

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ КОЛЕДЖ

В. Б. Левченко, Р. А. Залевський, М. В. Горопаха,
П. Д. Іванцов, В. І. Коломієць

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК З
АГРОЛІСОГРУНТОЗНАВСТВА
ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМУ
ПІДГОТОВКИ
201 «Агрономія»
205 «Лісове господарство»

за редакцією кандидата сільськогосподарських наук, доцента
В. Б. Левченко

УДК 631.4 : 630*2 : 630*4

Укладачі: кандидат с.-г. наук, доцент **Левченко Валерій Борисович**,
кандидат с.-г. наук, **Залевський Роман Антонович**,
здобувач наукового ступеня **Горопаха Марина Володимирівна**,
викладач **Іванцов Петро Дмитрович**,
викладач **Коломієць Володимир Іванович**.

Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 201
„Агрономія”, 205 „Лісове господарство” / В. Б. Левченко, Р. А. Залевський,
М. А. Горопаха, П. Д. Іванцов, В. І. Коломієць; за ред. к. с.-г. н., доц. В. Б.
Левченка. – Житомир: Вид-во 2017. – 235 с.

*Розглянуто і схвалено методичною радою Житомирського
агротехнічного коледжу протокол № 1 від 14.09.2017 р.*

*Рекомендовано до друку методичною радою
Житомирського агротехнічного коледжу*

Рецензенти: **А. І. Гузій** – д. с.-г. н., проф. завідувач кафедри
експлуатації лісових ресурсів ЖНАЕУ;
П. Г. Вакулук к. с.-г. н., проф. ЖАТК.

УДК 631.4 : 630*2 : 630*4

ЗМІСТ

ВСТУП	7
ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ	9
ПІДГОТОВКА ЗРАЗКІВ ҐРУНТУ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ...	11
Розділ 1. ГРАНУЛОМЕТРИЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТУ	13
1.1. КЛАСИФІКАЦІЯ МЕХАНІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ	13
1.2. ДІАГНОСТИКА ҐРУНТІВ ЗА ГРАНУЛОМЕТРИЧНИМ СКЛАДОМ	16
1.3. ГРАНУЛОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ҐРУНТУ	18
1.3.1. Підготовка ґрунту до гранулометричного аналізу (за Н.А. Качинським).....	19
1.3.1.1. Підготовка безкарбонатного ґрунту.....	19
1.3.1.2. Підготовка карбонатного ґрунту	21
1.3.2. Підготовка ґрунту до гранулометричного аналізу методом розтирання з розчином пірофосфату натрію	21
1.3.3. Кількісне визначення механічних елементів за допомогою піпетки	22
1.3.4. Розрахунки результатів гранулометричного аналізу	24
1.3.5. Оцінка кам'янистості ґрунтів	25
1.4. КЛАСИФІКАЦІЯ ҐРУНТІВ ЗА ГРАНУЛОМЕТРИЧНИМ СКЛАДОМ	26
1.5. ГРАНУЛОМЕТРИЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТІВ УКРАЇНИ	28
1.6. ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ	29
1.7. ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ	30
Розділ 2. СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНИЙ СКЛАД ҐРУНТУ	34
2.1. ПОНЯТТЯ СТРУКТУРИ ҐРУНТУ ТА ЇЇ КЛАСИФІКАЦІЯ	34
2.2. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО- АГРЕГАТНОГО СКЛАДУ	36
2.2.1. Мікроагрегатний аналіз ґрунту за методом Качинського	36
2.2.2. Структурно-агрегатний аналіз ґрунту за методом М.І. Савінова	38
2.2.3. Використання результатів агрегатного аналізу ґрунтів	42
Розділ 3. ЗАГАЛЬНІ ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ	43
3.1. ЩІЛЬНІСТЬ ТВЕРДОЇ ФАЗИ ҐРУНТУ.....	43
3.1.1. Визначення щільності твердої фази ґрунту пікнометричним методом	44
3.1.1.1. Визначення щільності твердої фази незасолених ґрунтів ...	46
3.1.1.2. Визначення щільності твердої фази засолених ґрунтів	47
3.2. ЩІЛЬНІСТЬ ҐРУНТУ.....	48
3.2.1. Поняття щільності ґрунту та її оцінка	48
3.2.2. Визначення щільності ґрунту методом ріжучого кільця за Н.А.	51

Качинським	
3.3. ПОРИСТИСТЬ ҐРУНТУ ТА ЇЇ ВИЗНАЧЕННЯ	52
Розділ 4. ВОДНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ ТА МЕТОДИ ЇХ ДОСЛІДЖЕННЯ	55
4.1. СТАН І ФОРМИ ВОДИ В ҐРУНТІ	55
4.2. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ	58
4.2.1. Визначення польової вологості ґрунту термостатно-ваговим методом	59
4.2.2. Визначення вмісту гігроскопічної води у ґрунті	62
4.2.3. Визначення максимальної гігроскопічності ґрунту за методом А.В. Ніколаєва	63
4.2.4. Визначення максимальної молекулярної вологості ґрунту методом вологоємких середовищ	65
4.2.5. Визначення вологості стійкого в'янення рослин методом вегетаційних мініатюр	66
4.2.6. Найменша вологоємність	69
4.2.7. Визначення капілярної вологоємності ґрунту	71
4.2.7.1. Лабораторний метод визначення капілярної вологоємності	71
4.2.7.2. Визначення капілярної вологоємності порушеного ґрунту та швидкості капілярного підняття води	72
4.2.8. Визначення повної вологоємності ґрунту	73
4.3. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ВОЛОГОСТІ ТА ВОДНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ	73
Розділ 5. ОРГАНІЧНА РЕЧОВИНА ҐРУНТУ ТА МЕТОДИ ЇЇ ВИЗНАЧЕННЯ	76
5.1. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ГУМУСУ	76
5.1.1. Визначення вмісту гумусу за методом Тюріна	77
5.1.2. Визначення гумусу методом Тюріна в модифікації Сімакова	79
5.1.3. Розрахунки запасів енергії в гумусі за С.А. Алієвим	81
5.1.4. Визначення показника реакційної здатності гумусу за М. І. Лактіоновим	82
Розділ 6. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ	83
6.1. КАТІОНООБМІННА ЗДАТНІСТЬ ҐРУНТУ	83
6.1.1. Трилометричне визначення кальцію і магнію	87
6.1.2. Визначення обмінного кальцію	89
6.1.3. Визначення обмінних калію і натрію на полумєневому фотометрі	90
6.1.4. Визначення суми обмінних катіонів за методом Каппена-Гільковиця	92
6.1.5. Визначення обмінного натрію за методом М.М. Годліна.....	93
6.1.6. Визначення карбонатів у ґрунті газоволюметричним методом	96
6.2. МЕТОДИ МЕЛІОРАЦІЇ СОЛОНЦІВ І СОЛОНЦЮВАТИХ ҐРУНТІВ	98

6.2.1. Визначення ступеня солонцюватості ґрунтів і доз гіпсу	99
6.2.2. Визначення дози гіпсу за порогом коагуляції	101
6.2.3. Взаємодія гіпсу з ґрунтом	102
6.2.4. Строки, способи та місце внесення гіпсу в сівозмінах	102
6.3. КИСЛОТНІСТЬ ҐРУНТУ, МЕТОДИ ЇЇ ВИЗНАЧЕННЯ І РЕГУЛЮВАННЯ	104
6.3.1. Поняття про кислотність ґрунту	104
6.3.2. Методи визначення кислотності ґрунту	108
6.3.2.1. Визначення активної кислотності ґрунту потенціометричним методом	108
6.3.2.2. Визначення обмінної кислотності потенціометричним методом	109
6.3.2.3. Визначення гідролітичної кислотності за методом Г. Каппена	109
6.3.3. Методи хімічної меліорації кислих ґрунтів	110
6.3.3.1. Взаємодія вапна з ґрунтом	110
6.3.3.2. Визначення потреби ґрунтів у вапнуванні	111
6.3.4. Методи визначення доз вапна	113
6.3.5. Строки, способи та місце внесення вапна в сівозмінах	119
Розділ 7. ЗАСОЛЕНІ ҐРУНТИ, МЕТОДИ ЇХ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МЕЛІОРАЦІЇ	121
7.1. АНАЛІЗ ВОДНОЇ ВИТЯЖКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАСОЛЕНОСТІ ҐРУНТІВ	121
7.1.1. Приготування водної витяжки	122
7.1.2. Якісне визначення вмісту іонів	123
7.1.2.1. Визначення загальної кількості водорозчинних речовин (сухий залишок)	123
7.1.2.2. Визначення загальної кількості мінеральних водорозчинних речовин (залишок після прожарювання)	124
7.1.2.3. Визначення рН водної витяжки потенціометричним методом	124
7.1.2.4. Визначення лужності водної витяжки	124
7.1.2.5. Визначення хлор-іонів методом Мора	127
7.1.2.6. Визначення сульфат-іонів	128
7.1.2.7. Визначення кальцію та магнію трилонометричним методом	129
7.1.2.8. Визначення іонів натрію та калію	131
7.1.2.9. Визначення суми натрію та калію розрахунковим методом	132
7.1.3. Перевірка точності аналізу водної витяжки	133
7.2. ВСТАНОВЛЕННЯ ТИПУ І СТУПЕНЯ ЗАСОЛЕННЯ ҐРУНТУ	134
7.3. ЕЛЕМЕНТИ МЕЛІОРАЦІЇ ЗАСОЛЕНИХ ҐРУНТІВ	137
Розділ 8. ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕГРАДАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ҐРУНТІВ	140
8.1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ДЕГРАДАЦІЮ ҐРУНТУ	140

