивність ґрунтів? Чим вона визначається?
3. Які ґрунти називають насичені основами? Які – ненасичені?
4. Що таке кислотність ґрунту? Чим вона визначається?
5. Які існують види кислотності ґрунту? Чим вони визначаються?
6. Що таке лужність ґрунту? Чим вона визначається?
7. Вкажіть на засоби боротьби з кислотністю ґрунту.
8. Засоби боротьби з лужністю ґрунту.
9. Що називають буферністю ґрунту? Від чого вона залежить?
10. Що називають вбирною здатністю ґрунту?
11. Які існують види вбирної здатності?
12. Чим представлені ґрунтові колоїди?
13. Охарактеризуйте будову колоїдної міцели?
14. Що таке ємність вбирання ґрунтів?
15. Чим характеризується енергія вбирання?
16. Яке екологічне значення вбирної здатності ґрунту?

ГЛАВА 11. ЗАБРУДНЕННЯ ЗЕМЕЛЬ

11.1. Екологічні наслідки антропогенних змін земельних ресурсів

Шкідливий антропогенний вплив на земельні ресурси, розгул стихій, розбуджених та посилених людиною, завдає ґрунтам величезної, часом непоправної шкоди. Це, насамперед, погіршення ґрунтової структури, механічне руйнування та ущільнення ґрунту, постійне збіднення на гумус та поживні речовини, водна та вітрова ерозії, забруднення ґрунту мінеральними добривами, отруто-хімікатами, мастилом та паливом.

Забруднення ґрунтів за величиною зон поділяється на фонове, локальне, регіональне і глобальне. Фонове забруднення близьке до його природного складу. Локальним вважається забруднення ґрунту поблизу одного або декількох джерел забруднення. Регіональним забрудненням вважається при переносі забруднюючих речовин до 40 км від джерела забруднення, а глобальним – при забрудненні ґрунтів декількох регіонів (областей).

Забруднення земель залежить в основному від класу небезпечних речовин, які попадають в ґрунт:

- 1 клас – високонебезпечні речовини;
- 2 клас – помірнебезпечні речовини;
- 3 клас – малонебезпечні речовини.

За ступенем забруднення ґрунти поділяються на сильно забруднені, середньо забруднені, слабо забруднені. У сильно забруднених ґрунтах кількість забруднюючих речовин в декілька разів перевищує ГДК. Вони мають низьку біологічну продуктивність та істотні зміни фізико-хімічних, хімічних та біологічних характеристик, внаслідок чого вміст хімічних речовин у вирощуваних культурах перевищує норму. У середньозабруднених ґрунтах перевищення ГДК незначне, що не призводить до помітних змін його властивостей. У слабо забруднених ґрунтах вміст хімічних речовин не перевищує ГДК, але перевищує фон.

Аналіз розподілу і характеру використання земельного фонду України свідчить, що сформовані агроландшафти за своєю структурою нераціональні та еколого незбалансовані. Співвідношення між сільськогосподарськими та лісовими угіддями, між ріллею та іншими видами сільськогосподарських угідь є недоцільними та невиправданими ні з економічної, ні з екологічної позиції. Сьогоднішній стан земельного аграрного фонду викликає тривогу та стурбованість. Майже у всіх областях катастрофічно знижується родючість ґрунтів, збільшуються масштаби вітрової і водної ерозії та цілої низки інших негативних явищ.

Площа еродованих земель в Україні становить близько 17,0 млн. га (41 % від загальної кількості сільськогосподарських угідь). У складі еродованих земель 4,7 млн. га займають середньо- і сильно еродовані землі, в т.ч. – 68 тис. га землі, що повністю втратили гумусовий горизонт. Розпаювання земель колективних сільськогосподарських підприємств, недосконалість техніки, перенасиченість сівозмін просапними технічними культурами, сприяють щорічному збільшенню

площі еродованих земель в середньому на 80 тис. га. Економічні збитки зумовлені процесами ерозії становлять 9,1 млрд. гривень, а втрати грошової вартості земель щонайменше в 1,5–2 рази більші, ніж сумарна виручка від експорту сільськогосподарської продукції.

На території України за рахунок специфічних факторів ґрунтоутворення та діяльності людини поширені землі як з кислою, так і лужною реакцією. Площі засолених та солонцюватих ґрунтів становлять 4,6 млн. га (10,9 % всіх сільськогосподарських угідь), з яких 2,0 млн. га використовується під ріллею. Ґрунти із кислою реакцією ґрунтового розчину займають площу 11 млн. га, в т.ч. 4,4 млн. га мають рН менше 5,6. Збільшуються площі заболочених і підтоплених земель. Коефіцієнт використання земельної площі на зрошувальних і осушувальних землях не перевищує 0,8. Під водогосподарськими об'єктами зайнято 115 тис. га. За рахунок значної промислової освоєності України в її межах розташовано 161,4 тис. га порушених земель, що утворилися, в основному, за рахунок відкритого добування корисних копалин. Крім того, на стан земельних ресурсів України негативний вплив здійснюють гідрологічні та геохімічні аномалії (неотектонічні процеси, селі, зсуви, мочари, карст і подоутворення).

Невиправданої шкоди земельним ресурсам України завдала Чорнобильська катастрофа в результаті якої забруднено понад 8,4 млн. га сільськогосподарських угідь, на яких щільність забруднення радіоактивним цезієм перевищує 0,1 Кі/км². Найбільша площа радіоактивно-забруднених земель розташована у Житомирській (70 %) та північних районах Київської (15 %) областей. Решта розподілилася у вигляді радіоактивних плям різної ступені активності, конфігурації і розміру на території Рівненської, Волинської, Чернігівської, Вінницької, Черкаської, Тернопільської областей.

В Україні погіршується якість та зменшується родючість ґрунтів, погіршується екологічний стан земельних ресурсів. Існуюча система землекористування антиекологічна, антисоціальна і надзвичайно негативна, що вимагає розробки і впровадження невідкладних заходів охорони земель.

Охорона земельних ресурсів є невід'ємною частиною екологічної проблеми охорони навколишнього середовища. Для розвитку сільськогосподарського виробництва має вирішальне значення, раціональне користування земельною ділянкою, відновлення її родючості, максимальне зменшення вилучень сільськогосподарських угідь для потреб промислового, житлового і транспортного будівництва. Особливу роль у стабілізації земельного фонду сільського господарства належить питанням відновлення заражених земель.

11.2. Основні забруднювачі ґрунту

В останній час процеси деградації ґрунтового покриву, обумовлені техногенним забрудненням, підсилились і найбільшу небезпеку для довкілля має забруднення ґрунтів радіонуклідами, важкими металами і пестицидами. Високий

рівень забруднення ґрунтів залишковими кількостями пестицидів та радіонуклідами у різних регіонах країни також має специфічні відмінності. Доведено, що в ґрунтах діють механізми, які призводять до трансформації техногенних потоків, зв'язування ксенобіотиків в малорухомі та недоступні для рослин форми. Однак діють ці механізми в певних межах, тому екологічна ситуація, обумовлена техногенним впливом на ґрунти, може змінюватися від благополучної до катастрофічної.

Основними забруднювачами ґрунтів є:

- 1) пестициди;
- 2) мінеральні добрива;
- 3) відходи виробництва;
- 4) газо-димові викиди забруднюючих речовин в атмосферу;
- 5) нафта і нафтопродукти.

Пестициди. В теперішній час негативні наслідки хімізації зв'язуються з широким застосуванням пестицидів (гербіцидів для боротьби з бур'янами, акарицидів для боротьби з кліщами, бактерицидів для боротьби з мікробами, інсектицидів для боротьби з шкідливими комахами, фунгіцидів для боротьби з грибковими захворюваннями і т.п.). Забруднення сільськогосподарських угідь пестицидами містить в собі величезну небезпеку, оскільки при високому їх вмісті в ґрунтах вони зазвичай потрапляють в харчовий ланцюжок, а потім в організм людини. Витрати на очищення ґрунтів, які забруднені пестицидами, величезні і можна порівняти з усуненням шкоди, що завдається великими підприємствами, тому як правило такі заходи на практиці не використовуються. Державний контроль в цій галузі не може забезпечити достовірний облік використання пестицидів і надати гарантії безпечного їх використання.

Мінеральні добрива. Забруднення мінеральними добривами, якщо їх використовують в не дозованих кількостях, втрати на виробництві, транспортуванні та зберіганні негативно впливає на якість сільськогосподарських угідь. З азотних, суперфосфатних і інших типів добрив в ґрунт у великих кількостях мігрують нітрати, сульфати, хлориди та інші сполуки. Б. Коммонер (1970) встановив, що при найсприятливіших умовах з усієї кількості азотних добрив, що застосовуються в США, поглинається рослинами 80%, а в середньому по країні лише 50%. Це призводить до порушення біогеохімічного кругообігу азоту, фосфору і деяких інших елементів. Екологічні наслідки цього порушення в найбільшою мірою проявляються у водному середовищі, а зокрема при формуванні евтрофії, яка виникає при змиві з ґрунтів надмірної кількості азоту, фосфору та інших елементів.

Останнім часом виявлено ще один несприятливий аспект непомірного споживання мінеральних добрив і в першу чергу нітратів. Виявилось, що велика кількість нітратів знижує вміст кисню в ґрунті, а це сприяє підвищеному виділенню в атмосферу двох «парникових» газів – закису азоту і метану. Нітрати небезпечні і для людини. Так, при надходженні нітратів в людський організм в концентрації понад 50 мг/л відзначається їх пряма загально токсична дія, зокрема виникнення метгемоглобінемії внаслідок біологічних перетворень нітратів в

нітриди та інші токсичні сполуки азоту. Непомірне споживання мінеральних добрив в ряді районів викликає ще і небажане підкислення ґрунтів.

Відходи виробництва. У результаті споживання великої кількості природних ресурсів щороку утворюється й нагромаджується значна кількість відходів господарської діяльності людини. За кількістю промислових забруднень на душу населення Україна посідає одне з перших місць у Європі. Так, найпотужнішим промисловим джерелом забруднення земель небезпечними речовинами є великі комбінати кольорової та чорної металургії. Щорічний обсяг шкідливих речовин, які потрапляють на 1 км² площі України, у 6,5 рази більший ніж у США та в 3,2 рази – ніж у країнах Європи. Це пояснюється насамперед тим, що на гірничодобувних підприємствах усе ще переважає відкритий спосіб видобутку сировини.

Нині найбільш масштабним і вагомим за наслідками є хімічне забруднення. Відходи хімічної промисловості – це тверді, нерідко токсичні, речовини.

В останнє десятиріччя такі забруднення стають найбільш значущими, їх патологічний ефект починає привертати увагу не тільки екологів, а й фахівців у сфері людської й ветеринарної патології. Багато із цих забруднень за своїм значенням набувають характеру «лімітуючих факторів», які загрожують не тільки нормальному розвитку, але й самому існуванню різних біологічних видів. Наприклад, забруднення хімічними речовинами відбувається в разі їх використання як добрив і засобів захисту рослин. Із великої кількості речовин-забруднювачів наслідки забруднення земель хімічними речовинами на зразок пестицидів є найбільш небезпечними й екологічно значимими за своїм токсико-біологічним ефектом.

Газо-димові викиди промислових підприємств завдають величезної шкоди для нормального функціонування ґрунтів. Ґрунт має здатність накопичувати вельми небезпечні для здоров'я людини забруднюючі речовини, наприклад важкі метали. Поблизу ртутного комбінату вміст ртуті в ґрунті через газо-димові викиди може підвищуватися до концентрації, які в сотні разів перевищують допустимі.

Значна кількість свинцю в ґрунті спостерігається на земельних ділянках, що знаходяться в безпосередній близькості від автомобільних доріг. Результати аналізу зразків ґрунту, відібраних на відстані декількох метрів від дороги, показують 30-кратне перевищення концентрації свинцю в порівнянні з його вмістом (20 мкг/г) в ґрунті незабруднених районів.

Під час спалювання рідкого і твердого палива відбуваються викиди у вигляді твердих частинок, які, потрапляючи в атмосферу, утворюють так звані аерозолі. Аерозолі можуть бути нетоксичними (зола) і токсичними, наприклад частинки вуглецю, на поверхні яких може адсорбуватися бенз(а)пірен (C₂₀H₁₂) – сильнодіюча канцерогенна сполука.

Газові викиди також можуть бути токсичними (NO₂, SO₂, NO, CO та ін.) і нетоксичними (CO₂ і H₂O). Усі триатомні гази (H₂O, NO₂, SO₂ і особливо CO₂) належать до «парникових газів», тому що вони характеризуються селективною

поглинальною спроможністю в інфрачервоній області теплового випромінювання і сприяють утворенню парникового ефекту. Під час роботи теплоенергетичних установок питомі об'єми (табл. 11.1) цих викидів залежать від типу палива.

Таблиця 11.1 – Питомі показники забруднення атмосфери (г/кВт·г) від згорання органічного палива за даними Міжнародного інституту прикладного системного аналізу (м. Відень)

SO ₂	6,0	7,7	7,4	0,002
Оксиди азоту	21,0	3,4	2,4	1,9
Тверді частинки	1,4	2,7	0,7	–
Фтористі сполуки	0,05	1,11	0,004	–

Забруднення нафтою призводить до значних змін фізико-хімічних властивостей ґрунтів. Зокрема, внаслідок руйнування ґрунтових структур і диспергування ґрунтових часток знижується водопроникність ґрунтів, порушується фільтраційний режим ґрунтів. У забруднених ґрунтах різко зростає співвідношення між вуглецем і азотом за рахунок вуглецю нафти. Це погіршує азотний режим ґрунтів і порушує кореневе живлення.

Забруднення ґрунту нафтою тісно пов'язане з посиленням негативного впливу шкідливих речовин на рослинність і тваринний світ. У процесі розробки нафтогазових родовищ ґрунт забруднюється нафтою, нафтопродуктами, різними хімічними речовинами та високомінералізованими стічними водами. Внаслідок забруднення ґрунту нафтопродуктами порушується його здатність до самоочищення.

Контрольні питання

1. Наведіть класифікацію небезпечних речовин, які попадають в ґрунт.
2. Охарактеризуйте шкоду земельним ресурсам від Чорнобильської катастрофи.
3. Наведіть основні забруднювачі ґрунтів.
4. Охарактеризуйте забруднення ґрунтів пестицидами.
5. В чому полягає забруднення ґрунтів відходами виробництва?
6. Охарактеризуйте забруднення ґрунтів газо-димовими викидати.