8.2. ДІАГНОСТИЧНІ КРИТЕРІЇ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТІВ	145
8.3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ ҐРУНТУ ВНАСЛІДОК ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ	147
8.3.1. Визначення змиву ґрунту методом стокових майданчиків	147
8.3.2. Облік змиву ґрунту від водної ерозії за об'ємом водоріין за В.М. Соболевим	149
8.3.3. Визначення втрат ґрунту від ерозії і дефляції методами фітоіндикації за В.І. Тарасовим	149
8.4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ ҐРУНТУ ВНАСЛІДОК ВІТРОВОЇ ЕРОЗІЇ	154
8.4.1. Кількісні методи обрахунку втрат ґрунту внаслідок вітрової ерозії	155
8.4.2. Облік знесеного вітром ґрунту за методом Годунова	157
8.5. ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕГРАДАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСУШУВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТАХ	158
8.6. ОЦІНКА РОЗВИТКУ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТІВ ПІД ВПЛИВОМ ЗРОШЕННЯ	161
Розділ 9. БОНІТУВАННЯ ҐРУНТІВ І ЯКІСНА ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ	164
9.1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ З БОНІТУВАННЯ ҐРУНТІВ	164
9.2. МЕТОДИ БОНІТУВАННЯ ҐРУНТІВ	165
9.2.1. Агроєкологічний метод бонітування ґрунтів	165
9.2.2. Якісна оцінка земель за методикою А.І. Сірого	170
9.2.3. Методика бонітування ґрунтів Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського та Інституту землеустрою НААН України	179
9.2.4. Методика бонітування ґрунтів під плодові насадження Інституту садівництва НААН України	182
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	183
ДОДАТКИ	184

ВСТУП

Стале землекористування в Україні можливе тільки на основі науково-обґрунтованого землеустрою, використання новітніх методів і приладів для польових і лабораторних досліджень ґрунтів. Отримання достовірної інформації про сучасний стан ґрунтового покриву нашої держави є першочерговим завданням. Погіршення якості життя людини пов'язано, в першу чергу, з характером використання ґрунтового покриву розвитком деградаційних процесів, екологічною нестабільністю земельних ресурсів країни.

Виходячи із унікального значення ґрунтів у людському суспільстві, потребують обстеження ґрунти усіх категорій земель, так як дуже важливо зберегти для нинішніх і майбутніх поколінь ґрунти, які є продуктом тривалого природно-антропогенного ґрунтоутворного процесу, на ділянках усіх власників, користувачів та орендарів землі як у сільській, так і в міській місцевості.

Повнота інформації про ґрунтовий покрив включає широкий спектр інструментальних методів польових і лабораторних досліджень, тому регіональні інструменти землеустрою повинні мати добре оснащені лабораторії ґрунтових обстежень.

Положення статті 36 Закону України «Про землеустрій» чітко визначає мету проведення ґрунтових обстежень земель при здійсненні землеустрою. Ґрунтові обстеження передбачають отримання інформації про якісний стан земель, а також виявлення земель, що зазнають впливу водної та вітрової ерозії, підтоплення, засолення, заболочування, техногенного, хімічного забруднення, тощо. Отримана в процесі обстеження інформація використовується для проведення агроекологічної оцінки земель, ведення обліку про якісний стан земель, зокрема проведення бонітування ґрунтів; для розробки прогнозів і програм використання, моніторингу та охорони земель, схем і проектів землеустрою; для прийняття органами виконавчої влади і органами місцевого самоврядування рішень про рекультивацію та консервацію земель, введення обмежень у використання земель, відновлення, збереження та розширене відтворення родючості ґрунтів, покращення природних ландшафтів та їх раціональне використання.

В практикумі викладені методи більшості польових і лабораторних аналізів фізичних, водних, фізико-хімічних властивостей ґрунтів, що використовуються у мережі моніторингових спостережень та в оцінці придатності ґрунтів для вирощування тих чи інших сільськогосподарських культур. Лабораторний практикум підсилює освоєння курсу «Ґрунтознавство» студентами-землевпорядниками, даючи їм вміння і навички робити аналізи ґрунтів та їх правильну інтерпретацію.

Отже, після освоєння лабораторного практикуму студент повинен вміти:

- ✓ робити аналітичні дослідження основних фізичних, водних,

фізико-хімічних властивостей ґрунтів та давати їм агроекологічну оцінку;

- ✓ діагностувати основні деградаційні процеси в ґрунтах (водна та вітрова ерозія, підкислення, засолення, дегуміфікацію, дезагрегацію) та оцінювати їх вплив на довкілля;

- ✓ проводити бонітування ґрунтів та якісну оцінку земель різних ґрунтово-кліматичних зон України;

- ✓ організовувати польові і лабораторні аналітичні роботи при проведенні моніторингу ґрунтів певної території;

- ✓ характеризувати і оцінювати за аналітичними даними придатність досліджуваних ґрунтів під певні сільськогосподарські культури;

- ✓ оперативно користуватися нормативно-правовими документами, вміло інтерпретувати положення земельного кодексу України.

ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ

Спочатку вивчають і визначають ґрунти у польових умовах та дають їм назви за морфологічними ознаками. Для вивчення і визначення ґрунтів у природі, встановлення меж між різними ґрунтами, взяття зразків для аналізів закладають спеціальні ями, які прийнято називати **ґрунтовими розрізами**. Вони бувають трьох типів: повні (основні) розрізи, напіврозрізи (контрольні) і прикопки.

Повні, або основні, розрізи роблять з таким розрахунком, щоб було видно всі ґрунтові горизонти і частково верхня частина незміненою або, малозміненої материнської породи. Їх закладають в найбільш типових, характерних місцях. Вони служать для детального вивчення морфолого-генетичних ознак ґрунтів і відбору зразків по генетичних горизонтах для фізико-хімічних, біологічних і інших аналізів, визначення забарвлення, структури і так далі. Глибина основних ґрунтових розрізів сильно варіює залежно від потужності ґрунтів і цілей досліджень. Зазвичай в практиці польових ґрунтових досліджень і картування ґрунтів ґрунтові розрізи закладають на глибину 1,5–2 м.

Напіврозрізи, або контрольні розрізи, закладають на меншу глибину — від 75 до 125 см, зазвичай до початку материнської породи. Вони служать для додаткового (контрольного) вивчення основної частини ґрунтового профілю — потужності гумусових і інших горизонтів, глибини скипання і залягання солей, міри вилюговування, опідзолення, солонцюватості, солончаковості, тощо.

Прикопки, або дрібні поверхневі розрізи, як правило глибиною менше 75 см, служать головним чином для уточнення ґрунтових меж, які були встановлені за рахунок розрізів і напіврозрізів.

Закладання ґрунтових розрізів. Розріз необхідно закладати в найбільш характерному, типовому місці обстежуваної території. Ґрунтові розрізи не потрібно закладати поблизу доріг, поряд з канавами, звалищами, відстійниками, а також на нетипових для даної території елементах мікрорельєфу.

На вибраному, для ґрунтового розрізу місці, копають яму розміром 0,8х1,5х2,0 м таким чином, щоб три стінки її були прямовисні, тобто вертикальні, а четверта — зі сходишками (рис. 1).

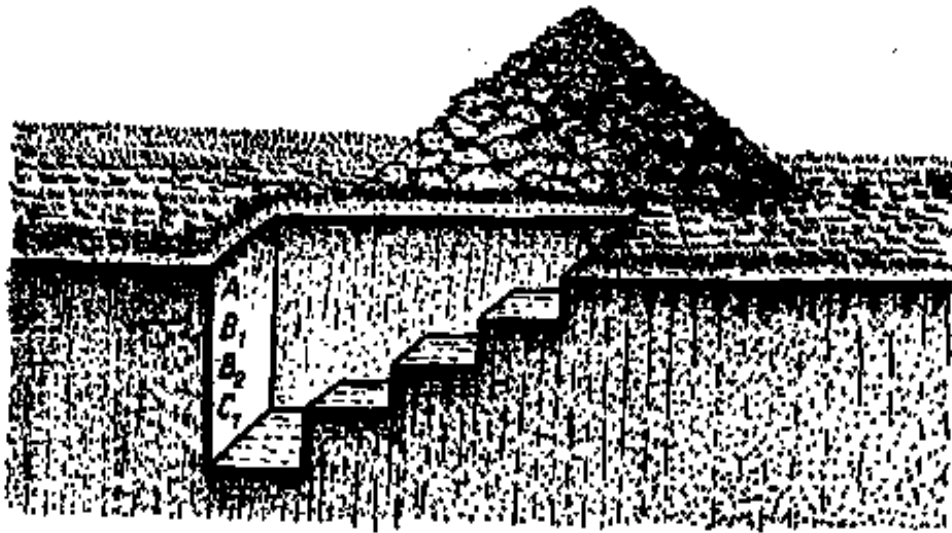


Рис. 1. Схема ґрунтового розрізу для вивчення морфологічних ознак ґрунтів

Передня «лицьова» стінка, яка призначається для вивчення ґрунтового розрізу, повинна бути добре освітленою (мати напрямок до сонця). Ґрунт із розрізу необхідно викидати на довгі бічні сторони (верхню частину в одну, а нижню – в іншу), але у жодному випадку не в бік «лицьової» стінки, оскільки це призводить до її «забруднення» і навіть до руйнування верхньої частини стінки ґрунтового розрізу. Коли розріз готовий, необхідно, в першу чергу, визначити характер ґрунтоутворюючої породи, її гранулометричний склад, засолення, міру зволоження і взяти зразок материнської породи для подальшого вивчення та аналізу, оскільки надалі при препаруванні нижня частина «лицьової» стінки і дно будуть засмічені ґрунтовою масою, що обсипається, з верхніх горизонтів. Після цього «лицьову» стінку гладко очищають лопатою і одну (праву) половину стінки препарують стамескою або маленькою лопаткою, для того, щоб краще розглянути морфолого-генетичні ознаки ґрунтів, а другу (ліву) половину стінки залишають в гладко зачищеному вигляді для порівняння і контролю. Потім необхідно приступити до вивчення морфолого-генетичних ознак ґрунтів і опису ґрунтового розрізу.

Опис ґрунтових розрізів. За морфологічними ознаками можна вивчати історію розвитку ґрунтів, з'ясовувати її генезис і до деякої міри встановити агрономічну цінність ґрунтів. Тому при вивченні ґрунтів в полі та морфологічному описі ґрунтового розрізу дуже важливим є правильне «читання» ґрунтового розрізу.

1. Техніка і послідовність робіт при вивченні і описі ґрунтового розрізу і веденні щоденника наступні: записують номер, дату і географічне положення розрізу, відмічають характер рельєфу, точно вказують на якому елементі рельєфу зроблений розріз, описують угіддя і їх стан; видовий склад

рослинності, щільність і стан поверхні (заболоченість, грудкуватість, трещінуватість, засоленість, кам'янистість і інші характерні особливості); дають агрономічну оцінку ґрунтів із врахуванням даних про сільськогосподарську цінність ґрунту; відзначають материнські і підстилаючі породи та глибину ґрунтових вод, якщо вони виявлені. Також визначають місце розташування розрізу і роблять його прив'язку. Ознайомлення з рельєфом, рослинністю, її станом і іншими характерними особливостями ділянки, на якій зроблений розріз, проводять в той проміжок часу, який необхідний для розкопки призначеного до вивчення розрізу.

2. Визначити глибину і характер скипання ґрунту від 10%-ного розчину соляної кислоти. Для цього на свіжо препарованій лицьовій стінці розрізу закріплюють сантиметр таким чином, щоб позначка «нуль» перебувала на поверхні ґрунту, далі послідовно від верху до низу крапають на ґрунт соляну кислоту, яка за наявності карбонатів кальцію дає «скипання» різної інтенсивності слабке, середнє або бурхливе. У тій частині стінки, де визначалася глибина і характер скипання від соляної кислоти, зразки ґрунтів для аналізу брати не можна.

3. Визначити потужність кожного горизонту і підгоризонту ґрунтів з подальшим детальним вивченням їх морфолого-генетичних ознак: гранулометричного складу, фізичних властивостей і інших особливостей (забарвлення, структура, вологість, щільність, шпаруватість, новоутворення, включення, коренева система, характер переходу одного горизонту в інший).

4. В деяких випадках для повнішої характеристики ґрунтів (засолені, перезволожені і ін.) проводять деякі прості хімічні аналізи (визначення рН, хлористих і сірчаноокислих солей, наявності заліза, соди і ін.); досліджують деякі фізичні властивості (вологість, щільність і ін.), які не потребують складного обладнання.

5. Дати польове визначення ґрунту, встановити його цінність. У назві ґрунтів необхідно відобразити тип, підтип, рід, вид, різновид і материнську породу. Намітити зразкові межі його поширення на території, що вивчається, і, нарешті, узяти ґрунтові зразки для аналізів, а при необхідності і моноліт. Опісля вивчення, опису і взяття зразків ґрунтовий розріз має бути закритий.

ПІДГОТОВКА ЗРАЗКІВ ҐРУНТУ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Відібрані зразки ґрунту вміщують у паперові пакети чи полотняні мішечки і додають етикетки. На етикетці зазначають місце і глибину взяття зразку, номер зразка чи ділянки досліду, а в кінці ставлять дату і підпис. Всі

записи роблять простим (не хімічним) олівцем. Кожен зразок повинен мати дві етикетки - одну всередині, другу ззовні.

Зразки з непорушеною будовою рекомендується відбирати в циліндри або алюмінієві стакани в порядку номерів циліндрів, зазначаючи одночасно в польовому журналі номер циліндру, місце, глибину і дату взяття зразків. Після цього зразки вкладають у спеціальні ящики і без сильних поштовхів чи ударів перевозять до лабораторії.

В лабораторії зразки ґрунту висушують на повітрі в сухому провітреному і захищеному від доступу парів кислот, аміаку та інших газів приміщенні до повітряно-сухого стану. Для висушування ґрунт розсипають шаром 2–3 см на аркушах щільного паперу, обережно роздавлюючи великі грудки. Висушені зразки вміщують в картонні коробочки і зберігають до проведення досліджень.

Більшість аналізів ґрунту проводять у повітряно-сухих зразках. З висушеного зразка ґрунту беруть середню пробу. Для цього його ретельно перемішують, розсипають на папері у вигляді квадрата або прямокутника й ділять по діагоналях на чотири рівні частини. Дві протилежні частини висипають у картонну коробку, а дві інші змішують. Операцію повторюють доки маса середньої проби не становитиме 300–400 грамів, ґрунт, що не увійшов до середньої проби, не розтирають.

Для визначення гумусу і загального азоту середню пробу готують наступним чином. Ґрунт розсипають рівним шаром на папері у вигляді прямокутника, який далі ділять вертикальними і горизонтальними лініями на невеликі квадрати розміром 3х3 або 4х4 см і з кожного квадрата беруть шпателем невелику кількість ґрунту, яку зсипають в одну пробу з таким розрахунком, щоб маса її була близько 5–10 г. З відібраної таким способом проби ретельно відбирають корінці (за допомогою пінцета і лупи). Далі ґрунт розтирають в агатовій ступці і просівають крізь сито з отворами діаметром 0,25 мм. Одержану пробу зберігають у паперовому пакеті.

Подібно відбирають середню пробу для визначення гранулометричного складу ґрунту, маса її становить 30–40 г. Цю частину ґрунту потрібно невеликими порціями розтерти у фарфоровій ступці товкачиком з гумовим наконечником, просіяти крізь сито з отворами діаметром 1 мм і зберігати у паперовому пакеті. Решту зразка ґрунту (250–350 г) підготувати таким же способом і зберігати у склянці з притертою пробкою. З цієї частини зразка беруть наважки для інших лабораторних аналізів.

Розділ 1. ГРАНУЛОМЕТРИЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТУ

Тверда фаза ґрунту складається з часточок різного розміру, які утворилися внаслідок вивітрювання і ґрунтоутворення. За походженням частки поділяють на мінеральні, органічні та органо-мінеральні. Окремі частки - це уламки гірських порід, мінералів або гумусові речовини чи продукти їх взаємодії з компонентами ґрунту. Різні за розмірам частки називають механічними елементами, а відносний вміст механічних елементів у ґрунті – гранулометричним або механічним складом. Кількісне визначення у ґрунті вмісту елементарних ґрунтових часток є головною складовою гранулометричного аналізу, оскільки в значній мірі від нього залежить родючість ґрунтів. Наприклад, піщані і супіщані ґрунти бідні на поживні елементи для рослин, натомість суглинкові і глинисті містять їх у достатній кількості.

Від гранулометричного складу залежать майже всі фізичні властивості ґрунтів: пористість, вологоємність, водопроникність, водопідйомна здатність, повітряний і тепловий режими. Він також впливає і на фізико-механічні властивості: твердість, прилипання до ґрунтооброблювальних знарядь, кришіння скиби за оранки, і як наслідок якості оранки та питомий опір ґрунту до обробітку.

1.1. КЛАСИФІКАЦІЯ МЕХАНІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ

Гранулою (елементарною ґрунтовою часткою) називають обусоблену мінеральну, органо-мінеральну або органічну частку кристалічної чи аморфної будови, всі молекули якої знаходяться у хімічному взаємозв'язку. Виокремлюють **первинні механічні елементарні ґрунтові частки**, які утворюються у процесі вивітрювання, подрібнення гірських порід і мінералів під впливом абіотичних факторів (вітру, світла, вологи температури). Вторинні є результатом синтезу із кінцевих продуктів вивітрювання, коагуляції, а також утворені біологічним шляхом за рахунок життєдіяльності вищих і нижчих рослин. Властивості механічних елементів змінюються залежно від їх розміру. Тому близькі за розміром і властивостями частки об'єднують у фракції.

Крупні фракції ґрунту (піщані і пилюваті) складаються із первинних елементарних часток, а дрібні (дрібнопилюваті і мулисті) – із вторинних. Групування часток за розміром у фракції називають класифікацією механічних елементів. Найбільш поширеною в Україні є класифікація Н.А. Качинського (табл. 1).

1. Класифікація механічних елементів (за Н.А. Качинським)

Фракції механічних елементів	Діаметр часток, мм
Каміння	> 3
Гравій	3-1
Пісок:	
грубий	1-0,5
середній	0,5-0,25
дрібний	0,25-0,05
Пил:	
грубий	0,05-0,01
середній	0,01-0,005
дрібний	0,005-0,001
Мул:	
грубий	0,001-0,0005
тонкий	0,0005-0,0001
Колоїди	< 0,0001

Крім того, всі частки розміром **понад 1 мм** називають **скелетом ґрунту**, а до 1 мм – **дрібноземом**. Останній, у свою чергу, поділяють на фізичний пісок і фізичну глину. До **фізичного піску** відносять суму всіх часточок розміром **1-0,01 мм**, а часточки **менше 0,01 мм** – до **фізичної глини**. Окремі фракції механічних елементів по-різному впливають на властивості ґрунту. Це пояснюється їх неоднаковим мінералогічним і хімічним складом та різними водно-фізичними й фізико-хімічними властивостями.

Каміння (>3 мм) складається переважно з уламків гірських порід. Присутність значної кількості таких часток у ґрунті погіршує його агрономічні властивості. Наявність каміння в ґрунтах ускладнює їх обробіток, використання сільськогосподарських машин і знарядь, заважає появі сходів, розвитку та росту рослин тощо. На слабокам'янистих ґрунтах прискорюється зношення робочої поверхні знарядь обробітку. Середньо- і дуже кам'яністі ґрунти потребують спеціальних меліоративних заходів.

Гравій (3-1 мм) складається переважно з уламків первинних мінералів. Наявність його і ґрунтах не перешкоджає обробітку, але надає їм несприятливих властивостей – провальної водопроникності, дуже низької водопіднімальної здатності та вологоємкості.