ГЛАВА 12. ОХОРОНА ЗЕМЕЛЬ

12.1. Задачі охорони ґрунтів

Основним завданням охорони земель є забезпечення збереження та відтворення земельних ресурсів, екологічної цінності природних і набутих якостей земель.

Охорона земель передбачає наступні заходи:

- обґрунтування і забезпечення досягнення раціонального землекористування;
- захист сільськогосподарських угідь, лісових земель та чагарників від необґрунтованого вилучення для інших потреб;
- захист земель від ерозії, селів, підтоплення, заболочування, вторинного засолення, переосушення, ущільнення, забруднення відходами виробництва, хімічними та радіоактивними речовинами та від інших несприятливих природних і техногенних процесів;
- збереження природних водно–болотних угідь;
- попередження погіршення естетичного стану та екологічної ролі антропогенних ландшафтів;
- консервацію деградованих і малопродуктивних сільськогосподарських угідь.

«Земельним кодексом України» встановлені нормативи у галузі охорони земель та відтворення родючості ґрунтів:

- 1) оптимального співвідношення земельних угідь;
- 2) якісного стану ґрунтів;
- 3) гранично допустимого забруднення ґрунтів;
- 4) показники деградації земель та ґрунтів.

Вперше у Земельному кодексі законодавчо закріплюється охорона ґрунтів і зазначається, що ґрунти земельних ділянок є об'єктом особливої охорони. Метою охорони земельних ресурсів є планомірне забезпечення науково обґрунтованого їх використання та найбільш сприятливого функціонування як елемента ландшафту при стабільному підвищенні біологічної продуктивності території, збереженні в природі процесів самоочищення та саморегуляції.

Для раціонального використання земельних ресурсів та їх охорони необхідний моніторинг земель. Це система спостереження за станом земельного фонду, включаючи землі, розташовані в зоні радіоактивного забруднення, з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відтворення та ліквідації наслідків негативних процесів. Упровадження системи моніторингу забезпечує систематичне спостереження за станом земельного фонду. Для цього потрібно зібрати й проаналізувати дані про розподіл земель між власниками й користувачами, продуктивність земельних ресурсів, ступінь деградації ґрунтів, стан їхнього забруднення, вміст у ґрунтах та ґрунтових водах пестицидів. Систематичний аналіз стану земельного фонду дасть можливість передбачити на перспективу заходи по кожному з регіонів щодо поліпшення стану земельних ресурсів і їх раціонального використання.

Виникнення проблеми охорони ґрунтів пов'язано з тим, що перебуваючи компонентом дуже тонко збалансованих природних екосистем і знаходячись в динамічній рівновазі з усіма іншими компонентами біосфери, в умовах використання людиною в різнобічній господарській діяльності або в результаті побічних дій ґрунти часто втрачають свою природну родючість, деградують або навіть повністю руйнуються. Природно, деградація ґрунтів й ґрунтового покриву має місце там, де діяльність людини може бути визначена як нераціональна, екологічно необґрунтована, що не відповідає природному біосферному потенціалу конкретної території.

На протязі століть, навіть тисячоліть, в деяких районах людина використовує ґрунти досить ефективно, не тільки не руйнує їх, але навіть підвищує їх родючість або перетворює в родючі угіддя природно безплідні землі. В той же час за історію людської цивілізації було повністю зруйновано та втрачено більше продуктивних ґрунтів, ніж тепер розорується у всьому світі. Дві третини, якщо не три чверті усіх сучасних орних ґрунтів пошкоджені в тому чи іншому ступеню різними деградаційними процесами, а щорічні втрати орних ґрунтів у світі досягають 6–7 млн. га, з яких біля 1 млн. га відводиться для несільськогосподарського використання, а 5–6 млн. га стають безплідними в результаті деградації і перетворюються на пустелю.

Охорона ґрунтів стає нині особливо актуальною в зв'язку із зростаючим приростом населення Землі та продовольчою проблемою, яка для багатьох країн і, насамперед для країн Азії, Африки та Південної Америки, що економічно розвиваються, є досить гострою.

Світові продовольчі ресурси складаються з рослинних продуктів, продуктів тваринництва і біологічних запасів морів. Збільшення продуктів перших двох груп можливе лише при раціональному землекористуванні. Тим часом людство використовує для сільського господарства лише 1,43 млрд. га орних земель, що становить близько 10,4 % суші, або 2,95 % всієї поверхні земної кулі. Нагадаємо, що пустині (гарячі і холодні) займають 45 % суші. За агрикультурний період втрати земельних ресурсів внаслідок ерозії, засолення, будівництва міст і населених пунктів, доріг і промислових комплексів досягли в світі величезних розмірів – до 2 млрд. га, тобто вони набагато перевищують сучасну орну площу планети. Зараз щороку з обороту випадає 5–7 млн. га різних земельних угідь. Тому охорона ґрунтів – основна народногосподарська проблема для всіх країн світу.

Серед основних причин втрати ґрунтової родючості слід відзначити патологію ґрунтового профілю та генетичних горизонтів (*ерозія і дефляція, переущільнення поверхневих горизонтів, відчуження ґрунту з функціонуючих екосистем*), порушення біоенергетичного режиму ґрунтів та екосистем (*дегуміфікація ґрунтів, ґрунтова та виснаження*), порушення водного і хімічного режимів едафотопів (*опустелювання, зсуви, селі, вторинне засолення, природна і вторинна кислотність, переосушення*), забруднення та хімічне отруєння ґрунтів.

Отже, охорона ґрунтів – це найгостріша глобальна проблема, з якою безпосередньо пов'язане відтворення біорізноманіття та забезпечення продуктами харчування населення планети. Охорону ґрунтів варто розглядати як систему заходів, що спрямована на збереження цілісності ґрунтового покриву й родючості ґрунтів (в тому числі гумусу), якісне поліпшення і раціональне використання земельних фондів нашої країни й планети в цілому.

12.2. Деградація ґрунтів, причини виникнення та заходи попередження

Деградація ґрунту – поступове погіршення властивостей ґрунту, викликане зміною умов ґрунтоутворення в результаті природних причин або господарської діяльності людини (підкислення, засолення, опіщання тощо), що супроводжується зменшенням вмісту гумусу, руйнуванням ґрунтової структури і зниженням родючості (Н.Ф. Реймерс, 1990).

Ступінь деградації ґрунтів буває *слабкою, середньою та сильною*. На слабо деградованих ґрунтах ознаки погіршення їх властивостей ледь помітні, проте рівень врожайності тут зменшується на 10 %. На середньо деградованих ґрунтах ознаки погіршення їх властивостей настільки чітко окреслені, що зумовлюють перехід до іншого типу чи різновиду. Зменшення врожайності при цьому сягає 50 %. Продуктивність вирощуваних культур на сильно деградованих ґрунтах зменшується більше ніж на 50 %. При цьому можуть зберігатися морфологічні ознаки ґрунтової відміни, проте вони стають малоприсадними для вирощування культурних рослин.

Господарська діяльність людини (антропогенний фактор) є основною причиною деградації ґрунтів. Коли господарська діяльність людини не перевищує екологічно допустиме навантаження на ґрунт, він не деградує. Але варто переступити цей поріг, як ґрунт починає деградувати. Потрібно чітко усвідомити, що деградовані землі дуже важко, а іноді зовсім неможливо відродити. Видатний вчений К.А. Тімірязєв зазначав, що «володіння землею – не лише право чи привілей, а важкий обов'язок, що загрожує відповідальністю перед судом нащадків».

За якісним складом земельних угідь Україна продовжує займати одне з провідних місць у світі, на її території зосереджено 8 % світових запасів чорноземів. Земельні ресурси та в цілому сприятливі кліматичні умови створюють належний потенціал для високоефективного ведення землеробства, інших галузей АПК, але екстенсивний підхід до використання основного засобу сільськогосподарського виробництва – землі – привів до її деградації на значних площах. Упродовж багатьох років розширення площі сільгоспугідь та ріллі було чи не єдиним заходом збільшення виробництва продукції. В гонитві за додатковими центнерами продукції розорювалось усе: крутосхили, захисні зони вздовж водоймищ та пасовища, узбіч доріг.

Особливо великими темпами відбувалося погіршення земельних угідь країни в 90 роках минулого століття у зв'язку із загостренням кризових явищ в

економіці України. Із-за відсутності коштів було припинено впровадження системи землеробства з контурно-меліоративною організацією території, зрошувані землі стали занедбані, на них не здійснювались меліоративні заходи; землеробство велося за різко від'ємним балансом органічної речовини, основних біогенних елементів, що зумовило втрату близько 10 % його енергетичного потенціалу.

Характерним для всіх регіонів України стало скорочення запасів гумусу та зменшення вмісту рухомих форм фосфору та калію в ґрунті, оскільки упродовж багатьох років кількість внесених у ґрунт добрив була набагато меншою, ніж виносилось вирощуваними рослинами. Наприклад, в Миколаївській області у 1996 році на 1 га ріллі вносили в ґрунт лише по 6 кг мінеральних та 0,8 т органічних добрив, а в 2000 році – відповідно: 4 кг та 0,1 тонни на один гектар, що в 50–80 разів менше, ніж рекомендує наука.

Непоправної шкоди ґрунтовому покриву України завдають ерозійні процеси; так річні втрати ґрунту по країні, як вже зазначалось, сягають близько 600 млн. т, що еквівалентно втраті майже 120 тис. га земель з міститься понад 18 млн. т гумусу та велика кількість елементів живлення рослин, що в кілька разів перевищує їх виніс вирощуваними культурами.

В результаті відсутності ефективних ґрунтоохоронних заходів площа еродованих ґрунтів у країні невпинно зростає. Що потрібно зробити для припинення деградаційних процесів у ґрунтах України і на цій основі домогтися різкого зростання виробництва сільськогосподарської продукції?

Деякі вчені, зокрема Булигін С.Ю., Сайко В.Ф., пропонують скоротити площу ріллі в Україні приблизно на 10 млн. га шляхом переведення малопродуктивних земель (дегратованих, малорозвинених, низько технологічних і т.п.) в сіножаті, пасовища та під заліснення. Булигін С.Ю. пропонує в першу чергу вивести з ріллі малорозвинені та малопродуктивні ґрунти, а також всі землі в обробітку на схилах крутістю понад 2°. Внаслідок цього площа ріллі в Степу зменшиться на 2,9 млн. га (20,4 %), в Лісостепу – на 3,1 млн. га (30,4 %), в Поліссі – на 0,3 млн. га (11,6 %), в цілому по Україні – на 63 млн. га (23,8 %).

Досвід багатьох країн Заходу свідчить про нагальну потребу переходу до ландшафтного принципу господарювання на землі, при якому досягається найкращий виробничий, економічний та природоохоронний ефект. Це означає, що в межах водозбірних площ повинні створюватись агроландшафти, де були б збалансовані такі його складові, як площа сільгоспугідь, рілля, луки, пасовища, багаторічні плодово-ягідні насадження, ліси, лісосмуги, водні джерела. Співвідношення між ними обумовлюється природно-кліматичною зоною, рельєфом місцевості, ґрунтовим покривом тощо.

Істотне скорочення площі ріллі дасть змогу не розпилувати кошти на значний об'єм, а сконцентрувати їх на найкращих ґрунтах, що залишаться після реорганізації і, з'явиться можливість збільшити внесення на одиницю площі кількості органічних і мінеральних добрив, засобів меліорації та захисту рослин і таке інше.

Не менш важливою проблемою є покращення санітарного стану ґрунту, в який попадає надзвичайно велика кількість забруднювачів. Це природні та антропогенні забруднювачі, фізичні й хімічні. До основних видів забруднювачів ґрунтів належать: важкі метали, радіоактивні елементи, неорганічні сполуки металів, органічні синтетичні речовини, пестициди, мінеральні добрива, різні органічні відходи, біологічні забруднювачі. Зараз значна частина території України забруднена радіонуклідами після аварії на ЧАЕС. До цих забруднювачів в першу чергу належать цезій і стронцій, що швидко засвоюються рослинами, особливо на бідних органічними та мінеральними речовинами ґрунтах. Оскільки період напіврозпаду цих елементів становить біля 30 років, їх токсична дія може тривати досить тривалий час. Значний екологічний тиск на ґрунт здійснюють агрохімікати.

Хімізація землеробства не викликає сумніву, але при невдалому доборі хімічних елементів, надмірному їх внесенні, невірному виборі строку та способу внесення значна частина хімікатів не виконує свого прямого призначення. За даними О. Яблокова при сучасних технологіях сільськогосподарського виробництва та внесення агрохімікатів 97–99 % інсектицидів і фунгіцидів та 80–95 % гербіцидів потрапляє в ґрунт, водоймища, повітря. Негативна дія мінеральних добрив полягає в тому, що при систематичному внесенні їх у ґрунт накопичуються шкідливі малорухомі речовини – важкі метали (миш'як, кадмій, хром, кобальт, мідь, свинець, ванадій, цинк тощо). З кожної тони внесеного на поля фосфору в ґрунт потрапляє до 160 кг фтору, висока концентрація якого змінює напрям біологічних процесів у ґрунті.

Великої шкоди ґрунтам завдають так звані кислотні дощі, які виникають через викиди в повітря промисловими підприємствами та автотранспортом різних газів і сполук сірки, нітратів, вуглецю, які, з'єднуючись з вологою повітря, утворюють кислоти. Останні потрапляють у ґрунт і вступають в реакцію нейтралізації з речовинами лужної природи, утворюючи відповідні солі. Одним із небажаних наслідків підкислення ґрунтів є те, що радіонукліди і важкі метали можуть з нерозчинних форм переходити в розчинні і споживатись рослинами. Так, при $pH = 6,0$ і менше ртуть повністю переходить у розчинні форми.

У закислених ґрунтах погано розвиваються с.-г. культури, особливо бобові та олійні. Сьогодні надзвичайно гостро постає питання про зменшення негативного впливу так званої фізичної деградації ґрунту, яка пов'язана з надмірно інтенсивним його обробітком важкою технікою. Маса трактора потужністю 73–92 кВт зі шлейфом знярядь сягає 15 т. Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур, за даними Рабочева І.С. та ін., потребують багаторазового проходження по полю машинно-тракторних агрегатів. Так, при вирощуванні озимої пшениці біля 30% площі поля піддається дворазовій дії техніки, 20 % – шестиразовій, 2 % – восьмиразовій і лише 2 % поля при цьому не ущільнюється. Бондарев А.Г. вважає, що в середньому за вегетацію більша частина полів піддається 2–4 разовому проходженню сільськогосподарської техніки. Медведєв В.В. та ін. повідомляють, що за останні 40–50 років кількість проходів тракторів по полях при виконанні технологічних

операцій у типовій зерно-буряковій сівоzmіні збільшилась більше ніж у 1,5 рази, а середня маса машин майже подвоїлась. Питомий тиск на ґрунт сучасних машин в 1,5–2,0 рази перевищує допустимі норми. Це призводить до того, що фізична деградація відбувається не тільки в орному, а і в підорному шарах ґрунту.