Піщана фракція (1-0,05 мм) складена з уламків первинних мінералів, і перш за все кварцу та польових шпатів. Для цієї фракції характерна висока водопроникність, вона не набрякає, не пластична, не наділена вбирною здатністю та ефектом коагуляції. На відміну від гравію піщана фракція має

вищу вологомісткість, наділена малою висотою та великою швидкістю капілярного підняття води. Тому природні піски, особливо дрібнозернисті з вологоємністю понад 10%, придатні для вирощування сільськогосподарських культур.

Якщо ґрунти піщані за гранулометричним складом, то це означає, що вони містять більше 90% піску і лише незначну частку фізичної глини. Тому такі ґрунти легко ідентифікувати за інші, оскільки на зораному полі відсутні грудки незалежно від стану вологості ґрунту. Також із вологої проби піщаної фракції не можна зробити кульки чи шнура, а у сухому стані поверхня такого ґрунту вкрита сипкою масою.

Фракція грубого пілу (0,05-0,01 мм) за мінералогічним складом мало відрізняється від піщаної, тому їй притаманні деякі властивості пісків. Вона не пластична, слабо набрякає, схильна до запливання, має невисоку вологоємність, але порівняно високу рухомість капілярної води.

Фракція середнього пілу (0,01-0,005 мм) містить підвищену кількість слюди, яка надає їй високої пластичності та зв'язності. Вона добре утримує вологу, але має невелику водопроникність, не здатна до колоїдних явищ (коагуляції та пептизації), не бере участі в утворенні структури ґрунту, не входить до складу вбирного комплексу. Ґрунти, збагачені на фракцію грубого та середнього пілу, схильні до запливання, ущільнення, утворення кірки та плужної підшви. Їх водопроникність нерідко буває незадовільною. Структура таких ґрунтів недостатньо водотривка. Вона легко розпорошується при обробі.

Фракція дрібного пілу (0,005–0,001 мм) складається з вторинних і найтонших уламків первинних мінералів. Характеризується відносно високою дисперсністю, тому володіє рядом властивостей, які не проявляються у більш грубих фракціях. У ній чітко виявляється здатність до коагуляції та структуроутворення. Фракція наділена вбирною здатністю і містить підвищену кількість гумусових речовин. Проте при значному вмісті в ґрунтах у вільному стані надає їм несприятливих агрономічних властивостей. Такі ґрунти мають низьку водопроникність, високе але повільне капілярне підняття, значний вміст недоступної вологи, високу здатність до набрякання у вологому стані та до зсідання, ущільнення і тріщинуватості у сухому. Містить хімічно зв'язану воду.

Фракція мулу (<0,001 мм) складена переважно з високодисперсних вторинних мінералів, а з первинних у ній зустрічаються кварц, ортоклаз, мусковіт. Характеризується високою вбирною здатністю; містить багато органічних речовин та елементів зольного і азотного живлення рослин; володіє здатністю до агрегації; характеризується низькою водопроникністю та слабкою водовіддачею має велику здатність до набрякання і дуже виражену схильність до коагуляції. Колоїдній частині даної фракції належить особливо важлива роль у структуроутворенні. В коагульованому стані вона забезпечує ґрунтам добру структурність, водопроникність, аерацію, малу здатність до прилипання, а у диспергованому – несприятливі фізичні, фізико-механічні і водні властивості.

1.2. ДІАГНОСТИКА ҐРУНТІВ ЗА ГРАНУЛОМЕТРИЧНИМ СКЛАДОМ

В польових умовах іноді виникає необхідність визначити гранулометричний склад ґрунту при картуванні чи виділенні його різновидностей або виробничій характеристиці. Це робиться візуально, або органолептично в сухому і вологому стані. Ґрунт розтирається на долоні, розглядається під лупою, визначається його стан у сухому і зволоженому вигляді при скочуванні. Таке визначення є приблизним, але якщо його ретельно застосовувати, то дає результати, дуже близькі до лабораторного аналізу.

Всі групи ґрунтів і порід за гранулометричним складом (пісок, супісок, суглинок тощо) можна розрізнити за цілою низкою ознак. Знаючи їх та маючи відповідний досвід, що досягається тренуванням, можна з достатньою точністю визначити гранулометричний склад в польових умовах. В полі гранулометричний склад доводиться визначати за різних умов зволоження. Ось чому зволожені ґрунти здаються більш в'язкими, ніж сухі. Іншою особливістю визначення гранулометричного складу органолептичним способом, про яку треба завжди пам'ятати, це наявність у ґрунті колоїдних часточок (органічних, мінеральних, органо-мінеральних) та вільних карбонатів (CaCO_3). Під їх впливом відбувається з'єднання елементарних часточок у мікроагрегати, від чого гранулометричний склад ґрунту здається легшим, ніж насправді він є (табл. 2).

При дослідженні ґрунтів у польових умовах гранулометричний склад визначають за зовнішніми ознаками і на дотик у сухому та вологому стані.

1. **"Сухий метод"** коли суху грудку дрібнозему випробовують на дотик, тобто кладуть на долоню і ретельно розтирають пальцями. Чим більша частина його втирається у шкіру, тим він важчий за гранулометричним складом. Також у сухому стані різні ґрунти за гранулометричним складом мають не однакову зв'язність, тобто міцність грудки на розрив чи роздавлювання. Легкі ґрунти слабкозв'язні і роздавлюються невеликим зусиллям пальців, а суглинкові – добре зв'язні і грудка розривається із значним зусиллям, а у глинистих ґрунтів у сухому стані грудку практично неможливо роздавити.

2. Основні відмінності глини і піску

Властивості	Глина	Пісок
Пористість	Висока, до 70%, тонкі пори і капіляри	Помірна, до 50%, пори некапілярні і крупно капілярні
Зв'язність	В сухому стані висока, у вологому – знижується	В сухому стані – низька, у вологому стані – підвищується
Пластичність	Висока	Відсутня
Усадка при	Висока	Дуже низька

висиханні		
Водопроникність	Дуже низька	Дуже висока
Водопідйомна здатність	Повільна на велику висоту	Дуже швидка, незначна
Вологоємність	Висока	Невисока
Вміст SiO ₂ , %	40-50	75-95
Вміст R ₂ O ₃ , %	30-40	5-10-20
Поглиналина здатність	Висока	Не виражена
Мінерали	В основному вторинні	В основному первинні
Вміст поживних речовин	Значний	Незначний
Вміст гумусних речовин	Високий	Невисокий
Вміст мікроелементів	Високий	Незначний
Тепловий режим	Холодний	Теплий
Механічний обробіток	Важкий	Легкий
Рівень природної родючості	Низький, але потенційно високий	Низький

2. **"Мокрий метод"** коли зразок ґрунту (3–4 г) змочують до тістоподібного стану, при якому він має найбільшу пластичність. Вода при цьому з ґрунту не відтискується. Добре розім'ятий і перемішаний у руках ґрунт розкачують на долоні в шнур товщиною близько 3 мм, з якого потім роблять кільце навкруг пальця діаметром до 3 см. Залежно від гранулометричного складу ґрунту шнур при розкачуванні набуде різного вигляду (див. табл. 2). Мокрий польовий метод, якщо його ретельно застосувати, дає результати, близькі до лабораторного аналізу.

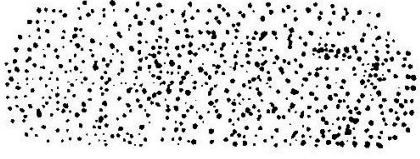
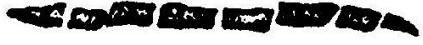
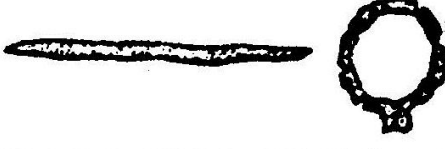
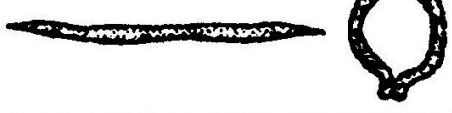
Механічний склад	Вигляд зразка після розкочування
Пісок (шнур не утворюється)	
Супісок (зачаток шнура)	
Легкий суглинок (шнур дрібниться при розкочуванні)	
Середній суглинок (шнур суцільний, кільце ламається)	
Важкий суглинок (шнур суцільний, кільце з тріщинами)	
Глина (шнур суцільний, кільце цілне)	

Рис 2. Визначення гранулометричного складу «мокрим» методом

1.3. ГРАНУЛОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ҐРУНТУ

Кількісне визначення в ґрунті вмісту механічних елементів називають гранулометричним аналізом. Більшість методів визначення гранулометричного складу ґрунтується на законах падіння твердих часток та відстоювання їх у спокійній воді за певний час. Якщо збовтати в циліндрі ґрунтову суспензію, то в міру відстоювання у воді частки ґрунту розподіляються відповідно до їх розміру: дрібні частки тривалий час залишаються у скаламученому стані, а великі будуть осідати на дні.

Швидкість падіння ґрунтових часток у рідкому середовищі прямо пропорційна квадратові їх радіуса. Для визначення розмірів часток на основі швидкості падіння користуються формулою Стокса:

$$V = \frac{2}{9} \cdot R^2 \cdot \frac{D-d}{\eta} \cdot g \quad (1)$$

де V – швидкість падіння часток, см/с; R – радіус часток, см; D – питома вага частки; d – питома вага рідкого середовища; η – в'язкість рідини; g – прискорення сили тяжіння.

Оскільки у більшості випадків механічні елементи, особливо дрібні, у вільному стані зустрічаються лише у піщаних ґрунтах, а в суглинкових та глинистих вони об'єднані в агрегати і структурні окремість, то для кількісного визначення елементарних часток різного розміру спочатку необхідно зруйнувати агрегати. Для цього застосовують механічний вплив та хімічну обробку ґрунту: розтирання, кип'ятіння з водою, обробку слабкими розчинами кислот, руйнування карбонатів та витіснення увібраних катіонів кальцію і магнію, диспергування розчином пірофосфату натрію тощо.

Отже, гранулометричний аналіз складається з двох частин: підготовки ґрунту до аналізу і виділення окремих фракцій з визначенням їх відносного вмісту.

1.3.1. Підготовка ґрунту до гранулометричного аналізу (за Н.А. Качинським)

Основна мета підготовки ґрунту до аналізу полягає у попередньому руйнуванні ґрунтових агрегатів. Для цього його розтирають у фарфоровій ступці товкачиком з гумовим наконечником і просівають крізь сито з діаметром отворів 1 мм. Скелетну частину, яка залишилася після просіювання на ситі, відмивають від глинистих часток, висушують, зважують і розраховують у відсотках від загальної маси сухого ґрунту. Далі приступають до хімічної підготовки згідно з методикою Н.А. Качинського. Вона залежить від наявності в ґрунті карбонатів кальцію та магнію, тому роблять пробу на присутність карбонатів. На ґрунт капають 10%-м розчином соляної кислоти: якщо він скипає і виділяються бульбочки CO_2 , то спочатку треба розкласти карбонати.

1.3.1.1. Підготовка без карбонатного ґрунту

Наважку ґрунту 10 або 20 г висипають у фарфорову чашку (чим легший гранулометричний склад ґрунту, тим більшу наважку треба брати) і порціями приливають туди з мірної колби на 200 мл 0,05 н соляну кислоту, помішуючи скляною паличкою з гумовим наконечником, даючи можливість ґрунту осісти на дно; після цього суспензію фільтрують крізь простий змочений дистильованою водою фільтр середньої щільності в колбу, відкалібровану до об'єму 300 мл. Останню порцію кислоти разом з ґрунтом переносять на фільтр і промивають дистильованою водою до риски 300 мл, не допускаючи появи каламуті. Якщо в колбі з'явилася каламуть, яка свідчить про проходження колоїдів крізь фільтр, промивання припиняють. Промивних вод разом з фільтратом повинно бути рівно 300 мл. Фільтрат ретельно перемішують і використовують для визначення втрат від обробки ґрунту соляною кислотою і суми увібраних основ. Величина втрат від обробки соляною кислотою має

самостійне значення. Вона характеризує наявність у ґрунті легкорозчинних солей і карбонатів.

Піпеткою відбирають 50 мл фільтрату і переносять його у заздалегідь зважену фарфорову чашку, ставлять на водяну баню, випаровують, висушують у сушильній шафі 2 години, охолоджують в ексікаторі і зважують на аналітичних терезах. Розрахунки проводять за формулою:

$$B_{Hcl} = \frac{6 \times P \times 100 \times K_{H_2O}}{P_1} \quad (2)$$

де B_{Hcl} – втрати від обробки соляною кислотою, %; P - маса сухого залишку, г; 6 – коефіцієнт для перерахунку на весь об'єм фільтрату (300: 50=6); 100 для перерахунку у відсотки; K_{H_2O} – коефіцієнт гігроскопічності; P – маса повітряно-сухого ґрунту, взятого для аналізу, г.

Для визначення суми увібраних основ піпеткою відбирають дві порції фільтрату по 30 мл у колби на 100 мл і відтитровують 0,1 н розчином NaOH з індикатором фенолфталеїном (2 краплі) до блідо-рожевого забарвлення. Кількість увібраних основ у наважці ґрунту визначають за формулою:

$$S_{\text{мг-екв}} = 10 - 6a \times 0,1 \times K_{NaOH} \quad (3)$$

де a – кількість мл 0,1 н NaOH затраченого на титрування 50 мл фільтрату (середнє з двох повторень); 6 - коефіцієнт для перерахунку на весь об'єм фільтрату; 10 - кількість мг-екв, взятих для аналізу 0,05н HCl (0,05-200 = 10); 0,1 - нормальність NaOH для перерахунку в мг-екв; K_{NaOH} – поправка на нормальність NaOH.

Сума увібраних основ визначається для того, щоб знати, яку кількість луґу необхідно прилити в колбу, куди буде перенесено ґрунт з фільтру, для створення слабколуґної реакції ґрунтової суспензії.

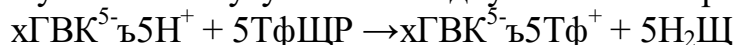
Приклад обчислення. На титрування 50 мл фільтрату витрачено 11,8 мл 0,1 н NaOH ($K_{NaOH} = 0.989$). Кількість увібраних основ розраховуємо за формулою:

$$S = 10 - 6 \cdot 11.8 \cdot 0.1 \cdot 0.989 = 3 \text{ мг-екв.} \quad (4)$$

Отже, у наважці ґрунту кількість увібраних основ дорівнює 3 мг-екв.

На 1 мг-екв суми увібраних основ необхідно приливати 10 мл 0,1 н NaOH. Якщо сума увібраних основ не визначалась, то луґ додають до суспензії поступово, невеликими порціями до встановлення слабколуґної реакції (проба у фарфоровій чашці з фенолфталеїном).

Промитий ґрунт змивають з фільтру за допомогою промивалки в конічну колбу місткістю 500 мл приблизно до об'єму 250 мл. Додати до суспензії розраховану кількість луґу. У колбі відбувається така реакція:



ГВК ґрунту насичується одновалентними катіонами натрію і колоїди із стану гелю переходять у золь, що призводить до розділення агрегатів на окремі частки.

Колбу ставлять на електроплитку і рівномірно кип'ятять суспензію протягом однієї години з моменту закипання. Для зменшення випаровування застосовують зворотний холодильник – скляну лійку з коротким носиком.

При кип'ятінні слідкують, щоб реакція суспензії була слабколужною, тобто суспензія повинна мати блідо-рожеве забарвлення. Якщо під час кип'ятіння це забарвлення зникло, треба капнути в колбу 2-3 краплі фенолфталеїну і додати 0,1 н NaOH до рожевого забарвлення.

Після кип'ятіння суспензію потрібно остудити. На цьому закінчується перша частина аналізу, тобто хімічна підготовка безкарбонатного ґрунту до визначення гранулометричних фракцій.

1.3.1.2. Підготовка карбонатного ґрунту

Наважку 10 г ґрунту обробляють у фарфоровій чашці 0,2 н HCl, доливаючи щоразу приблизно 50 мл кислоти. Оброблений першою порцією кислоти ґрунт розмішують скляною паличкою 5-6 разів протягом години. Після цього рідину по паличці зливають на фільтр середньої щільності в мірну колбу об'ємом 500 мл і стежать, щоб весь ґрунт залишився в чашці. До нього додають нову порцію кислоти. Розчинення карбонатів повторюють до припинення утворення бульбочок CO₂. Після приливання останньої порції кислоти чашку з ґрунтом залишають на ніч для остаточного розчинення карбонатів, а потім промивають його 0,05 н HCl до відсутності реакції на кальцій.

Проба на кальцій. Набирають з-під лійки близько 3 мл фільтрату і нейтралізують його 10%-м розчином аміаку, додаючи останній до виразного запаху, підкислюють кількома краплями 10%-ної оцтової кислоти, додають у пробірку 2 мл насиченого розчину щавлевокислого амонію і нагрівають до кип'ятіння. Якщо у фільтраті є кальцій, то випадає осад CaC₂O₄.

При наявності кальцію ґрунт продовжують обробляти соляною кислотою. Якщо кальцій відсутній, дають повністю стекти соляній кислоті з фільтру. У фільтраті визначають кількість розчинених у кислоті речовин. Для цього вимірюють його об'єм, або доводять до 500 чи 1000 мл, добре перемішують. Відбирають піпеткою 25 мл і випарюють у заздалегідь зваженій чашці.

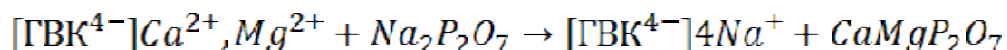
Ґрунт з фільтру змивають водою в конічну колбу місткістю 500 мл, додають поступово 0,1 н NaOH до слабколужної реакції. Суспензію кип'ятять як і при підготовці безкарбонатного ґрунту.

1.3.2. Підготовка ґрунту до гранулометричного аналізу методом розтирання з розчином пірофосфату натрію

З повітряно-сухого зразка ґрунту, просіяного крізь сито з отворами 1 мм, беруть наважку 10 г, зважену з точністю до 0,01 г і поміщають у фарфорову чашку діаметром 10–12 см. Наливають у маленький стаканчик певний об'єм 4%-го розчину пірофосфату натрію. Для незасолених і незагіпсованих ґрунтів легкого гранулометричного складу беруть мл для

важкосуглинкових, глинистих і карбонатних – 10 мл, а для засолених та загіпсованих ґрунтів – 20 мл.

Наважку ґрунту змочують краплями розчину пірофосфату натрію до тістоподібного стану і обережно, без натискання розтирають 10 хвилин товкачиком з гумовим наконечником. Після розтирання виливають в чашку залишок розчину пірофосфату, додають дистильовану воду і, розмішуючи тим же товкачиком із гумових наконечником. Після розтирання виливають в чашку залишок розчину пірофосфату, додають дистильовану воду і, розмішуючи тим же товкачиком, доводять суміш до стану суспензії. Реакція насичення вбирного комплексу ґрунту натрієм відбувається за рівнянням:



Цей метод хімічної підготовки дрібнозему ґрунту до гранулометричного аналізу широко використовується у агрохімічних лабораторіях України, завдяки більш швидкому його приготуванню та достатньо надійним результатам диспергації структурних агрегатів при обробці пірофосфатом натрію.

1.3.3. Кількісне визначення механічних елементів за допомогою піпетки

Отриману тим чи іншим способом суспензію ґрунту переносять, у мірний циліндр об'ємом 500 мл, крізь сито з отворами 0,25 мм, яке встановлюють у велику лійку. Ґрунт на ситі розтирають пальцем і промивають дистильованою водою, поки з під сита не буде витікати зовсім чиста вода. При цьому необхідно стежити за рівнем суспензії в циліндрі.