Деформація розповсюджується як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках. Надмірне ущільнення ґрунту призводить до багатьох негативних наслідків: збільшується щільність, брилуватість; опір ґрунту проникненню кореневої системи та обробітку; питома маса вологи, яка не може бути використана рослинами; забур'яненість; зменшується об'єм водо- та повітряно – провідних пор; погіршується поживний режим ґрунту; різко падає врожайність сільськогосподарських культур; збільшуються ерозійні процеси та втрата з продуктами ерозії поживних речовин. Які ж заходи необхідно здійснити, щоб припинити подальшу фізичну, хімічну, біологічну та екологічну деградацію ґрунтів України, стабілізувати їх родючість, оздоровити їх санітарний стан і на цій основі домогтися отримання високої та стабільної врожайності культур?

Передусім, необхідно налагодити моніторинг ґрунтів, без якого неможливо здійснювати заходи по їх покращенню. Потрібно розробити дійовий механізм відповідальності та санкцій до землевласників і землекористувачів, які своєю діяльністю спричиняють погіршення стану земельних угідь. В Україні зараз налічується 2,5 млн. га зрошуваних земель, на створення яких витрачено біля 5 млрд. доларів. Продуктивність цих земель залишається низькою, тому їм необхідно приділити підвищену увагу, здійснивши, передусім необхідні меліоративні заходи.

Полемічним залишається питання про використання техногенно забруднених земель. Є пропозиції щодо їх вилучення з сільськогосподарського обороту. Але, такий підхід доречний по відношенню до малопродуктивних земель. Що стосується високо родючих ґрунтів, то тут варто знайти можливість їх безпечного використання наступними шляхами: вирощуванням рослин, що накопичують в своїй біомасі незначну кількість токсикантів; фітомеліорацією за допомогою рослин, які здатні виносити з урожаєм велику кількість того чи іншого забруднювача з наступною їх утилізацією, а також опрацюванням агротехнічних заходів, які спроможні створити умови для формування кореневої системи рослин поза забруднених ґрунтових прошарків; внесенням речовин, які зв'язували б важкі метали і радіоактивні речовини в незасвоюванні рослинами форми тощо.

Неабияке значення в попередженні деградації ґрунтів має вдосконалення технології вирощування рослин, а особливо таких складових, як мінімалізований обробіток ґрунту, оптимальні строки, способи та норми внесення органічних і мінеральних добрив, проведення заходів захисту рослин від бур'янів, шкідників, хвороб. До цього блоку питань відносяться також вдосконалення ходових систем мобільної сільськогосподарської техніки, технічних засобів для внесення агрохімікатів, покращення якості та зменшення токсичних властивостей пестицидів і мінеральних добрив.

12.3. Ерозія ґрунтів

Ерозія – слово латинське, що означає «роз’їдання». Під ерозією ґрунту, за визначенням академіка Л.І. Прасолова, розуміються «різноманітні й широко поширені явища руйнування і знесення ґрунту та пухких порід потоками води і вітру». У багатьох регіонах нашої планети руйнування ґрунтового покриву досягло катастрофічних розмірів. За останній час у світі втрачено понад 2 млрд. га сільськогосподарських угідь і близько половини з них – внаслідок вітрової й водної ерозії. Вирубуються ліси, деградують пасовища, руйнується гумусовий шар ріллі.

За ступенем прояву ерозію ґрунтів поділяють на нормальну і прискорену:

Нормальна, або геологічна ерозія проявляється у природних умовах (без втручання людини) і відбувається повільніше, ніж формування профілю ґрунту під час процесів ґрунтоутворення. Вона спостерігається на цілих землях, у лісах, на луках і, як правило, не призводить до утворення еродованих ґрунтів.

Прискорена, або антропогенна ерозія виникає внаслідок нераціональної господарської діяльності людини і відбувається інтенсивніше, ніж процеси ґрунтоутворення. Вона призводить до утворення еродованих ґрунтів.

Залежно від головного фактора руйнування ерозію поділяють на *водну і вітрову* (дефляцію). Водна ерозія виникає внаслідок стікання зливових і талих вод, а вітрова – під впливом вітру. Важливою відмінністю цих двох типів ерозії є те, що при вітровій ерозії відбувається видування лише механічних елементів ґрунту, а при водній – не тільки змиваються частинки ґрунту, але одночасно відбувається розчинення в поточній воді поживних речовин, їх видалення. Водна ерозія – це сукупність процесів руйнування ґрунту, формування наносів і деградації ландшафту під впливом води. При вітровій ерозії відбувається одночасно три процеси: винесення, перенесення і відкладання еолового матеріалу. Одночасно з винесенням тонких частинок і гумусу ґрунти при ерозії збіднюються всіма елементами живлення.

За оцінкою Міжнародного довідково-інформаційного центру ґрунтових ресурсів в Нідерландах, 15 % всесвітнього земельного фонду схильні до деградації під впливом діяльності людини. З них 55,7 % порушено водною ерозією, 28 – дефляцією, 12,1 – хімічної деградацією наприклад, засолення в результаті іригаційних робіт) і 4,2 % знаходяться під фізичним впливом (в результаті підтоплення, переущільнення, просадки). Проблема ерозії ґрунтів відчувається в більшості сільськогосподарських регіонів Земної кулі і, особливо в країнах, що розвиваються. Вона завдає великої шкоди продуктивності сільського господарства, скорочує терміни служби дамб та іригаційних споруд, забруднює канали і бухти і знижує родючість зволжених земель. У багатьох регіонах темпи втрати ґрунтів перевищують темпи утворення нових ґрунтів щонайменше в 10 разів. Згідно з оцінками, на сільськогосподарських землях у світі щорічно втрачається (змивається в океан), близько 24–25 млрд. т верхнього ґрунтового шару, що дорівнює знищенню всіх полів, зайнятих в Австралії під вирощування пшениці. Як очікується, втрата ґрунтів посилиться в результаті

обробітку маргінальних земель, і, особливо в Північній і Центральній Америці, у вологих і високогірних районах Латинської Америки і в більшій частині Південної Азії.

В Австралії понад 80 % ріллі зазнає ерозії. Під час дощових злив змив ґрунту досягає 100 т/га. В практиці фермерів прийнято вважати, що втрата 7 кг ґрунту внаслідок ерозії дорівнює втратам 680 г хліба. На думку вчених Канади, внаслідок розвитку вітрової і водної ерозії через 50–100 років деякі ґрунти перетворяться на безплідну пустелю, тому що в багатьох регіонах країни щороку втрати ґрунту досягають або перевищують допустимий рівень. Щороку втрати ґрунту від ерозії та ріллі досягають 9 т/га, загальний їх об'єм від вітрової ерозії – 160 млн. т ґрунту, від водної – близько 117 млн. т.

Необхідність забезпечення населення продуктами харчування ставить перед суспільством широкомасштабні завдання. В даний час на одного мешканця планети припадає 0,28 га орних земель. За прогнозами, до 2030 року загальна площа ріллі збільшиться на 5 %, в той же час населення зросте до 8 млрд. В результаті кількість орної землі в розрахунку на душу населення знизиться до 0,19 га, тобто стане на 1/3 менше. Якщо через 40 років населення Землі буде забезпечено всім необхідним, то це відбудеться за рахунок виснаження біологічних ресурсів планети.

У глобальних масштабах основними причинами ерозії є знищення рослинності, розорювання земель на великих площах без застосування ґрунтозахисних сівозмін, інтенсивне випасання худоби.

Отже, не можна розглядати ґрунт як невичерпний дар природи. Його родючість у природних умовах створювалася тисячоліттями. Наприклад, встановлено, що для природного відновлення 1 см зруйнованого гумусного шару ґрунту необхідно від 200 до 400 років.

Поширення еродованих і дефльованих ґрунтів в Україні Площа еродованих і дефльованих ґрунтів в Україні становить близько 18 млн. га, в тому числі 13 млн. га з них займають еродовані і 5 млн. га дефльовані. На Поліссі України еродованих ґрунтів майже 9 млн. га і дефльованих – 0,5 млн. га. Вони мають місце в основному на лесовидних ґрунтоутворних породах, де поширені темно-сірі та сірі лісові ґрунти з легким гранулометричним складом. Дефляції підлягають торф'яні, а також піщані і супіщані ґрунти.

У Лісостепу найбільше шкодить ґрунтовому покриву ерозія, яка спричиняється талими та зливовими водами. Річні суми опадів тут від 700 мм на заході до 500 мм на сході. Основна кількість їх випадає на теплий період і часто має зливовий характер. Майже 4,9 млн. га землі зазнають пошкодження, у тому числі від водної ерозії – 4,6 і дефляції – 0,3 млн. га.

Найсильніші ерозійні процеси спостерігаються на території Харківської, Хмельницької, Вінницької, Тернопільської і Черкаської областей.

У степовій зоні еродованих та дефльованих земель понад 12,9 млн. га, у тому числі більше 5 млн. га зазнають дефляції. Тут еродовані ґрунти є в усіх південних областях, але найбільше їх у Луганській (54,7 %) і Одеській (44,2 %).

Водна ерозія. Водна ерозія, крім втрати найбільш родючої частини ґрунту, супроводжується рядом інших несприятливих явищ: втратою талих та дощових вод, зменшенням вмісту води в ґрунті, розчленуванням полів, замуленням річок, ставків, водоймищ та водосховищ, зрошувальних та дренажних систем. Розвиток водної ерозії залежить від ряду факторів. Основною руйнуючою силою є талі води та дощові опади. На інтенсивність ерозії впливає характер рельєфу: форма, крутизна та довжина схилів, величина і форма водозборів.

Гранулометричний склад ґрунтів та їх структурний стан також впливають на інтенсивність прояву водної ерозії. В збагаченому органічними речовинами і структурному ґрунті ерозія менш активна, так як поверхневий стік переводиться на внутрішньо ґрунтовий. Лес, лесовидні суглинки особливо легко розмиваються водою.

Виникненню водної ерозії сприяє відсутність рослинного покриву на орних землях навесні при таненні снігу і в період осінніх дощів. Водна ерозія викликає зміну не тільки фізичних властивостей (погіршення структури, ущільнення орного шару), але й зменшує або знищує гумусовий горизонт. У зв'язку з цим помітно зменшуються запаси гумусу, азоту, фосфору, калію та інших поживних елементів. Ґрунт втрачає свою родючість.

Розрізняють наступні види водної ерозії:

Крапельна ерозія. Руйнування ґрунту ударами крапель дощу. Ґрунтові частки спочатку руйнуються і розбризкуються з дощовими краплями, а потім їх змиває вода, що стікає схилами. Підвищення інтенсивності опадів посилює процес розбризкування. Зокрема А.А. Ханазаров (1983) відмітив, що із збільшенням шару від 86 мм ($I = 0,3$ мм/хв) до 105 мм ($I = 0,5$ мм/хв) інтенсивність розбризкування ґрунту без рослинного покриву зростає в 2,9 рази (до 40 т/га). При заростанні ґрунту рослинністю більш як на 60 % розбризкування повністю припинялось. Структурні елементи (грудочки) ґрунту руйнуються під дією кінетичної енергії крапель дощу і розкидаються в сторони. На схилах переміщення вниз відбувається на більшу відстань. Падаючи, частинки ґрунту потрапляють на плівку води, що сприяє їх подальшому переміщенню. Цей вид водної ерозії набуває особливого значення у вологих тропіках і субтропіках.

Тригаційна ерозія виникає на зрошуваних землях при поливі сільськогосподарських культур високими нормами по борознах або напуском на не спланованих полях, а також при нарізуванні борозен з ухилом, що перевищує $0,05^\circ$.

Площинна ерозія. За певних умов змивання ґрунту призводить до розвитку площинної форми ерозії. Могутні концентровані потоки води утворюють неглибокі (до 0,5–0,7 м) і глибокі (понад 0,7 м) вимоїни, які надалі, якщо не вживати заходів, перетворюються на яри. Під площинною (поверхневою) ерозією розуміють рівномірний змив матеріалу зі схилів, що призводить до їх сплюснення. Змивання ґрунту (площинна ерозія) починається при ухлоні схилів $1-2^\circ$. Поверхневий стік, що збігає схилами, концентрується в мікропониженнях, де посилюється змивна сила потоку.

Ступінь розвитку *поверхневої* ерозії визначається за такими показниками:

– Незначний змив – середньорічний змив ґрунту – до 0,5 т/га;

- Слабкий змив – середньорічний змив ґрунту – 0,5–1,0 т/га;
- Середній змив – середньорічний змив ґрунту – 1,0–5 т/га;
- Сильний змив – середньорічний змив ґрунту – 5–10 т/га.

Дуже сильний змив ґрунту – середньорічний змив ґрунту > 10 т/га
Поверхнева ерозія призводить до утворення змитих і намитих ґрунтів, а в більших масштабах - делювіальних відкладень.

Лінійна ерозія. На відміну від поверхневої, лінійна ерозія відбувається на невеликих ділянках поверхні і призводить до розчленування земної поверхні і утворення різних ерозійних форм (промоїн, ярів, балок, долин). Сюди ж відносять і річкову ерозію, яка відбувається постійними потоками води. Змитий матеріал відкладається зазвичай у вигляді конусів виносу і утворює пролювіальні відкладення. Для *лінійної* ерозії розрізняють таку ступінь прояву:

- Слабка інтенсивність – середньорічний приріст ярів $< 0,5$ м;
- Середня інтенсивність – середньорічний приріст ярів – 0,5–1,0 м;
- Сильна інтенсивність – середньорічний приріст ярів – 1–2 м;
- Дуже сильна інтенсивність – середньорічний приріст – 2–5 м;
- Надзвичайно сильна інтенсивність – середньорічний приріст ярів > 5 м.

Для припинення процесів утворення ярів, підмивання земель та їх обвалів і зсувів на берегах річок і водойм, будують гідромеліоративні споруди та застосовують різні протиерозійні заходи.

Види лінійної ерозії.

Глибинна (донна) – руйнування дна русла водотоку. Донна ерозія спрямована від гирла вгору за течією і відбувається до досягнення дном рівня базису ерозії.