Частки, які залишилися на ситі (фракції розміром від 0,25 до 1 мм), змивають промивалкою у заздалегідь зважену фарфорову чашку, надлишок води з неї обережно зливають. Потім її ставлять на водяну баню для випаровування, далі висушують у сушильній шафі три години при температурі 105°; охолоджують в ексікаторі, зважують на аналітичних терезах і за масою сухого залишку розраховують процентний вміст часток даного розміру. Обчислення проводять за формулою:

$$\text{Відсоток часток 1–0,25 мм} = \frac{P \times 100 \times K_{\text{H}_2\text{O}}}{P_1} \quad (5)$$

де P – маса часток після висушування, г; P_1 – маса повітряно-сухого ґрунту (наважка), г; 100 – для перерахунку у відсотки; $K_{\text{H}_2\text{O}}$ – коефіцієнт гігроскопічності.

Об'єм суспензії в циліндрі доливають дистильованою водою, але не доводять до риски, перевіряють реакцію суспензії, при необхідності додають 0,1 н NaOH до слаболужної реакції, а після цього доводять до риски 500 мл.

Частки діаметром до 0,05 мм визначають шляхом відбору спеціальною піпеткою певного об'єму (20 або 25 мл) суспензії ґрунту з тієї чи іншої глибини стовпа рідини залежно, від розміру часток і швидкості їх падіння. Для цього суспензію в циліндрі збовтують мішалкою і послідовно відбирають чотири проби, занурюючи піпетку на відповідну глибину. В табл. 3 зазначено час відбирання проб і глибину занурювання піпетки для часток різного розміру при щільності твердої фази ґрунту 2,60.

3. Глибина занурення піпетки і час після збовтування суспензії для взяття проб

Проба	Розмір часток, мм	Глибина занурення піпетки, см	Інтервал часу після збовтування суспензії до початку взяття проби за різних температур, °С			
			10	15	20	30
I	< 0,05	25	149 с.	130 с.	115 с.	92 с.
II	< 0,01	10	24 хв. 52 с.	21 хв. 45 с.	19 хв. 14 с.	15 хв. 17 с.
III	< 0,005	10	1 год. 39хв.	1 год. 27хв.	1 год.17 хв.	1 год.01 хв.
IV	< 0,001	7	29год. 00 хв.	25 год. 22 хв.	22 год. 26 хв.	15 год. 50 хв.

Суспензію збовтують у циліндрі протягом 1 хв. перед кожним взяттям проби. Час, потрібний для взяття чергової проби, відлічують з моменту закінчення збовтування. Для спостереження за температурою термометр занурюють у такий же циліндр з водою, в якому знаходиться ґрунтова суспензія.

Піпетка для відбору проб закріплена на штативі і має пристрій для автоматичного засмоктування суспензії – аспіратор. Нижня кінцівка піпетки запаяна, а отвори зроблені по боках, що виключає засмоктування суспензії з нижніх шарів.

Перед закінченням відстоювання піпетку занурюють на задану глибину в циліндр. За 10 секунд до закінчення строку відкривають кран, який з'єднує піпетку з аспіратором. Засмоктування суспензії потрібно проводити швидко, особливо при взятті першої проби, на відстоювання якої потрібно півтори - дві хвилини. Після заповнення піпетки до мітки, кран аспілятора закривають, піпетку піднімають по штативу і, відкривши Н верхній край, зливають суспензію у заздалегідь зважену фарфорову чашку. Частки ґрунту, що залишилися на стінках піпетки, змивають невеликими порціями дистильованої води, збираючи промивні води в ту саму чашку. Для запобігання втрат суспензії нижня кінцівка піпетки повинна торкатися дна чашки.

Взяту пробу випаровують на водяній бані до повного висихання, ставлять у сушильну шафу на три години при температурі 105°C охолоджують в ексікаторі, зважують на аналітичних терезах і за масою сухого залишку розраховують процентний вміст фракції.

Наступні проби відбирають у тій же послідовності, після чого циліндр водою не доливають. Якщо пробу взято невірно, то суспензію треба знову збовтати і відібрати пробу вдруге. Розрахунки процентного вмісту часток усіх чотирьох проб проводять за формулою:

$$\text{Відсоток часток проби} = \frac{20 \times P \times 100 \times K_{H_2O}}{P_1} \quad (6)$$

де P – маса проби, г, P_1 – маса повітряно-сухого ґрунту (наважка), г, 100 – для перерахунку в проценти; K_{H_2O} – коефіцієнт гігроскопічності; 20 – коефіцієнт перерахунку на весь об'єм суспензії (500:25=20). Записи проводять за формою табл. 4.

4. Форма запису результатів аналізу

Проба	Розмір часток, мм	Маса порожньої чашки, г	Маса чашки з пробою, г	Маса проби, г	Вміст часток проби, %
	Витрати від обробки HCl				
	1-0,25				
I	<0,05				
II	<0,01				
III	<0,005				
IV	<0,001				

Для перевірки правильності виконання аналізу слід мати на увазі, що вміст часточок (у грамах або відсотках) від першої проби до четвертої повинен зменшуватись, бо кожна попередня проба включає всі наступні.

Після розрахунку процентного вмісту часток у всіх пробах виражають, процентний вміст фракцій згідно з класифікацією механічних елементів (табл. 5).

1.3.4. Розрахунки результатів гранулометричного аналізу

У результаті гранулометричного аналізу потрібно встановити відносний вміст у ґрунті різних за розміром фракцій механічних елементів.

Для визначення вмісту грубого пилу (0,05–0,01 мм) треба від першої проби (I) відняти другу (II); для визначення середнього пилу (0,01–0,005 мм) – від другої проби (II) відняти третю (III); для визначення дрібного пилу (0,005–

0,001 мм) – від третьої проби(III) відняти четверту(IV); вміст мулу (0,001 мм) відповідає вмісту четвертої проби.

5. Вміст фракцій та назва гранулометричного складу ґрунту

Розмір фракцій, мм	Вміст фракцій, %	Назва ґрунту за гранулометричним складом
Втрати від обробки HCl		
1–0,25		
0,25–0,05		
0,05–0,01		
0,01–0,005		
0,005–0,001		
< 0,001		
Σ		

Втрати від обробки соляною кислотою та частки грубого і середнього піску (1–0,25 мм) розраховані при їх визначенні. Вміст дрібного піску (0,25–0,05 мм) встановлюють розрахунковим методом. Знаючи загальний вміст часток 0,25 мм і 0,05 мм, а також втрати при обробці кислотою, дану фракцію розраховують за різницею:

$$a = 100 - (b + v + \gamma), \quad (7)$$

де а – вміст фракції (0,25–0,05 мм), %; б – вміст фракції >0,25 мм, %; в – вміст фракції <0,05 мм, %; г – втрати від обробки соляною кислотою, %; 100 – вміст усіх фракцій, %.

Розраховані дані записують до таблиці 5.

На підставі даних аналізу визначають гранулометричний склад досліджуваного ґрунту згідно з класифікацією Н.А. Качинського (табл. 6). За вмістом часток фізичної глини (0,01 мм) ґрунт відносять до однієї з 9-ти груп гранулометричного складу, а потім дають більш повну назву з урахуванням двох переважаючих з п'яти фракцій: гравійної, піщаної, грубопилуватої, пилуватої, мулистий.

1.3.5. Оцінка кам'янистості ґрунтів:

1. Ґрунт некам'янистий — кам'янистого матеріалу < 0,5%; ґрунт відносно його обробітку вважається нормальним;

2. Ґрунт слабкокам'янистий — кам'янистого матеріалу 0,5–5,0%; за умови що цей матеріал представлений дрібним щебенем або галькою, ґрунт обробляється нормально, однак при цьому спостерігатиметься прискорений знос робочих поверхонь знарядь обробітку, особливо лемешів;

3. Ґрунт середньокам'янистий — кам'янистого матеріалу 5,0–10,0%; для нормального обробітку ґрунту необхідно вичісування грубого кам'янистого матеріалу;

4. Ґрунт сильнокам'янистий — кам'янистого матеріалу > 10%; для обробітку однорічних культур потрібна важка меліорація по вибору і видаленню кам'янистого матеріалу з поля.

У всіх випадках окатаний кам'янистий матеріал при обробці ґрунту менш шкідливий, ніж щебнюватий. У назвах ґрунтів кам'янистість існує як фон гранулометричного складу (ґрунти суглинні слабокам'яністі або глиністі середньокам'яністі і т. д.). Характерна висока залежність між врожайністю зернових культур і кам'янистістю ґрунтів. Рівень родючості змінюється: некам'яністі ґрунти — 1,0; слабокам'яністі — 0,8; середньокам'яністі — 0,6; сильнокам'яністі — 0,5.

1.4. КЛАСИФІКАЦІЯ ҐРУНТІВ ЗА ГРАНУЛОМЕТРИЧНИМ СКЛАДОМ

В основу класифікації ґрунтів за гранулометричним складом покладено співвідношення різних фракцій. Найпоширенішою при ґрунтово-географічних і ґрунтово-агрономічних дослідженнях є класифікація ґрунтів за гранулометричним складом, яку розробив Н.А. Качинський (табл. 6). Вона побудована на співвідношенні фракцій фізичної глини (сума часток <0,01 мм) і фізичного піску (сума часток від 1 до 0,01 мм), тому отримала назву двохчленної. В даній класифікації група ґрунту за гранулометричним складом встановлюється за вмістом фізичної глини.

Додатково поділ ґрунтів на підгрупи проводиться за співвідношенням фракцій: гравію (3–1 мм), піску (1–0,05 мм), грубого пілу (0,05–0,01 мм), пілу (0,01–0,001 мм) і мулу (< 0,001 мм).

У назві ґрунту за гранулометричним складом підкреслено його основну групу (пісок, супісок, суглинок і т.д.) і підгрупу за вмістом двох вищеназваних фракцій, при цьому на останнє місце ставиться назва переважаючої фракції.