Бічна – руйнування берегів. У кожному постійному і тимчасовому водотоці (ріці, яру) завжди можна виявити обидві форми ерозії, але на перших етапах розвитку переважає глибинна, а в наступні етапи – бічна. Основною причиною водної ерозії є механічний вплив на гірські породи води і переносяться нею уламків, раніше зруйнованих порід. За наявності у воді уламків ерозія різко посилюється. Чим більше швидкість течії, тим більші уламки переносяться, і тим інтенсивніше йдуть ерозійні процеси.

Заходи боротьби з водною ерозією У боротьбі з водною ерозією застосовують організаційно- господарські, агротехнічні і лісомеліоративні заходи.

Організаційно-господарськими заходами є протиерозійна організація території і впровадження ґрунтозахисних сівозмін.

Агротехнічні заходи послаблюють поверхневий стік і переводять його у внутрішньо ґрунтовий. Для цього всі види обробітку ґрунту проводять паралельно горизонталям місцевості («Контурне землеробство»), впоперек схилу насипають валки ґрунту 15–25см заввишки, проводять снігозатримання, щілювання і кротування ґрунту, обробіток плоскорізами, терасування схилів тощо.

Особливі заходи застосовують у боротьбі з ярами. В останні десятиліття в Україні проведені роботи щодо вирівнювання ділянок, порізаних ярами. На вершинах ярів будують системи канав – вали для відведення поверхневого стоку, закріплюють схили і дно яру. В окремих випадках будують протиерозійні

гідротехнічні споруди, які захищають населені пункти, дороги тощо. На прилеглий до яру території проводять ґрунтозахисне лісонасадження.

У комплексі *агролісомеліоративних заходів*, спрямованих на боротьбу з розвитком ерозії і поверхневого змиву в регіоні, важливе місце відводиться захисним лісовим смугам – водорегулюючим, прибровковим, прияровим, а також куртинному залісенню схилів і днищ ярів, видолинків та вододілів, долин рік, уражених лінійною ерозією. Залісення еродованих схилів повинно здійснюватися на:

1) ділянках крутизною понад 20° ;

2) ділянках крутизною понад $12\text{--}20^\circ$ із сильно змитими ґрунтами, які перерізані частими промоїнами;

3) на дні гідрографічної мережі, яка розчленована донними розмивами, де від древнього днища залишилися невеликі ділянки, що прилягають до підніжжя берегів тіньових експозицій.

Вітрова ерозія. Вітрова ерозія (дефляція) розповсюджена переважно в районах недостатнього зволоження і низької відносної вологості повітря. Вона виникає за умови сильних вітрів, які видувають ґрунт. Інтенсивність видування ґрунту значною мірою залежить від його гранулометричного складу і вмісту в ньому гумусу, широкого розповсюдження просапних культур, коли значна частина ґрунту не вкрита рослинністю. Зокрема, на ґрунтах супіщаного гранулометричного складу вітрова ерозія починає проявлятися при швидкості вітру $3\text{--}4$ м/с, на легкосуглинкових – $4\text{--}6$ м/с, на важко суглинкових – $5\text{--}7$ м/с і на глинистих – $7\text{--}8$ м/с. Пісок ($0,05\text{--}0,10$ мм) переміщується при швидкості вітру $3\text{--}3,5$ м/с на висоті 15 см. Частики ґрунту розмірами 0,25 мм переносяться вітром у повітрі. Якщо збільшується сила вітру – зростає інтенсивність вітрової ерозії. Переміщуючи по поверхні літосфери гігантські маси піску на $500\text{--}800$ км від місць їх утворення, вітер намітає невеликі гряди, пагорби, пригірки сухого сипучого піску (у пустелях – бархани, приморських рівнинах – дюни).

Структурні ґрунти більш стійкі до розвіювання, ніж розпилені, при цьому стійкість ґрунтових агрегатів розміром від 1 мм і крупніше сильно зростає. Ерозійно-стійким вважається ґрунт, що містить у верхньому горизонті більше 60 % агрегатів крупніших 1 мм. Розрізняють *зони дефляції*, звідки видувається ґрунт, і *зони акумуляції*, де він нагромаджується. У зоні акумуляції на суглинкових ґрунтах утворюються наносні ґрунти, а під час розвіювання пісків – похований під них ґрунт.

Розрізняють два типи вітрової ерозії:

Повсякденну дефляцію спричинюють вітри навіть малих швидкостей (5 м/с), відбувається вона повільно і непомітно, переважно на піщаних, супіщаних і карбонатних ґрунтах. Повсякденна ерозія повільно, але методично руйнує ґрунт. За цього виду дефляції можуть спостерігатись оголення насіння у ґрунті, а також пошкодження молодих сходів рослин.

Найсильніше повсякденна дефляція проявляється на вітроударних схилах, які не захищені лісосмугами.

Пилові бурі (чорні бурі на Україні) найактивніший і найшкідливіший вид дефляції. Такі бурі виникають під впливом сильного вітру (зі швидкістю понад 12–15 м/с) і можуть поширюватись на великі території, знищити посіви на сотнях тисяч гектарів, знести багато родючого ґрунту. Пил, що підіймається під час бур на значну висоту, може перенестися на великі відстані. Курні бурі повторюються з нерівномірною частотою – один раз от 5 до 20 років. Вони завдають великої шкоди господарствам, руйнуючи ґрунт, виносячи разом з посівами до 15–20 см поверхневого шару. Видування верхнього шару ґрунту, як і у випадку з водною ерозією, веде до скорочення гумусового профілю, зменшенню запасів гумусу, азоту та інших елементів живлення в ньому.

Про ступінь вітрової ерозії ґрунтів можна судити за товщиною горизонтів Н+І дефляційних ґрунтів. Слабко дефляційні ґрунти мають товщину цих горизонтів на 5 см меншу в порівнянні з ґрунтами, які не уражені дефляцією. У сильно дефляційних ґрунтів товщина зазначених горизонтів менша на 10–20 см.

За частотою та інтенсивністю вітроерозійних процесів територію України поділяють на два великих пояси: перший – *потенційно можливого розвитку* вітрової ерозії, охоплює зону Українського Полісся, північно-західні та західні райони держави. В останні роки посилюється локальний (місцевий) прояв вітрової ерозії на ділянках осушених торфовищ і на ґрунтах легкого механічного складу. Насамперед еродують фони полицевого зябу зразу ж після танення снігу під час заморозків або сухої весни і швидкості вітру понад 3–5 м/с на поверхні ґрунту (8–12 м/с на висоті флюгера).

Другий пояс – решта території країни, це район *активного прояву* вітрової ерозії. Його поділяють на три провінції. Лісостепова – із слабкою вітроерозійною активністю. Розораність території становить 60–80 %. Ґрунтовий покрив представлений чорноземними ґрунтами суглинкового механічного складу, сформованими в основному на лесах і лесовидних суглинках. Плями зустрічаються сірі лісові та дерново-підзолисті ґрунти легкого механічного складу. Переважаюча тут місцева вітрова ерозія розвивається при швидкості вітру понад 10 м/с. Найбільша кількість активних ерозійно небезпечних вітрів припадає на північно-східні та південно-східні напрямки.

В Українській степовій провінції виражений розвиток вітрової ерозії. Тут, крім вітрової, поширена й водна ерозія ґрунтів. Часто вони зумовлюють одна одну, утворюючи відповідну поверхню ґрунтів. Вітроерозійні процеси спостерігаються в основному в зимовий та ранньовесняний періоди року, особливо у безсніжні зими. Днів з пиловими бурями буває 5–25.

Чорноморсько-Приазовська провінція – район дуже сильного розвитку вітрової ерозії ґрунтів. Кількість днів з пиловими бурями тут становить 20–35. Максимум пилових бур у південних районах буває звичайно навесні, що зумовлено більш раннім таненням снігового покриву, інтенсивним підвищенням температури і відсутністю зімкнутого травостою. Видування ґрунтів взимку (чорні бурі) відбувається у роки з низькою температурою повітря при слабкому зволоженні ґрунту з осені і відсутності снігового покриву. Їх тривалість коливається від чверті години до кількох діб. Найбільш тривалі бурі бувають у

степовій зоні, особливо у східній її частині. Середня тривалість пилових бур у Донбасі перевищує 10 годин, у Лісостепу – 3, на Поліссі – 1 годину.

Вважають, що ерозія є великим економічним і соціальним лихом, і пропонують керуватися наступними положеннями:

- Ерозію легше попередити, ніж боротися з нею і усувати її наслідки;
- У природі немає ґрунтів, абсолютно стійких до ерозії;
- Ерозія викликає зміну основних функцій ґрунту;
- Ерозія складний процес, і заходи проти неї мають бути комплексні;
- Заходи по захисту ґрунтів, ґрунтозахисні комплекси повинні бути зональними.

Заходи боротьби з вітровою ерозією: Найважливішу роль у боротьбі з вітровою ерозією ґрунтів грають ґрунтозахисні сівозміни, агротехнічні та лісомеліоративні заходи, будівництво гідротехнічних споруд. Співвідношення між елементами комплексу залежить від конкретних фізико-географічних і соціально-економічних умов. Вплив, що надається цим комплексом на всі елементи системи землеробства, може бути настільки істотним, що призводить до якісної зміни системи, до перетворення її в ґрунтозахисну.

Ґрунтозахисні сівозміни. Щоб захистити ґрунти від руйнування, необхідно правильно визначити склад оброблюваних культур, їхнє чергування й агротехнічні прийоми. При ґрунтозахисних сівозмінах виключають просапні культури (тому що вони слабо захищають ґрунт від змиву, особливо навесні і на початку літа) і збільшують посіви багаторічних трав, проміжних підсівних культур, які добре захищають ґрунт від руйнування в ерозійно небезпечні періоди і служать одним з кращих способів окультурення еродованих ґрунтів. На схилах крутизною до 3–5° зі слабо-і середньозмитими ґрунтами, де з'являється небезпека прояву ерозії, перевагу в сівозмінах віддають травам і однорічним культурам суцільної сівби. На більш крутих схилах (крутизна 5–10°), в основному із середньо-і сільнозмитими ґрунтами, у сівозмінах збільшують посіви багаторічних трав і проміжних культур, які добре захищають ґрунт від ерозії.

Агротехнічні протиерозійні заходи. Ґрунти на схилах різко відрізняються від ґрунтів на рівнинних ділянках, тому і прийоми землеробства в першому випадку повинні мати специфічний характер. Найбільш простими заходами щодо регулювання поверхневого стоку талих вод є оранка, культивування і рядовий посів сільськогосподарських культур поперек схилу, по можливості паралельно основному напрямку горизонталей.

Один з найбільш ефективних ґрунтозахисних прийомів на схилових землях – заміна відвальної оранки обробкою ґрунту без обороту пласта, зі збереженням на поверхні оброблюваного поля шару з стерні, рослинних і пожнивних залишків.

Поверхневий стік на крутих схилах пагорбів регулюється шляхом створення терас: напашних – на схилах крутизною 7-12°, нарізних – на схилах 12-35°. Напашні тераси робляться звичайними плугами, нарізні (виїмково-

наси́пні) – бульдозерами і тракторами. Завдяки терасуванню схилів поверхневий стік переводиться на внутрішньо ґрунтовий.

Лісомеліоративні протиерозійні заходи. У комплексі заходів, спрямованих на боротьбу з водною і вітровою ерозією ґрунтів, важливе місце належить агролісомеліорації через її дешевизну та екологічність. Основними лісомеліоративними протиерозійними заходами є: створення водорегулюючих лісосмуг у малолісних районах, створення водоохоронних лісових насаджень навколо ставків і водойм, суцільні протиерозійні лісопосадки на сильно еродованих крутосхилих і непридатних землях, непридатних для використання в сільському господарстві. Лісові смуги створюються для подолання шкідливого впливу суховіїв на урожай, поліпшення водного режиму ґрунту шляхом затримання снігу та зменшення випаровування, для запобігання ерозії ґрунтів і зростання ярів, а також для захисту залізних і автомобільних доріг від снігових і піщаних наметів. Лісові смуги є частиною захисних лісонасаджень, які використовують в степових, лісостепових і напівпустельних районах із зазначеними вище цілями, а також для закріплення пісків.

Найбільш ефективно впливає на рівномірне зниження швидкості вітру смуга ажурної конструкції. Просочуючись через неї, вітровий потік втрачає свою силу, і навіть на відстані 30 висот його швидкість помітно нижча, ніж у степу. Таким чином, у середньому дальність впливу полезахисних лісосмуг складає 25–30, а із навітряної сторони 2–3 висоти смуги. У безлистяному стані захисна дія смуг менша, вона дорівнює їх 15–17 висотам. Оскільки вітер підсилює випаровування вологи з поверхні ґрунту й водойм, під захистом лісосмуг непродуктивне випаровування вологи зменшується. Лісосмуги мають вплив на глибину промерзання й терміни відтавання ґрунту. Продувні лісосмуги сприяють більш-менш рівномірному розподілу снігового покриву на полях на відстані до 25–30 висот смуг.

12.4. Промислова ерозія ґрунтів

Руїнування ґрунтового покриву викликає і промислова діяльність людини. Найбільш активно руїнування ґрунтового покриву і ландшафту в цілому викликає добуток корисних копалин відкритим засобом, який економічно високо ефективний. Більш 75 % продукції гірської промисловості добувають відкритим засобом. При цьому порушують рослинний та ґрунтовий покриви, гідрологічний та гідрохімічний режими території. В багатьох країнах значні площі зайняті кар'єрами, відвалами і териконами. Тверді наноси і токсичні сполуки забруднюють водотоки і цим додатково порушують територію, приблизно рівну розробкам.

При гірських розробках на денну поверхню часто виносяться малоздатні для вирощування рослинності ґрунти або навіть токсичні породи. Токсичність визначається мінералогічним сольовим складом порід. Присутність в породі піриту веде при його вивітрюванні до різкого підкислення середовища. Через 30–40 днів після виносу такої породи на поверхню рН її змінюється від 5,5 до 2,1,

різко зростає вміст рухомих сполук заліза (до 150–180 мг/100 г), а вміст рухомого алюмінію досягає токсичного рівня.

Розкритим породам, як правило, властива висока кислотність і дуже висока неоднорідність як за фізичними, так і хімічними властивостями. Тому меліорація цих порід передбачає вапнування, внесення мінеральних добрив і гомогенізацію прикореневого шару.

Підземний добуток корисних копалин також веде до порушення ландшафту, так як з часом розвиваються просадочні явища, змінюється рельєф і гідрологічний режим території. Супутниками шахт є терикони, розмивання і розпилювання яких погіршує властивості оточуючих ґрунтів і водотоків.