Так, у прикладі (табл. 6) темно-каштановий ґрунт містить фізичної глини – 62,1%; піску – 7,8; грубого пілу – 29,1; пілу – 28,4; мулу – 32,7 %. За вмістом фізичної глини (62,1%) даний ґрунт належить до легких глин. Серед фракцій переважають частки грубого пілу (29,1%) і мулу (32,7%). Отже, повна назва ґрунту за гранулометричним складом буде така: легкоглинистий грубопиловато-мулуватий.

5. Класифікація ґрунтів за гранулометричним складом (за Н.А. Качинським)

Назва ґрунту за гранулометричним складом	Вміст фізичної глини (часточки <0,01 мм), %			Вміст фізичного піску (часточки >0,01 мм), %		
	Ґрунт					
	підзолистий тип	степовий тип ґрунтоутворення	солонці і сильно-солонцюваті	підзолистий тип	степовий тип ґрунтоутворення	солонці і сильно-солонцюваті
Пісок пухкий	0–5	0–5	0–5	100–95	100–95	100–95

зв'язний	5–10	5–10	5–10	95–90	95–90	95–90
Супісок	10–20	10–20	10–15	90–80	90–80	90–85
Суглинок						
легкий	20–30	20–30	15–20	80–70	80–70	85–80
середній	30–40	30–45	20–30	70–60	70–55	80–70
важкий	40–50	45–60	30–40	60–50	55–40	70–60
Глина						
легка	50–65	60–75	40–50	50–35	40–25	60–50
середня	65–80	75–85	50–65	35–20	25–15	50–35
важка	80	85	65	20	15	35

На Україні широко застосовується трьохчленна класифікація ґрунтів за гранулометричним складом розроблена проф. М. М. Годліним, в основу якої покладено співвідношення суми фракцій піску, грубого пилу та фізичної глини, в тому числі і мулу (табл. 7).

**7. Класифікація ґрунтів за гранулометричним складом
(за М.М. Годліним, 1972)**

Група ґрунту	Підгрупа ґрунту	Частки >0,05 мм		0,05–0,01 мм грубий пил	Частки <0,01 мм	
		% всієї фракції	1–0,25		% всієї фракції	<0,001 мм мул
Піщаний	Піщаний	> 90	> 50	< 6	< 6	< 2
	Пилувато-піщаний	> 90	< 50	< 6	< 6	< 2
	Глинисто-піщаний	> 75	< 25	< 15	< 15	3 ± 1
Супіщаний	Супіщаний	> 40	> 20	30–45	10–20	7 ± 3
	Піщано-супіщаний	> 45	> 20	20–35	10–20	7 ± 3
	Пилувато-супіщаний	> 25	< 10	40–60	10–25	7 ± 3
Піщано-суглинковий	Піщано-легкосуглинковий	> 30	–	10–30	25–40	15 ± 4
	Піщано-середньосуглинковий	> 20	–	20–40	35–50	25 ± 5
	Піщано-важкосуглинковий	> 10	–	20–40	45–60	35 ± 4
Грубо-пилувато-суглинковий	Легкосуглинковий	> 25	–	55–65	20–35	15 ± 4
	Середньо суглинковий	< 15	–	50–60	35–50	25 ± 5
Пилувато-суглинковий	Пилувато-легкосуглинковий	< 20	–	40–50	30–45	14 ± 4
	Пилувато-середньосуглинковий	< 10	–	40–45	40–55	22 ± 3
	Пилувато-важкосуглинковий	< 5	–	30–40	50–65	30 ± 4

Глинистий	Глинистий	< 10	–	< 35	60–80	40 ± 5
	Важкоглинистий	< 10	–	< 25	70–90	> 45
	Піщаноглинистий	> 10	–	< 30	60–80	45 ± 5

Дана класифікація використана на ґрунтових картах України, а також у номенклатурному списку агровиробничих груп ґрунтів держави.

В основу поділу ґрунтів за гранулометричним складом на легкі, середні та важкі покладено міру легкості чи важкості їх обробітку сільськогосподарськими знаряддями. До легких відносять піщані і супіщані ґрунти, до середніх – легкі та середні суглинки, а до важких – важкі суглинки й глини.

Легкі ґрунти (піщані й супіщані)– легко піддаються обробітку; безструктурні; мають високу водопроникність; сприятливий повітряний і тепловий режими, але бідні на гумус, азот і зольні елементи; мають невелику місткість катіонного обміну; низьку вологоємність і часто характеризуються підвищеною кислотністю.

Важкі ґрунти (важкі суглинки та глини)– при обробітку чинять значний опір і потребують великих енерговитрат; мають високу вологоємність і низьку водовіддачу; характеризуються несприятливими тепловими властивостями (холодні ґрунти); у безструктурному стані запливають і утворюють кірку. В агрономічному відношенні найкращими за гранулометричним складом є середні ґрунти (легко- і середньосуглинкові, особливо пилувато-суглинкові).

1.5. ГРАНУЛОМЕТРИЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТІВ УКРАЇНИ

На території України розміщення ґрунтів різного гранулометричного складу має певну закономірність. Так, на Поліссі переважають ґрунти з піщаним і супіщаним гранулометричним складом. Проте зустрічаються і більш важкі ґрунти. На лесових островах Полісся і, особливо в Луцько-Ровенському масиві, переважна більшість ґрунтів має пилувато- та грубопилуватий легкосуглинковий гранулометричний склад.

У Лісостепу ґрунти легко-, середньо- і важкосуглинкового гранулометричного складу, а в східній частині переважно легкосуглинкові. На території Північного і Центрального Степу переважають пилуваті середньо- і важкосуглинкові ґрунти. У Сухому Степу ґрунти важкосуглинкові та глинисті, а в районі Херсону Цюрупінська – багато піщаних. У степовій частині Криму ґрунти важкосуглинкові та глинисті.

У гірських районах Криму, Карпат і на Донбасі ґрунти щебнюваті, містять уламки сланців, пісковиків, крейди. Отже, гранулометричний склад ґрунтів України дуже різноманітний, переважають середньо- та важкосуглинкові ґрунти.

Вважається, що показники гранулометричного складу материнських порід і ґрунтів є досить стійкими і на них суттєво не впливають агротехнічні заходи. Однак на практиці підтверджено, що негативний вплив

незадовільного гранулометричного складу можна зменшити. Для поліпшення пісків застосовують такий агрозахід як глинування (внесення у ґрунт дрібної механічної фракції). Для покращення піщаного ґрунту необхідно із розрахунку на 20 см шар ґрунту вносити 500-800 т/га глинистих матеріалів і до 100 т/га гною чи торфокомпосту.

Докорінне поліпшення гранулометричного складу безструктурних важких ґрунтів можна здійснити шляхом внесення 500–700 т/га піску в орний шар ґрунту. Цей агротехнічний захід необхідно поєднувати із внесенням великих доз органічних добрив та плантажною оранкою на глибину 50–60 см. Також на піщаних і глинистих ґрунтах внесення органічних добрив поєднують із вирощуванням багаторічних трав, які із збагаченням ґрунту органічною масою, виконують важливу еколого-меліоративну роль – збагачують верхні горизонти карбонатами.

1.6. ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ

Знання гранулометричного складу з урахуванням інших властивостей (вмісту гумусу, складу обмінних катіонів, реакції ґрунту та інших) дозволяє вирішувати ряд важливих питань генезису і раціонального використання ґрунтів. Від гранулометричного складу значною мірою залежить інтенсивність ґрунтоутворних процесів, які пов'язані з перетворенням, переміщенням і нагромадженням органічних та мінеральних сполук у ґрунті.

Важливою діагностичною ознакою ґрунтів є ступінь диференціації їх профілю за гранулометричним складом. Цей показник визначається типом ґрунту, ґрунтоутворення, де в межах одного типу суттєво залежить від віку ґрунтоутворення характеру ґрунтоутворної породи. Молоді ґрунти менше диференційовані, зрілі. Більш проникні для розчинів породи утворюють більш диференційований профіль. Отже, максимальна для даного типу ґрунтоутворення диференціація профілю відбувається на породах середніх за гранулометричним складом і багатих на мінерали, що легко вивітрюються.

Ступінь диференціації ґрунтового профілю визначають за формулою:

$$K = \frac{v \times d_B}{a \times d_A} \quad (8)$$

де а – вміст мулу в горизонті НЕ або Н, %; в – вміст мулу в горизонті Е або НР чи Р, %; d_A – щільність у горизонті НЕ або Н, г/см³; d_B – щільність у горизонті Е, НР або Р, г/см³.

За ступенем диференціації ґрунти поділяються на:

- Недиференційовані – горизонт Е в профілі відсутній.
- Слабодиференційовані – К дорівнює 0,7–1,3.
- Середньодиференційовані – К дорівнює 1,3–1,6.
- Сильнодиференційовані – К дорівнює 1,6–2,0.

- Різкокодиференційовані – К понад 2,0.

За даними гранулометричного аналізу дають оцінку потенціальної здатності ґрунтів до агрегації. З цією метою О.Ф. Вадюніна пропонує розраховувати гранулометричний показник структурності. При цьому механічні елементи поділяють на *активні* та *пасивні*, активні (частки мулу і дрібного піску) – мають здатність до цементації і беруть участь у процесах коагуляції. Пасивні (частки середнього і грубого піску) – беруть участь у структуроутворенні як пасивний матеріал.

У гумусних ґрунтах активну участь у коагуляції беруть частки мулу і більша частина дрібного піску. В малогумусних ґрунтах до активних часток відноситься лише мул. Розрахунки виконують за такими формулами:

$$\text{для гумусних ґрунтів (> 4\% гумусу)} K_c = \frac{M + P_m}{P_c + P_g} \times 100 \quad (9)$$

$$\text{для малогумусних ґрунтів (< 4\% гумусу)} K_c = \frac{M + P_m}{P_c + P_g} \times 100 \quad (10)$$

де K_c – гранулометричний показник структурності, %; М – вміст мулу, %; P_m , P_c , P_g – вміст дрібного, середнього і грубого піску, %; 100 – для перерахунку в проценти.