Тверді відходи виробництва багатьох підприємств, що переробляють мінеральну сировину, і електростанцій порушують і безкорисно займають великі території. Тепер розроблені прийоми рекультивації териконів, відвалів і шламів та знайдені шляхи утилізації цих відходів на шляхове будівництво та будматеріали.

Порушення якості ґрунтового покриву відбувається і при видобуванні нафти. Забруднення ґрунтів в районі нафтодобування відбувається сировою нафтою і нафтовими водами. Забруднювачами можуть бути бурові розчини, що використовуються при нафтодобуванні. Газові потоки, що пов'язані з покладами нафти, можуть міняти склад ґрунтового повітря, збагачуючи його вуглеводнями, сірководнем, оксидами вуглецю, сірки, азоту. Пластові води, збагаченні розчинами солей, викликають місцеве засолення ґрунтів.

Нерозумну втрату ґрунтів супроводжує і дорожнє будівництво, лінії електропередач, промислове і цивільне будівництво. Норми вилучення земель, особливо орних, при цьому повинні знаходитись під суворим контролем.

Рекультивація порушених ґрунтів

Рекультивація – система прийомів відновлення і оптимізація порушених ландшафтів. Найбільш методично розроблена рекультивація земель, порушених гірничими розробками. Її проводять в 3 етапи.

Перший етап – *підготовчий*. На цьому етапі проводять обстеження порушених територій, визначають напрямки рекультивації, складають техніко-економічне обґрунтування і проект рекультивації.

Другий етап – *гірничотехнічна рекультивація*. Залежно від регіональних умов цей етап може включати хімічну меліорацію. Гірничотехнічну рекультивацію виконують підприємства, які проводять розробку корисних копалин.

Третій етап – *біологічна рекультивація*. Вона спрямована на відродження родючості підготовлених в процесі гірничотехнічної рекультивації земель і перетворення їх в повноцінні лісові або сільськогосподарські угіддя. Напрямок і методи біологічної рекультивації різняться залежно від географічного положення району, його кліматичних, фізичних і господарсько-економічних особливостей. Найбільш дешевим видом засвоєння рекультивованих територій є насадження лісосмуг. Для покращення властивостей верхнього шару відвалів, для накопичення в ньому органічних речовин і азоту перед посадкою дерев

висівають люпин, буркун або люцерну з наступним заорюванням. Деревя висаджують саджанцями в заповнені нетоксичною породою або ґрунтом ямки чи борозни.

В областях з розповсюдженням родючих ґрунтів і нетоксичних розкривних порід проводять сільськогосподарську рекультивуацію. Її проводять в декілька стадій: вапнування, розпушування до глибини 60 см, внесення добрив, посів злаково-бобової суміші. Після цього вводять спеціальну сівозміну, де 40–50 % складають багаторічні трави. Після такої сівозміни рекультивовані землі можуть бути зайняті зональною польовою або кормовою сівозміною.

12.5. Дегуміфікація ґрунтів

При розорюванні цілинних земель, як правило, йде процес *дегуміфікації*, зменшення вмісту і запасів органічної речовини. Цей процес призводить до зменшення гумусу на 30–40 % і через 30–50 років стабілізується на більш низькому рівні. Найбільш різке зменшення вмісту і запасів гумусу відбувається в перші 5–10 років. За подальшим використанням ґрунту темпи втрат гумусу затухають.

Зменшення вмісту гумусних речовин у ґрунті зумовлює погіршення їх фізичних властивостей і насамперед структурного стану і їх водопроникності. Погано оструктурені ґрунти легше піддаються водній і вітровій ерозії. Внаслідок ерозії посилюється процес дегуміфікації. Вміст гумусу в ґрунтах змінюється залежно від структури посівних площ, від площі просапних культур і багаторічних трав у сівозміні. Вміст гумусу зменшується в ґрунтах під просапними культурами значно швидше, ніж під багаторічними травами.

На зрошуваних землях також спостерігається зменшення вмісту гумусу і перерозподіл його за профілем. В орному горизонті вміст його зменшується, а в перехідному – збільшується. Одночасно в складі гумусу зменшується відносний вміст гумінових кислот. Зміна якісного складу гумусу при зрошенні спричинює погіршення структурного стану і появу ознак злитості ґрунтової маси, особливо у чорноземів.

Осушення торфових ґрунтів зумовлює різке зменшення в їх складі органічних речовин. В аеробних умовах, які при цьому створилися, припиняється накопичення торфу і активізується процес його мінералізації. В результаті зневоднення відбувається зменшення потужності торфового горизонту за рахунок ущільнення торфової маси, коагуляції колоїдів, зміни природного складу та інтенсивної мінералізації торфу. На осушених торфових ґрунтах виникає водна і вітрова ерозія, особливо у весняний період, коли ґрунт не захищений рослинами. Процес дегуміфікації торфових ґрунтів, можна послабити регулюванням водного режиму осушених ділянок, внесенням органічних і мінеральних добрив, вапнуванням кислих ґрунтів, вирощуванням багаторічних трав та іншими заходами.

Процес дегуміфікації не стабілізується у випадку розвитку ерозії. Повторні порівняння вмісту гумусу в чорноземах у тих місцях, де 100 років тому робив

В.В. Докучаєв, показало, що щорічні втрати гумусу в різних підтипах чорноземів і в різних умовах користування склали 0,5–1,8 т/га, запаси гумусу скоротилися на 15–40%. Зміна вмісту гумусу визначається структурою посівних площ, співвідношенням в сівозмінах просапних культур і суцільного посіву, питомою вагою багаторічних трав, застосуванням органічних і мінеральних добрив.

Людина може сприяти наростанню гумусу в ґрунті, застосовуючи органічні добрива, вапнуючи кислі ґрунти, використовуючи в сівозмінах багаторічні трави, регулюючи співвідношення просапних і зернових культур та іншими прийомами. Підраховано, що для створення бездефіцитного балансу органічної речовини щорічно в середньому в ґрунт необхідно вносити 8–12 т/га органічних добрив. Відновлюють і стабілізують вміст гумусу, структурованість ґрунтів, поліпшення їх водно-фізичних властивостей, посів багаторічних трав. Позитивний вплив мають і післяжнивні рештки при заорюванні їх в ґрунт.

Важливим фактором збереження гумусного стану ґрунтів є: – щадний обробіток ґрунту. В даний час на безмежних територіях півдня нашої країни застосовують безполицевий обробіток ґрунту; – полегшення машин з метою мінімального тиску на ґрунт, що сприяє збереженню та накопиченню гумусу в ґрунті. Захист гумусного стану ґрунтів від деградації здійснюють шляхом застосування комплексу заходів з урахуванням місцевих екологічних і господарських умов.

Основними заходами оптимізації та охорони гумусного стану дерново-підзолистих ґрунтів є внесення органічних і мінеральних добрив, сидерація, вапнування, регулювання водного режиму, запровадження травопільних сівозмін тощо. На чорноземних ґрунтах слід запроваджувати полезахисне лісонасадження, агротехнічні методи боротьби з ерозією, сівозміни з часткою багаторічних трав і бобових культур не менше 25 %, внесення органічних і мінеральних добрив.

Першочерговими проблемами для вирішення у сільському господарстві є: перехід на систему біологічного (екологічного, органічного) землеробства; підвищення до оптимального рівня внесення мінеральних та органічних добрив, пестицидів, з одночасним якісним його регламентуванням, дотриманням необхідних територіальних, кількісних і якісних пропорцій; реалізація системи ґрунтозахисних, протиерозійних заходів; еколандшафтне проектування і планування сільськогосподарської діяльності та землекористування на всіх ієрархічних рівнях; гарантування екологічної безпеки окремих сільськогосподарських об'єктів.

12.6. Охорона ґрунтів від забруднення агрохімікатами

Розвиток сучасного землеробства неможливий без застосування агрохімікатів. Високих урожаїв можна досягти лише завдяки використанню мінеральних добрив та пестицидів. Досить зазначити, що тільки близько 1 % внесених у навколишнє середовище отрутохімікатів має безпосередній контакт з тими видами організмів, проти яких вони застосовуються. Решта їх маса

потрапляє в різні ланки середовища та небайдужа для їх мешканців. Екологічна шкідливість пестицидів залежить в основному від їх отруйності, тривалості життя, здатності вибірково діяти на окремі організми та трансформації їх у навколишньому середовищі. Тому, для раціонального ведення сільського господарства потрібне наукове обґрунтування використання хімічних засобів. Непродумані методи інтенсифікації сільського господарства ведуть до забруднення земель та порушення екологічної рівноваги в природі. Ґрунтовий покрив є найбільш уразливим серед природних середовищ. Він відіграє роль не лише посередника між літосферою, а й своєїрідної лімфатичної системи біосфери.

Накопичуючись у великих кількостях, забруднювачі інтенсивно поглинаються рослинами, потрапляють по біологічних ланцюгах в організм людини та негативно впливають на її здоров'я. В сучасних умовах виробнича діяльність людини стала потужним геохімічним чинником, що обумовлює перерозподіл елементів на поверхні землі.

Застосування *мінеральних добрив* можна розглядати як один із проявів закону збільшення енергії на одиницю виробленої сільськогосподарської продукції. Це означає, що для отримання однієї і тієї ж прибавки врожаю потрібна більша кількість мінеральних добрив. Так на початкових етапах застосування добрив надбавку в 1 т зерна з гектару забезпечує внесення 180–200 кг азотних туків. Наступна додаткова тонна зерна пов'язана з дозою добрив в 2–3 рази більшою.

Екологічні наслідки застосування мінеральних добрив доцільно розглядати, принаймні, з трьох точок зору:

1. Місцевий вплив добрив на екосистеми і ґрунт, в які вони вносяться.
2. Вплив на інші екосистеми та їх ланки, насамперед на водне середовище і атмосферу.
3. Вплив на якість продукції.

Забруднення нітратами. Основні джерела забруднення ґрунтів нітратами – мінеральні добрива, рідкі стоки з тваринницьких комплексів, природні опади. Нітрати постійно циркулюють в атмосфері, земних та водних екосистемах. Їх перетворення і міграція здійснюється біогенними та абіогенними шляхами через повітря, воду, ґрунт, мікроорганізми, рослини, тварини й людину. Нітрати легко змиваються водами поверхневого стоку, мігрують в глибину профілю ґрунту до ґрунтових вод, спричиняючи їх забруднення. Значна кількість нітратів потрапляє до водойм, що призводить до евтрофікації і, відповідно, до зниження вмісту кисню, відмирання фауни, погіршення якості води.

Підвищений вміст нітратів у ґрунті спричиняє інтенсивне накопичення їх у рослинах, що відіграють роль бар'єра в міграції нітратів для організму людини. Під впливом окремих видів кишкових бактерій нітрати перетворюються в нітрити та їх похідні – нітрозоаміни, токсична дія яких проявляється в зниженні активності ферментів травлення їжі. Використання високих доз азотних добрив призводить до втрати гумусного фонду та інших негативних наслідків: змінюється чисельність, видовий та ґрунтовий склад мікроорганізмів, зазнає

розвитку патогенна мікрофлора. Надлишок нітратів обумовлює зміну окислювально- відновного потенціалу та газового режиму ґрунтів. На ґрунтах із занадто високим вмістом нітратів коренева система бобових рослин не утворює активних бульбочок. При цьому культура уражається фітопатогенними грибами, істотно погіршується якість врожаю.

Рівень накопичення нітратів у рослинах залежить від генезису ґрунту, вмісту в ньому органічної речовини та мінерального азоту, кліматичних чинників, умов мінерального живлення рослин, фіто санітарного стану посівів, технологій вирощування тощо.

Фосфорні добрива не мають настільки виражений підкислюючий ефект, як азотні, але вони можуть викликати цинкове голодування рослин і накопичення стронцію в продукції.

Багато добрив містять сторонні домішки. Зокрема, їх внесення може підвищувати радіоактивний фон, вести до прогресивного накопичення важких металів.

Основний спосіб зменшити такі негативні наслідки це помірно і науково обґрунтоване застосування добрив (оптимальні дози, мінімальна кількість шкідливих домішок, чергування з органічними добривами та ін.)

Вплив мінеральних добрив на атмосферне повітря і воду: Вплив мінеральних добрив на атмосферне повітря, як і воду, пов'язано в основному з їх азотними формами. Азот мінеральних добрив надходить у повітря або у вільному вигляді (в результаті денітрифікації), або у вигляді летючих сполук (наприклад, у формі закису N_2O).

За сучасними уявленнями, газоподібні втрати азоту з азотних добрив складають від 10 до 50 % від його внесення. Дієвим засобом зниження газоподібних втрат азоту є внесення його в кореневмісну зону для якнайшвидшого поглинання рослинами. Найбільш відчутний вплив на водні джерела, крім азотних, надають фосфорні добрива. Винос добрив у водні джерела зводиться до мінімуму при їх правильному внесенні. Зокрема, неприпустимо розкидання добрив по сніговому покриву, розсіювання їх з літальних апаратів поблизу водойм, зберігання під відкритим небом і т. п.

Вплив мінеральних добрив на якість продукції та здоров'я людей.

Міндобрива здатні чинити негативний вплив як на рослини, так і на якість рослинної продукції, а також на організми, що їх споживають.

Основні з таких впливів представлені в таблицях 12.1, 12.2.

При високих дозах азотних добрив збільшується ризик захворювання рослин. Має місце надмірне накопичення зеленої маси, і різко зростає ймовірність вилягання рослин. Багато добрив, особливо тих, що містять хлор, негативно діють на тварин і людину в основному через воду, куди надходить хлор. Негативна дія фосфорних добрив пов'язана в основному з фтором, важкими металами і радіоактивними елементами, які в ньому містяться. Фтор при його концентрації у воді більше 2 мг/л може сприяти руйнуванню емалі зубів.

Таблиця 12.1 – Вплив мінеральних добрив на рослини та якість рослинної продукції (за різними джерелами)

Види добрив	Вплив	
	позитивний	негативний
Азотні	Підвищують вміст білка в зерні, покращують хлібопекарські якості зерна	При високих дозах або несвоєчасних способах внесення – накопичення у вигляді нітратів (особливо в овочах), буйний ріст на шкоду стійкості, підвищена захворюваність, особливо грибними хворобами. Хлористий амоній сприяє накопиченню хлору. Основні накопичувачі нітратів – овочі, кукурудза, овес, тютюн.
Фосфорні	Знижують негативний вплив азоту, покращують якість продукції, сприяють підвищенню стійкості рослин до хвороб	При високих дозах можливі токсикози рослин в основному через важкі метали (кадмій, миш'як, селен) та радіоактивні елементи і фтору. Основні накопичувачі – петрушка, цибуля, щавель.
Калійні	Аналогічно фосфорним	В основному через накопичення хлору при внесенні хлористого калію. При надлишку калію – токсикози. Основні накопичувачі калію – картопля, виноград, гречка, овочі закритого ґрунту.

Таблиця 12.2 – Вплив мінеральних добрив на тварин та людину (за різними джерелами)

Види добрив	Головний вплив
Азотні (нітратні форми)	Нітрати (ГДК для води 10 мг/л, для харчових продуктів – 500 мг/день на особу) відновлюються в організмі до нітритів, що викликають порушення обміну речовин, отруєння, погіршення імунологічного статусу, кисневе голодування тканин. При взаємодії з амінами (в шлунку) утворюють нітрозаміни – найнебезпечніші канцерогени. У дітей можуть викликати тахікардію, ціаноз, втрату вії, розрив альвеол. У тваринництві: авітамінози зменшення продуктивності, накопичення сечовини в молоці, підвищення захворюваності, зниження плодючості.
Фосфорні (суперфосфат, фтор, кадмій і інші важкі метали)	В основному через фтор. Надлишок його в питній воді (більше 2 мг/л) може пошкодити емалі зубів у людини, викликати втрату еластичності кровоносних судин. При вмісті більше 8 мг/л – остеохондрозні явища.
Добрива, які містять хлор(хлористий калій, хлористий амоній)	Споживання води з вмістом хлору більше 50 мг/л викликає отруєння (токсикози) людини і тварин.

Пестициди – хімікати які застосовуються для боротьби з бур'янами (гербіциди), з грибковими хворобами рослин (фунгіциди) та шкідниками (зооциди, інсектициди та ін.). Пестициди широко застосовуються в сільському господарстві і зберігають більше 30% врожаю. При обробці посівів пестицидами основна частина їх накопичується на поверхні ґрунтів і рослин. Вони адсорбуються органічною речовиною ґрунтів і мінеральними колоїдами. Сорбція токсикантів зворотна. Надлишки пестицидів можуть мігрувати з гравітаційним потоком та попадати в ґрунтові води. Накопичуючись у ґрунті, вони можуть пересуватися ланцюгами живлення і викликати захворювання тварин та людей.

Накопичення надлишків пестицидів в ґрунті залежить від природи токсиканта. Найбільш стійкі зберігаються в ґрунті на протязі декількох років. Пестициди хоча і володіють виборчою дією на організми, але ця вибірковість відносна. Практично немає пестицидів, які в тій чи іншій мірі не вражали інші організми, особливо близькі в систематичному відношенні. Тим більше, що дуже часто концентрація пестицидів в ланцюгах харчування збільшується в силу біоакumuлюючого ефекту.

Одна з основних умов охорони ґрунтів від забруднення пестицидами – створення і застосування менш токсичних і менш стійких сполук та зменшення доз їх внесення в ґрунт. Повна детоксикація біоцидів відбувається лише при їх розпаді на нетоксичні компоненти. Розкладенню токсикантів спонукають реакції окислення, відновлення і гідролізу. Найбільш активно розпад пестицидів проводять мікроорганізми. За участю ферментів мікроорганізмів в ґрунті та розчині йдуть процеси гідролізу, окислення і відновлення. Мікроорганізми використовують для своєї життєдіяльності вуглець, азот, фосфор і калій, що входять до складу біоцидів.

Зменшення у кілька разів обсягів використання пестицидів в останні 10–15 років, хоча і сприяло зниженню забруднення ґрунтів та сільськогосподарської продукції отрутохімікатами, але ситуації суттєво не змінило. Це зумовлене тим, що залишки пестицидів знаходяться у ґрунті тривалий час. Чим більше пестицидне навантаження на ґрунти, тим вища їх шкідливість для населення.

12.7. Процеси вторинного засолення, осолонцювання та злитизації ґрунтів

Для створення оптимального водного режиму в районах недостатнього зволоження необхідне зрошення. Проте, за порушенням правил експлуатації іригаційних систем, за недосконаліми їх проектами виникають побічні явища: вторинне засолення, осолонцювання, злитизація та ін. Головними причинами деградації зрошуваних ґрунтів є бездренажне зрошення, великі втрати води на фільтрацію, будівництво зрошувальних систем без гідроізоляції, перевищення зрошувальних норм, неконтрольована подача води, полив мінералізованими водами. Надлишкові зрошувані води при фільтрації поповнюють запаси ґрунтових вод і викликають підвищення їх рівня. Якщо дзеркало ґрунтових вод піднімається до такої глибини де висота капілярного підняття їх досягає

поверхні, то при випаровуванні ґрунтових вод відбувається їх вторинне засолення. Швидкість підйому ґрунтових вод залежить від коефіцієнта корисної дії зрошувальної системи, дисципліни водокористування, способу зрошення і величини зрошувальної норми, рівня залягання ґрунтових вод і умов природного дренажу місцевості. Чим гірше умови природного дренажу (приморські дельти, безстічні депресії або низовини) і чим більше втрати поливних водна зрошувальній системі, тим інтенсивніше підйом рівня ґрунтових вод при зрошенні.

За даними В.А. Ковди і В.В. Єгорова, навіть при економічному використанні води при поверхневому способі зрошення швидкість підйому рівня ґрунтових вод на не рисових зрошувальних системах перевищує 1 м в рік. Найбільша швидкість підйому рівня ґрунтових вод (4–6 м на рік) відбувається на рисових чеках, і найменша (0,3–0,7 м на рік) – при зрошенні дощуванням. *Причиною вторинного засолення ґрунтів, крім ґрунтових вод, може бути мінералізована верховодка.* Для оцінки можливості вторинного засолення при підвищенні дзеркала ґрунтових вод (верховодки) академіком Полиновим у 1930 р. було введено поняття про критичну глибину залягання рівня мінералізованих ґрунтових вод. Критичною глибиною залягання рівня ґрунтових вод називається така їхня глибина, вище якої висхідні від ґрунтових вод капілярні струми досягають поверхневих горизонтів ґрунту і викликають вторинне засолення. Критичний рівень ґрунтових вод в першу чергу залежить від водопідйомної здатності ґрунту і від мінералізації самих ґрунтових вод. У середньому критична глибина рівня ґрунтових мінералізованих вод для посушливих районів нашої країни коливається від 2 до 3 м, тобто, щоб уникнути вторинного засолення ґрунтів, необхідно підтримувати рівень ґрунтових вод при зрошенні на глибині не менше 2–3 м.

У розвитку вторинного засолення ґрунтів велика роль належить мінералізації та хімічному складу зрошувальної води, вмісту в ній лужних солей, колоїдного кремнезему і т.п. В даний час на земній кулі для зрошення використовуються річні води, підземні, дренажно-скидні, морські та океанічні, а також стічні води. Вода великих річок має мінералізацію переважно до 0,5 г/л, гідрокарбонатно-кальцієвий потенціал сприятливий для зрошення. Води малих річок, підземні і дренажно-скидні води мають різну мінералізацію і хімізм. Застосування таких вод для зрошення часто викликає вторинне засолення ґрунтів. Ще менш придатні для зрошення морські та океанічні води. Особливо широко розвинене вторинне засолення за рахунок іригаційних вод у країнах Африки, Азії і Америки, де для зрошення широко використовуються підземні води та частково морські і океанічні води (Єгипет, Ізраїль, Індія).

В Україні засолені ґрунти поширені на Придніпровській (*сульфатно-содове засолення*) та Причорноморській (*сульфатно-хлоридне засолення*) низовинах, солонцюваті - на півдні України, особливо в зоні темно- каштанових ґрунтів, а також на Інгuleцькій, Явкінській, Спаській. Костичівській. Червоноярській, Василівській, Приозернянській, Холмській, Новоселівській, Котловинській, Міжрайонній, Виноградівській, Ялпугській, Озернянській

зрошувальних системах та при місцевому зрошенні шахтними водами Донбасу. Найбільш токсичне содове засолення. Воно викликає різку зміну ґрунтового розчину ($pH = 9-11$), складу вбирних катіонів, призводить до пептизації колоїдів, підвищує мобільність органічних речовин, погіршує водно-фізичні властивості ґрунту. В чорноземах при зрошенні водотривка зерниста або дрібно комковата структура орного горизонту швидко руйнується. З'являється брилистість, злитість, спроможність до утворення поверхневої корки після поливів та дощів. Процес злитизації веде до зниження вмісту доступної рослинам вологи, погіршенню повітрообміну, утрудняє їх обробіток, дренавання і промивку від солей.

Придатними для зрошення прийнято вважати води з мінералізацією до 1 г/л. У практиці іригації є приклади успішного використання для зрошення ґрунтів легкого механічного складу води з мінералізацією 5–6 г/л. Гранично допустимою мінералізацією для зрошення ґрунтів середнього і важкого механічного складу беруть 2–3 г/л, для супіщаних і піщаних ґрунтів – 10–12 г/л. Особливо небажаною є присутність у воді гідрокарбонату натрію. Прийнято, що вода з його вмістом менше 1,2 мг-екв./л придатна для зрошення, 1,25–2,5 – умовно-придатна, більше 2,5 – непридатна.

Для боротьби з вторинним засоленням ґрунтів і його запобігання застосовується ціла система заходів. Це, перш за все, будівництво глибокого горизонтального (2,5–3,5 м) дренажу або там, де це дозволяють гідрогеологічні умови зрошуваної території, – вертикального дренажу з глибиною 25–80 м.

Води підвищеної мінералізації і особливо лужні води викликають вторинне осолонцювання ґрунтів. Для визначення небезпеки осолонцювання і для стеження за швидкістю цього процесу визначають *SAR* зрошувальної води за формулою Річардса:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}},$$

де *SAR* – натрієве адсорбційне відношення; Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} – вміст катіонів, мг-екв./л.

Небезпека осолонцювання настає при $SAR > 10, 6, 4$ при мінералізації води відповідно 1, 2, 3 г/л. Для охорони ґрунтів від содового засолення і злитизації бажана хімічна меліорація (внесення гіпсу), застосування фізіологічно кислих добрив та тих, що містять Ca^{2+} , введення в сівозміну багаторічних трав. Режим зрошення повинен виключати перезволоження і пересихання ґрунтів. При зрошенні необхідна висока культура землеробства, суворе дотримання технологічних норм. Необхідна організація постійно діючої контрольної служби на зрошувальних системах з ціллю моніторингу водно-сольового режиму зрошуваних земель, їх структурного і гумусового стану для недопущення деградації зрошуваних ґрунтів і підтримання їх високої родючості.

12.8. Бонітування ґрунтів

Бонітування ґрунтів – це порівняльна оцінка якості ґрунтів за їх основними природними властивостями, які мають сталий характер та суттєво впливають на врожайність сільськогосподарських культур, вирощуваних у конкретних природно-кліматичних умовах. При бонітуванні слід брати до уваги ознаки, властивості ґрунтів та багаторічну середню врожайність сільськогосподарських культур на рівні інтенсивного землеробства. Завданням бонітування є порівняльна кількісна оцінка якостей ґрунтів і їх потенційної родючості.

Результати бонітування ґрунтів використовують для вирішування таких виробничих питань: впровадження в господарствах науково обґрунтованих заходів щодо підвищення родючості ґрунтів, раціональне використання і освоєння нових земель, впровадження сівозмін і раціональне розміщення сільськогосподарського виробництва, диференційоване планування закупок сільськогосподарських продуктів, прогнозування врожаїв сільськогосподарських культур. Визначення оптимальної структури посівних площ і перспектив спеціалізації господарств, оплати праці і аналіз ефективності виробничої діяльності господарств.

Ґрунти різняться за відносними, якісними показниками – балами, які дають можливість встановити, наскільки один ґрунт кращий або гірший порівняно з іншими за продуктивністю. Отже, бонітування ґрунтів – це визначення якості (родючості) ґрунтів, виражена в балах. Показником якості (родючості) ґрунтів є бонітет, який являє собою інтегральну величину різних одиниць. Бал бонітету визначають за об'єктивними природними властивостями та ознаками ґрунту, які є бонітетними критеріями.

Критерії поділяються на основні (типові) і модифікаційні. *Основними (типовими)* вважаються критерії, які безпосередньо характеризують здатність ґрунтів задовольняти вимоги рослин до факторів життя – води і поживних речовин, тобто дають можливість оцінити їх за родючістю. Це максимально можливі запаси в ґрунті продуктивної вологи (діапазон активної вологи), гумусу, доступних для рослин елементів живлення (азоту, фосфору і калію).

Модифікаційні критерії визначаються специфічними властивостями ґрунту, які зумовлюють певну можливість рослин використовувати поживні речовини і вологу для формування урожаю. Так, ґрунт може містити достатню кількість поживних речовин і вологи, але вміст в ньому токсичних солей або обмінного натрію, несприятлива реакція ґрунтового розчину, здатність до заплівання, утворення кірки, брил тощо можуть різко знизити його продуктивність. Оскільки негативні властивості мають місцевий характер (для підзолистих ґрунтів – кислотність, солончакових – надлишок легкорозчинних солей, для гідроморфних-оглеєння та ін.), вони враховуються в поправних коефіцієнтах. Первинною (початковою) одиницею бонітування ґрунтів є найменше дрібне таксономічне ділення – різновидність, виділена окремим

контуром на ґрунтовій карті господарства, або, як її називають, елементарний ґрунтовий ареал (ЕГА).

Для кращої характеристики якості ґрунтів складається *бонітетна шкала*, в якій ґрунти розміщують або за зниженням балу бонітету тобто від кращих до гірших, або за генетичною послідовністю (відповідно до номенклатурного списку).

У виробництві розміщення сільськогосподарських культур, агротехнічні та інші заходи здійснюють не за ґрунтовими контурами, а за земельними ділянками (полями). Останні здебільшого неоднорідні в ґрунтовому відношенні і характеризуються певним співвідношенням різноякісних ґрунтів, тобто мають свою структуру ґрунтового покриву. Тому необхідно узагальнювати бали бонітету елементарного господарського виділу (поле сівозміни або іншої однорідної в господарському відношенні земельної ділянки).

Якісна оцінка земель – це метод визначення у відносних показниках (балах) продуктивності комплексу природних умов і технологічних властивостей конкретної земельної ділянки для сільськогосподарського виробництва. Об'єктом оцінки при цьому є ґрунтовий покрив і технологічні властивості елементарного господарського виділу, тобто виробничої ділянки землі, обмеженої господарськими або природними (рельєфними, гідрологічними та ін.) обрисами. Якісна оцінка земель передбачає оцінку природних умов і технологічних властивостей земельної ділянки. При цьому оцінюють не ґрунт, а землю з усім комплексом природних факторів родючості та технологічних властивостей, які визначають об'єктивні умови її використання як основного засобу сільськогосподарського виробництва.

На основі повної характеристики ґрунтового покриву, клімату і технологічних властивостей елементарного господарського виділу визначають групу і клас придатності його земель. Ця робота виконується корегуванням середньозваженого балу бонітету елементарного виділу через відповідні поправні коефіцієнти на технологічні властивості земельної ділянки (рельєф, крутизна і напрям схилів, розчленованість, кам'янистість, наявність іонів, розмір і конфігурація полів та ін.).

На основі цих матеріалів складається *паспорт поля* (земельної ділянки), в якому повинні бути розгорнуті дані про якість ґрунтів цієї земельної ділянки та їх технологічні властивості.

На основі матеріалів якісної оцінки земель елементарних господарських наділів оцінюють ґрунти всього земельного фонду господарства і його виробничих підрозділів (бригад, відділків, ферм, ланок). Якісна оцінка земель господарств є основою для оцінки земель районів, областей і регіонів в цілому.

Результати оцінки оформлюються у вигляді картограм і альбому якості земель. Далі ці матеріали є вихідними (базовими) для економічної оцінки земель і складання Державного земельного кадастру.

В Україні було проведено два цикли бонітування ґрунтів – у 1968 і 1978 рр. за методикою, що розроблена в Інституті ґрунтознавства та агрономії під керівництвом В.П. Кузьмичева. Бонітетні шкали склали в межах природних

сільськогосподарських районів – за найбільш поширеними ґрунтами, за урожайністю, методами багатофакторного кореляційного аналізу, а для мало поширених ґрунтів – за результатами парного кореляційного аналізу зв'язків між урожайністю і показниками властивостей та ознак ґрунтів.

Сприятливі ґрунтові і природно-кліматичні умови Лісостепу посилюють необхідність раціонального використання землі. Вони зумовлюють вирощування в цій зоні більш інтенсивних культур, які визначають основний напрям спеціалізацію сільськогосподарського виробництва – буряково-зернове з розвиненим тваринництвом.

Ґрунти степової зони мають високу природну родючість. Запаси гумусу в метровому шарі чорноземів звичайних становить 300–600, південних – 300–400 і темно-каштанових солонцюватих ґрунтів – 260–300 т/га, запаси азоту – відповідно 16–33, 15–20 і 12–15 т/га, запаси валового калію – 2,0–2,5 %. Тут найбільш сприятливі умови для вирощування озимої пшениці, кукурудзи та соняшнику.

12.9. Моніторинг ґрунтів та його значення для боротьби із забрудненням навколишнього середовища

Моніторинг (англ. *Monitoring*) – система спостереження й контролю за станом навколишнього середовища і запобігання прояву природних і антропогенних факторів, шкідливих чи небезпечних для здоров'я людини, для існування рослин і тварин. У Земельному кодексі України зазначено, що моніторинг земель являє собою систему спостереження за станом земельного фонду в тому числі земель, розміщених у зонах радіоактивного забруднення, з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відтворення земель та ліквідації наслідків впливу негативних процесів. Структура, зміст і порядок здійснення моніторингу земель встановлюються Кабінетом Міністрів України.

Екологічний моніторинг земель – багатоцільова спостережно-інформаційна система для вивчення напрямків і швидкості розвитку процесів, що негативно впливають на екологічний стан земель та їхню родючість, обґрунтування системи захисту від шкідливої дії води, вітрової ерозії, токсичних речовин та оптимізації екологічної ситуації, відтворення їх родючості.

Комплексний ґрунтовий моніторинг має бути направлений на досягнення головної мети: 1) своєчасне виявлення несприятливих змін властивостей ґрунтів і ґрунтового покриву при різних видах його використання; 2) виконання контролю за станом ґрунтів за сезонами року (динаміка властивостей) під сільськогосподарськими культурами для видачі сучасних рекомендацій за застосування регулюючих заходів.

Перша мета пов'язана з тими змінами ґрунтів, які виникають у результаті тривалого, багаторічного впливу однотипних зовнішніх факторів. Такі зміни призводять до корінної зміни властивостей ґрунтів або ґрунтового покриву, якщо дія факторів продовжується досить довго. До таких змін відносять розвиток ерозійних процесів, накопичення токсичних металів у результаті промислових

викидів в атмосферу. Це забруднення частково пов'язано із застосуванням деяких видів добрив і меліорантів, що викликає прогресуюче засолення ґрунтів при підйомі ґрунтових вод на недосконалих зрошувальних системах. До корінних змін відносять дефіцит балансу гумусу й азоту при посиленій мінералізації органічної речовини й нестачі органічних добрив, зростання кислотності й розширення площі кислих ґрунтів унаслідок випадання кислотних атмосферних опадів і використання кислих мінеральних добрив на не вапнованих фонах. У таких випадках періодичність спостережень за розвитком цих процесів визначається темпами їх розвитку. Проміжки часу між термінами спостережень можуть коливатися від одного року до десятків років.

Друга мета моніторингу пов'язана з необхідністю щорічного прогнозу врожайності сільськогосподарських культур і виявлення факторів урожайності, які найменш забезпечені на конкретних посівних площах. Це стосується вологозабезпечення і забезпечення рослин найважливішими елементами живлення. Періодичність спостережень зумовлюється фізіологічними особливостями вирощуваних культур, але не менше двох- трьох разів за вегетацію.

На сучасному етапі *найважливішими задачами ґрунтового моніторингу є:*

- 1) оцінка середньорічних втрат ґрунту внаслідок дощової, іригаційної і вітрової ерозії;
- 2) визначення регіонів із дефіцитним балансом головних елементів живлення рослин, визначення й оцінка швидкості втрати гумусу, азоту й фосфору;
- 3) контролювати зміну кислотності й лужності ґрунту, особливо у районах із внесенням високих доз мінеральних добрив, а також при іригації, використанні для меліорації промислових відходів;
- 4) контролювати зміну сольового складу зрошуваних ґрунтів;
- 5) контролювати ґрунти в місцях підвищеного випадання з атмосфери забруднюючих речовин (поблизу гірничопромислових комплексів, великих промислових міст);
- 6) вести контроль за локальним забрудненням ґрунтів важкими металами у зоні впливу промислових підприємств і транспортних магістралей, а також пестицидами в регіонах їх постійного використання, детергентами і побутовими відходами на територіях із високою щільністю населення;
- 7) вести довготерміновий і сезонний (за фазами розвитку рослин) контроль за вологістю, температурою, структурним станом, водно-фізичними властивостями ґрунтів і умістом у них елементів живлення рослин;
- 8) здійснювати експертну оцінку ймовірної зміни властивостей ґрунтів при проектуванні гідробудівництва, меліорації, впровадження нових систем землеробства й удобрення;
- 9) проводити інспекторський контроль за розмірами й вірністю відчуження орнопридатних ґрунтів для промислових і комунальних цілей.

Ґрунт разом з мікроорганізмами, що живуть в ньому, виконує роль адсорбенту, очисника та біологічного нейтралізатора забруднювачів, здійснює

мінералізацію всіх органічних решток. Використання ґрунту у вигляді очисника – одна з ланок кругообігу речовин, в якій очищується більшість органічних решток і відходів, які до цього забруднювали середовище.

До особливостей ґрунту, які визначають його здатність до фільтрації, очищення, вторинного використання деяких забруднювачів, перетворення різних відходів і залишків, належать такі: обмінна катіонна і аніонна здатність; значне географічне поширення; об'єм, який він займає в природі; фільтруюча здатність; біологічна активність, зумовлена вмістом макро- і мікроорганізмів; хімічне осаджування речовин з розчинів, які потрапляють в ґрунт, реакцій, які відбуваються в ґрунті при певній температурі, тиску; окислювально-відновлювальний потенціал; концентрація речовин.

Необхідною умовою, при якій ґрунт може виконувати функції очисника, є здатність його до самоочищення. Серед властивостей ґрунту як очисника необхідно виділити енергетичну ємність – кількість енергії, яка нагромаджується в органічній речовині біомаси у процесі фотосинтезу і виділяється під час мінералізації органічних речовин.

Важливим показником самоочищення ґрунту є вміст і якість гумусу, оскільки азот, який є в гумусі – один з основних компонентів для адсорбції, утворення хелатів та компенсації інших негативних явищ. Однак слід завжди мати на увазі, що насичення ґрунту забруднювачами має межу, в рамках якої він може функціонувати. Ця межа насичення визначається властивостями ґрунту та видом забруднювача.

Є багато класифікацій забруднювачів. Це – природні та антропогенні забруднювачі, фізичні і хімічні; останні, в свою чергу, поділяють на групи за хімічним складом. До основних видів забруднювачів ґрунтів належать важкі метали, радіоактивні елементи, неорганічні сполуки металів, органічні синтетичні речовини, пестициди, мінеральні добрива, різні органічні відходи, біологічні забруднювачі.

Найнебезпечніші забруднювачі ґрунтів – важкі метали. Основним джерелом потрапляння їх у ґрунт є промислові відходи та пилогазоподібні викиди. Більшість промислових відходів містять підвищені концентрації свинцю, кадмію, хрому, міді, миш'яку та інших металів. Важкі метали потрапляють у ґрунт також з промисловим пилом та аерозолями. З промисловими викидами у ґрунт надходять також сірчаний та сірчистий ангідрид, окисли азоту, хлор та ін.

Метали промислових відходів характеризуються найбільшою акумуляційною здатністю. Підвищення концентрації металів у ґрунтах спостерігається в радіусі кількох десятків кілометрів від міст та великих промислових підприємств. Багато важких металів містить мул після очищення стічної води. Використання його для очищення стічної води. Використання його для удобрення призводить до забруднення ґрунту та рослинної продукції. Забрудненню ґрунтів важкими металами (кадмій, стронцій, мідь, свинець, цинк, нікель) сприяють викиди автомобільного транспорту.

Важкі метали, нагромаджуючись в ґрунті, беруть участь в хімічних, біохімічних процесах і негативно впливають на склад та властивості ґрунту. В забруднених ґрунтах порушуються процеси гумусоутворення, виникає ефект диспергації внаслідок руйнування органомінеральних комплексів, і як наслідком, посилюються ерозійні процеси. На ґрунтах, де концентрація важких металів нижча ніж рівень токсичності, треба вирощувати культури, які вбирають їх. Як уже зазначалося, ґрунт забруднюється пестицидами. Пояснюється це не тільки кількістю застосованих пестицидів, а й порушенням правил їх зберігання і застосування.

Ґрунтові мікроорганізми розкладають більшість пестицидів, які потрапляють у ґрунт. Однак швидкість розкладу пестицидів у ґрунті залежить не тільки від мікроорганізмів, а й від природи пестицидів. Виключно стійкими до розкладення є хлорорганічні сполуки. Дослідженнями виявлено вміст пестицидів у жирових тканинах птахів тундри, де ці препарати ніколи не застосовувались. Деякі пестициди – аналоги природних сполук мікроорганізми використовують як джерело живлення. У процесі трансформації пестицидів мікроорганізмами може спостерігатися синтез нових сполук з токсичними властивостями. Отже, питання про місце і роль токсикації пестицидів мікроорганізмами в ґрунті залишається досить складним.

Основними факторами, які зумовлюють метаболічну активність мікроорганізмів, є сприятливі температура та вологість, оптимальний вміст органічної речовини. Як правило, внесення органічних добрив підвищує швидкість детоксикації пестицидів. Вплив мінеральних добрив на навколишнє середовище і ґрунт залежить від їх внесення, наукового обґрунтування потреби в поживних речовинах, строків і способів внесення.

Мінеральні добрива впливають на концентрацію та кислотність ґрунтового розчину. Внесення високих доз добрив, особливо азотних, призводить до зниження суми ввібраних основ у ґрунті та підвищення його кислотності. Необґрунтоване внесення азотних добрив призводить до забруднення нітратами водних джерел та сільськогосподарської продукції. Мінеральні добрива – одне з джерел забруднення середовища важкими металами як біофільними (цинк, мідь, марганець та інші), так і токсичними (кадмій, ртуть, свинець тощо).

Будівництво великих тваринницьких комплексів, концентрація на відносно малих площах значної кількості тварин, значна кількість відходів зумовили виникнення проблеми, пов'язаної із забрудненням навколишнього середовища і ґрунтів відходами тварин. Ефективним методом утилізації цих відходів є приготування різних компостів, використання їх як енергетичного матеріалу для виготовлення різного палива (горючих газів, біогумусу та ін.). Рідкі тваринницькі відходи, за даними закордонних та вітчизняних авторів, можна застосовувати для вермикультивування і промислового виробництва біогумусу.

Щоб запобігти забруднення ґрунту та сільськогосподарської продукції, крім утилізації, необхідне контрольоване розрахункове використання відходів

для безпосереднього удобрення ґрунтів. Внесення великої кількості органічних відходів призводить до засолення ґрунтових вод.

Необхідно зазначити, що для очищення органічних відходів тваринництва та промислових стічних вод придатні не всі ґрунти. Для цього слід використовувати ґрунти досить проникні, добре провітрювані, в яких можливі процеси окислення. Ґрунти з легким механічним складом, які мають високу водопроникність так само, як і важкі, для цього непридатні.

Охорона ґрунтів від забруднення має свої особливості. Це значною мірою пов'язано з особливостями ґрунту як природного середовища. Ґрунт є малорухомим середовищем, тому міграція забруднювачів у ньому відбувається повільніше, ніж наприклад, у воді або повітрі. Крім того, в ґрунті нагромаджуються забруднюючі речовини, внаслідок чого концентрація деяких може постійно підвищуватися. Забруднення ґрунту впливає і на людину, а шкідливість його залежить в основному від якості продукції та об'єму врожаю сільськогосподарських культур. Слід зазначити також, що ґрунти характеризуються незначною технологічністю при очищенні від забруднювачів.

Бурхливий розвиток промисловості та її технічне озброєння. Інтенсифікація землеробства, постійне збільшення витрат сировини та матеріалів призводять до різнобічних порушень ґрунтів. Саме тому виникла необхідність у створенні спеціальної служби моніторингу якості ґрунтів та вирошеної сільськогосподарської продукції.

В Україні існує система правових норм, спрямована на охорону земель, відновлення та підвищення їх родючості. Суть правової охорони земель полягає в закріпленні у правових норм обов'язків і прав підприємств, організацій, установ і громадян відносно використання землі. Державний контроль за станом і охороною землі здійснюється Радами народних депутатів через відповідні виконавчі і розпорядчі органи, а також природоохоронними органами та землевпорядною службою.

Існує державна система контролю за навколишнім середовищем, в якій контроль за якістю ґрунтів та рослинницької продукції здійснює Державна агрохімічна служба. Однією з ланок цієї служби є обласні проектно-дослідницькі станції хімізації сільського господарства, які вирішують комплекс практичних питань з моніторингу якості ґрунтів та сільськогосподарської продукції.

В реалізації програми моніторингу якості ґрунтів і продукції беруть участь і інші науково-дослідні установи. Дослідні дані про вплив географічних, кліматичних та інших факторів на нагромадження, міграцію та трансформацію забруднюючих речовин у ґрунті і рослинах дає можливість рекомендувати виробництву ефективні способи зниження вмісту їх у ґрунті і продукції. Розроблені і впроваджуються у виробництво регламенти застосування пестицидів і мінеральних добрив, нормативні документи гранично допустимої концентрації (ГДК) пестицидів і важких металів у ґрунті і продукції рослинництва, нітратів у продукції рослинництва.

Однак контроль за якістю сільськогосподарської продукції неможливий без контролю за якістю ґрунту. Тому мета і завдання агрохімслужби зводиться

до періодичного контролю якості і властивостей ґрунту; виявлення та усунення основних джерел забруднення ґрунтів; розробки запобіжних заходів щодо зменшення забруднення ґрунтів; постійний загальний контроль за якістю сільськогосподарської продукції, розробки і реалізації заходів, які забезпечують одержання екологічно чистої продукції.

Проектно-дослідницькими станціями хімізації сільського господарства періодично (один раз у 3-5 років) проводиться агрохімічне обстеження ґрунтів, за результатами якого видаються агрохімічні картограми вмісту рухомих сполук азоту, фосфору і калію, гумусу, сірки, обмінних основ у ґрунті, його кислотності, а деякими станціями і рухомих форм мікроелементів. Станції ведуть постійний контроль за динамікою і насиченням ґрунтів залишковими кількостями найбільш поширених пестицидів. Деякі з них здійснюють контроль за забрудненням ґрунтів важкими металами.

Обласні проектно-дослідницькі станції хімізації і районні комплексно-технологічні лабораторії хімізації і захисту рослин повинні контролювати вміст нітратів і залишкових кількостей пестицидів у сільськогосподарській продукції з виданням сертифікатів здійснювати комплексну діагностику потреби сільськогосподарських культур в елементах мінерального живлення та ін.

Оскільки проблема запобігання і боротьби з забрудненням навколишнього середовища є однією з основних проблем суспільства, моніторинг ґрунтів і якості сільськогосподарської продукції є невід'ємною частиною глобальної системи моніторингу навколишнього середовища.

Контрольні питання

1. Методи та задачі охорони ґрунтів.
2. Назвіть основні причини виникнення та заходи попередження деградації ґрунтів.
3. Види ерозії та заходи боротьби з нею.
4. Назвіть основні причини дегуміфікації ґрунтів.
5. Мета та методи бонітування ґрунтів.
6. Моніторинг ґрунтів та його значення для боротьби із забрудненням навколишнього середовища.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Назаренко І.І., Польчина С.М., Нікорич В.А. Грунтознавство: Підручник. – Чернівці: Книги – ХХІ, 2004. – 400 с.
2. Тихоненко Д.Г. Грунтознавство: навч. посіб. / Д.Г. Тихоненко, М.О. Горін. – К.: Вища школа, 2009.
3. Панас Р.М. Грунтознавство: навч. пос. – Львів : Новий Світ – 2000. – 2006. – 372 с.
4. Основи грунтознавства і землеробства: підруч. / В.П. Гордієнко, М.В. Недвига, О.С. Осадчий, М.Г. Осінній / За ред. В.П. Гордієнка. – Київ, 2000. – 390 с.
5. Шкварук М.М. Грунтознавство: підручник / М.М. Шкварук, М.І. Делеменчук – К.: Вища школа, 1976. – 320 с.
6. Кириленко О.Л. Екологічне грунтознавство. Навч. пос. – Харків: НТУ ХП, 2001.
7. Гудзь В.П. Адаптивні системи землеробства: підручник /В.П. Гудзь, І.А. Шувар, А.В. Юник, І.П. Рихлівський, Ю.Г. Міщенко — К. : Центр учбової лі-тератури, 2014. – 336 с.
8. Шикула М. К., Гнатенко О. Ф., Петренко Л. Р. Охорона ґрунтів. – К.: Знання, 2004. – 398 с.
9. Короткий нарис історії грунтознавства. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://geografica.net.ua/publ/galuzi_geografiji/gruntoznavstvo/korotkij_naris_istoriji_runtoznavstva/34-1-0-466
10. Полупан М.І, Соловей В.Б., Кисіль В.І., Величко В.А. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України: Навч. пос. – К: Урожай, 2002. – 315 с.
11. Надточій П.П., Вольвач Ф.В., Гермашенко В.Г. Екологія ґрунту та його забруднення – К. : Аграрна наука, 1997. – 286 с.
12. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://menr.gov.ua/news/31768.html>
13. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М.І. Полупан, В.Б. Соловей, В.І. Кисіль, В.А. Величко; Нац. наук. центр «Ін-т грунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» УААН. – К.: Колобіг, 2005. – 303 с.
14. Полупан М. І., Соловей В. Б., Величко В. А. Класифікація ґрунтів України / УААН; Національний науковий центр «Інститут грунтознавства та агрохі-її ім. О.Н. Соколовського» / Микола Іванович Полупан (ред.). – К.: Аграрна наука, 2005. – 300 с.
15. Соціально-економічна географія України. Под ред. О. Шаблія [Електронний ресурс]. – Львів: Світ, 1998. – 640 с. – Режим доступу: <http://bookucheba.com/page/geographiya/ist/ist-9—idz-ax246.html>

16. Грабак Н.Х. Основи ведення сільського господарства та охорона земель: навч. посіб. / Н.Х. Грабак, І.Н. Топіха, В.І. В'юн, В.М. Давиденко, С.М. Чмирь – К.: Професіонал, 2005. – 796 с.
17. Погребняк В.Г. Основи екології. – Донецьк.: Дон ДУЕТ, 2001.
18. Кучерявий ВЛ. Екологія. – Львів: Світ, 2000. – 500 с.
19. Шикула М. К., Гнатенко О. Ф., Петренко Л. Р. Охорона ґрунтів. – К. : Знання, 2004. – 398 с.
20. Картографія ґрунтів: Навч. посібник / ред. Д. Г. Тихоненко. – Харків : ХДАУ, 2000 – 321 с.
21. Геркіял О.М. Агрохімія: навч. посіб. / О.М. Геркіял, Г.М. Господаренко, Ю.В. Коларькоков . – Умань, 2008. – 300 с.
22. Тихоненко Д. Г. До питання про класифікацію ґрунтів України // Ґрунтознавство. – 2001. – Т. 1, № 1–2. – С. 15–22.
23. Охорона ґрунтів і відтворення їх родючості: підручник / [Забалуєв В.О., Балаєв А.Д., Тарарико О.Г., Тихоненко Д.Г., Дегтярьов В.В., Тонха О.Л., Пікавська О.В.]. – К., 2013. – 312 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

Агрономічне ґрунтознавство, 8
Адсорбент, 178
Адсорбоване ґрунтове повітря, 139
Адсорбтив, 178
Адсорбція, 178
Аерація, 143
Акумуляція, 103
Алювіальні породи, 60
Амфолітоїди, 181
Анаеробні бактерії, 111
Анмоор, 118
Ацидоїди, 180

Б

Базоїди, 181
Бактерії, 111
Бархани, 64
Біологічна рекультивация, 204
Біологічна фіксація, 114
Біологічне вбирання здатність, 178
Біологічне вивітрювання, 57
Біологічний кругообіг, 40
Бонітування ґрунтів, 213
Буферність ґрунтів, 176

В

Вбирна здатність ґрунту, 177
Вивітрювання гірських порід, 53
Висушування земель, 19
Відносна родючість, 137
Вік ґрунту, 66
Вільна пароподібна волога, 96
Вільне ґрунтове повітря, 139
Водний режим ґрунтів, 94
Водопідйомна здатність, 97
Водопроникність, 97
Водостійкість, 70
Водний режим, 97, 134
Водорослі, 114
Вологість розриву капілярів, 99
Вологоємність, 96
Вторинного засолення ґрунтів, 211

Г

Газообмін, 142
Генетичний горизонт, 43
Географія ґрунтів, 80
Геологічний кругообіг, 37
Гігроскопічна волога, 96
Гідратація, 56
Гідроліз, 57
Гірська ґрунтова провінція, 84
Гірська порода, 51
Гірничотехнічна рекультивация, 204
Гравій, 88
Гравітаційна вода, 95
Гранулометричний аналіз, 91
Гранулометричний склад, 87, 92
Гриби, 114
Гуміни, 106, 119
Гумінові кислоти, 106, 119
Гуміфікація, 103, 116
Гумус, 106, 116

Ґ

Ґрунт, 8, 10
Ґрунтова вода, 96
Ґрунтова зона, 83
Ґрунтова підзона, 83
Ґрунтова провінція, 83
Ґрунтовий профіль, 43, 45
Ґрунтовий округ, 84
Ґрунтово-біокліматичний пояс, 82
Ґрунтово-біокліматична область, 82
Ґрунтово-географічне районування, 84
Ґрунтово-гідрологічні константи, 99
Ґрунтознавство, 8, 12
Ґрунтоутворювальний процес, 11, 35

Д

Деградація ґрунту, 192
Дегуміфікація ґрунтів, 205
Делювіальні породи, 60
Денітрифікація, 112
Дерев'яниста рослинна формація, 41
Десульффікація, 112

Дифузія, 142

Дощові черв'яки, 115

Дюни, 64

Е

Екологічний моніторинг земель, 215

Економічна родючість, 137

Елювіальні породи, 60

Еолові відкладення, 61

Ерозія ґрунтів, 19, 196

Ефективна родючість, 137

Ефективна теплоємність ґрунту, 158

Є

Ємність вбирання ґрунтів, 182

З

Забарвлення ґрунту, 44

Забруднення ґрунтів, 19

Засолення ґрунтів, 20

Защемлене ґрунтове повітря, 139

Зв'язність ґрунту, 153

Зелені рослини, 108

Злитизація ґрунтів, 212

Змінне висушування, 73

К

Каміння, 88

Капілярна вода, 95

Капілярна вологомісткість, 100

Капілярні пори, 148

Катіони металів, 181

Кисень, 166

Кислотність ґрунту, 174

Класифікація ґрунтів, 77

Клімат, 62

Колоїдна частина, 89

Комахи, 115

Комплексний моніторинг, 215

Крупнопилувата фракція, 88

Л

Леси і лесовидні суглинки, 61

Липкість, 152

Лишайники, 114

Лужність ґрунту, 175

Лучна трав'яниста рослинна
формація, 41

Льодовикові відкладення, 60

М

Макрорельєф, 65

Максимальна гігроскопічність, 99

Мезорельєф, 65

Механічна вбирна здатність, 177

Мікроелементи ґрунтів, 170

Мікроорганізми, 110

Мікрорельєф, 65

Мінералізація, 103

Модер, 118

Моніторинг земель, 190, 215

Мор, 118

Морські відкладення, 61

Мул, 88

Мюлле, 118

Н

Набрякання ґрунту, 153

Найменша вологомісткість, 100

Найпростіші, 114

Некапілярні пори, 148

Нітрифікація, 112

О

Об'ємна маса, 147

Озерні відкладення, 60

Окислення, 55

Окислення заліза, 113

Окультурювання ґрунту, 138

Органічна речовина ґрунту, 103

Оренда землі, 32

Основа зональності, 81

Осолонцювання, 212

Охорона ґрунтів, 192

П

Пестициди, 210

Пил дрібний, 88

Підвищення родючості, 137

Підготовча рекультивація, 204

Підтип, 79

Підтоплення земель, 19

Піщана фракція, 88

Пластичність, 152

Плівкова вода, 95

Повітроємність ґрунтів, 140

Повітропроникність ґрунту, 141

Повітряний режим, 135
Повна вологомісткість, 100
Покривні суглинки, 61
Пористість ґрунту, 148
Порушення режиму водних систем, 20
Потенціальна родючість, 137
Природна родючість, 136
Природно-сільськогосподарський район, 85
Пролувій, 60
Пустельна рослинна формація, 41

Р

Радіоактивність ґрунтів, 171
Рекультивація, 204
Рід, 79
Родючість ґрунту, 10, 127
Розкладання, 103
Розчинення, 56
Розчинене повітря, 139

С

Середньопилувата фракція, 88
Степова трав'яниста рослинна формація, 41
Стиглість ґрунту, 154
Структура ґрунту, 45, 70, 133
Структурність ґрунту, 70
Сорбована вода, 95
Сульфофікація, 113

Т

Тверда вода, 96
Твердість ґрунту, 153
Температурний режим, 135, 160
Тепловий баланс ґрунту, 162
Тепловий режим ґрунтів, 160
Теплоємність ґрунту, 158
Теплопоглинальна здатність, 157
Теплопровідність, 159
Теплообмін, 159

У

Усадка ґрунту, 153
Ущільнення ґрунту, 19

Ф

Фактори ґрунтоутворення, 11
Фізична вбирна здатність, 178
Фізико-хімічна вбирна здатність, 178
Фізичне вивітрювання, 54
Флювіогляціальні відкладення, 61
Фульвокислоти, 106, 120

Х

Хімічна вбирна здатність, 177
Хімічне вивітрювання, 55
Хімічно зв'язана і кристалізаційна вода, 96
Хребетні тварини, 115

Ц

Центрифугування, 92

Ш

Штучна радіоактивність, 173
Штучна родючість, 137

Щ

Щільність будови ґрунту, 148
Щільність твердої фази, 146

Я

Якісна оцінка земель, 214

Навчальне видання

Юрченко Аннета Анатоліївна
Миронова Інна Геннадіївна

ГРУНТОЗНАВСТВО

Навчальний посібник

Редактор Ю.В. Рачківська

Підписано до друку 2022. Формат 30x42/2
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 12,5
Обл. – вид. арк. 12,5. Тираж 100 прим. Зам. №

Підготовлено до друк та видрукувано
В Національному технічному університеті
«Дніпровська політехніка»
Свідоцтво до внесення до Державного реєстру ДК №1842 від 11.06.2004

49005, м. Дніпро, просп. Д.Яворницького, 19