1.7. ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ

Екологічна значущість перш за все визначається тим, що з гранулометричним складом пов'язане багатство та бідність ґрунтів. Зазвичай чим легший гранулометричний склад, тим менше в ґрунтах гумусу і елементів живлення рослин. У міру зростання кількості мулястих часток збільшується і потенційна родючість. Проте вона залежить не тільки від багатства ґрунту, але і від його фізичного стану. Так, дуже важкі глинисті ґрунти хоча і можуть містити багато гумусу і елементів живлення, але знижують свою родючість із-за погіршення фізичних властивостей. Це характерно для ґрунтів чорноземної смуги і долин річок, сірих і бурих лісових ґрунтів, каштанових ґрунтів сухих степів. Негативний вплив високого вмісту глинистих часток в ґрунтах може бути компенсовано їх доброю оструктуреністю. Такі властивості типові для чорноземів, що мають добру структуру за глинистого складу, для сіроземів, що мають карбонатну мікроагрегованість, для червоних і жовтих алітних ґрунтів із залізистою псевдопіщаною агрегованістю.

Істотну роль відіграє гранулометричний склад у теплових властивостях ґрунтів: легкі ґрунти вважаються «теплішими», тобто швидше відтають і прогріваються, важкі ґрунти відносять до «холодних». Гранулометричний склад ґрунтів часто визначає ландшафт великих територій у різних природних зонах землі: глинисті тапири і піщані бархани в пустелях, соснові бори на пісках тайгового поясу і так далі.

З екологічної точки зору гранулометричний склад у великій мірі забезпечує окрім теплових властивостей також накопичення вологи у ґрунтовій товщі та оптимальний вміст повітря, що є фізіологічно необхідним для росту та розвитку корневих систем рослин. Чим вищий

гранулометричний показник структурності, тим більшу потенційну здатність до оструктурення має ґрунт. А добре оструктурений ґрунт забезпечує оптимальне співвідношення в ньому вміст води і повітря.

Рослини неоднаково реагують на гранулометричний склад ґрунту. Маючи значні можливості до адаптації, для кожної групи культур існує певний оптимум (табл. 8), який слід враховувати при розробці заходів раціонального використання земель.

8. Відношення рослин до гранулометричного складу ґрунту
(за В.Ф. Вальковим)

Ґрунт за гранулометричним складом			
Піщаний та супіщаний	Легко- і середньо- суглинковий	Структурний важкосуглинковий та глинистий	Слабооструктурений та змитий важкосуглинковий і глинистий
Жито Картопля Люпин Еспарцет піщаний Люцерна жовта Серадела Кавуни Дині Гарбузи Черешня	Пшениця озима Овес Просо Жито Гречка Ячмінь Льон Квасоля Горох Картопля Конюшина Цукровий буряк Черешня Яблуня Груша	Пшениця яра Ячмінь Кукурудза Сорго Соя Соняшник Цукровий буряк Коноплі Вика Квасоля Слива Абрикос Вишня	Рис Кукурудза Люцерна синьогібридна Слива Вишня Буркун білий Буркун жовтий Ялина Дуб Дика яблуня Дика груша

Картопля і жито відносно непогано родять на суглинкових ґрунтах, але найвища врожайність цих культур спостерігається на супіщаних і легкосуглинкових різновидах. Найкращий розвиток і найвища продуктивність озимої пшениці, ячменю, вівса і цукрових буряків відмічена на легко-, середньо- і важкосуглинкових ґрунтах, а льону — на легко- і середньосуглинкових. Є ціла група рослин-псамофітів, що віддають перевагу піщаним місцям зростання. Багато рослин, такі як кукурудза, слива, вишня, ялина, дуб та інші, не виносять піщаних ґрунтів. Кукурудза і соняшник краще ростуть на важкосуглинкових і глинистих ґрунтах. Люпин, еспарцет піщаний, серадела і люцерна жовта добре почувають себе на піщаних і супіщаних ґрунтах, конюшина — на суглинкових, а посіви люцерни синьогібридної, буркуна білого і жовтого краще вдаються на важкосуглинкових і глинистих.

Особливо необхідно враховувати гранулометричний склад ґрунтів при виборі ділянок під багаторічні насадження, оскільки помилки, допущені при

закладанні садів і виноградників, виявляються занадто пізно із додатковими затратами засобів і праці.

За різних ґрунтово-кліматичних умов сади реагують на гранулометричний склад ґрунтів неоднаково. Так, легкі і важкі ґрунти з промивним водним режимом більшою мірою несприятливі для садів, ніж аналогічні ґрунти в умовах періодично промивного водного режиму чорноземної зони. Залежність рівня родючості від гранулометричного складу визначається кривою з найбільшим піком в межах суглинкових ґрунтів. Родючість продуктивності саду знижується у бік полегшення і поважчання гранулометричного складу. Оптимальний вміст фізичної глини коливається в широких межах 30–65%. Проф. В.Ф. Вальковим були розроблені умови для плодівих культур залежно від гранулометричного складу, зон зволоження та ґрунтів (табл. 9).

Окрім дрібнозему ґрунту, тобто механічних елементів дрібніше 1 мм деякі ґрунти містять різного розміру уламковий матеріал так званий скелет. Скелетні ґрунти представлені зональними неповно розвинутими підтипами чорноземів, сірих і бурих лісових, коричневих ґрунтів, жовтоземів і ін.

9. Гранулометричний склад ґрунтів та їх придатність під плодіві насадження (за В.Ф. Вальковим)

Гранулометричний склад ґрунту	Зони зволоження, ґрунти			
	надлишкового - дерново-підзолисті	достатнього - сірі лісові, чорноземи опідзолені, вилугувані, типові	недостатнього - чорноземи звичайні	посушлива - чорноземи південні, каштанові
Піщаний	Малопродатні внаслідок бідності ґрунтів	Малопродатні на півночі. З успіхом використовуються на півночі під черешню, для інших плодівих - незадовільні	Задовільні	Задовільні, а інколи навіть кращі в даній зоні
Супіщаний	Можуть бути використані під сади. Добрі під черешню	Задовільні	Добрі	Задовільні і добрі
Легкосуглинковий	Цілком задовільні	Добрі	Добрі	Задовільні, інколи незадовільні внаслідок глибинного засолення
Середньо-суглинковий	Задовільні	Добрі за умов достатньої оструктуреності	Добрі і задовільні	Не завжди задовільні внаслідок

		грунту		глибинного засолення
Важко-суглинковий	Не зовсім задовільні при застої води і несприятливих фізичних властивостях	Задовільні, інколи незадовільні при ущільненні ілювіального горизонту	Задовільні, інколи незадовільні внаслідок глибинного засолення	Не зовсім задовільні внаслідок глибинного засолення
Глинистий	Незадовільні внаслідок застою води і незадовільних фізичних властивостей	Частина) незадовільних внаслідок незадовільних фізичних властивостей. На схилах, за винятком черешні, використовуються успішне	Задовільні, часто не зовсім задовільні внаслідок глибинного засолення	Незадовільні внаслідок глибинного засолення

Найчастіше скелетні інтразональні перегнійно- карбонатні ґрунти, а також гідроморфні ґрунти гірських долин і приморських терас. Скелет ґрунту може мати різне походження: вапнякове, мергелисте, гранітне, сланцеве, кварцитове, галечникове, тощо. Це додає ґрунтам особливу екологічну специфіку. Наприклад, кварцитовий, гранітний і галечниковий скелети можна чітко визначати як баластні наповнення ґрунтової маси, а уламки мергелю і глинистих сланців беруть участь в біологічному кругообігу хімічних елементів.

Скелетні (кам'янисті і щебенюваті) ґрунти, як правило, свідчать про молодість в розвитку ґрунтового покриву території, про порівняно недавні процеси руйнування попередніх ґрунтових мас в результаті різних екзогенних процесів (ерозія, дефляція, зсуви і т. д.). Сухіший і холодніший клімат, а також гірський і пересічний рельєф сприяють розвитку ґрунтового покриву із скелетними ґрунтами.

Збільшення кількості скелета в ґрунті призводить до зменшення вмісту дрібнозему, знижує запас поживних речовин і продуктивної вологи. Зростання скелета рівносильне зниженню потужності кореневмісного шару і відповідно зниженню родючості. Особливо слід підкреслити відносно велику сухість кам'янистих ґрунтів.

Не завжди скелетність ґрунтів оцінюється як несприятливий чинник. Особливо це стосується виноградної лози. Виноград, завдяки здатності коріння використовувати тріщинуватість і порожнини в твердих породах, глибоко проникає в їх масу. Тому виноград, як культурна рослина, володіє унікальною здатністю давати задовільний урожай на малопотужних сильнокам'янистих ґрунтах, які для інших культур вважаються непридатними, сильно сухими. При цьому отримуємо продукцію виключно

високої якості. Каміння, зменшуючи кількість дрібнозему в ґрунті, сприяє зниженню його родючості (продуктивність виноградників знижується лише за вмісту дрібнозему в кореневмісній товщі менше 40% від ваги), але уламки гірських порід представляють собою постійний запас поживних речовин.

Коренева система виноградної лози в кам'янистих щебенуватих ґрунтах розвивається вільно, ґрунт постійно збагачується поживними речовинами в результаті вивітрювання скелета, що робить виноградну лозу на них довговічною, стійкою і продуктивною. Кращі за якістю продукції виноградники розташовані на кам'янистих ґрунтах. Також має значення і розмір кам'янистих включень. У одних і тих же кліматичних умовах врожайність виноградної лози на ґрунтах дрібноскелетних (хрящуватих) вища, ніж на крупноскелетних (камені, гравій) за однакового об'єму скелета.

Розділ 2. СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНИЙ СКЛАД ҐРУНТУ

2.1. ПОНЯТТЯ СТРУКТУРИ ҐРУНТУ ТА ЇЇ КЛАСИФІКАЦІЯ

Під *структурою* ґрунту розуміють сукупність окремоностей, або агрегатів, різних за розмірами, формою, міцністю та зв'язністю. Структурне відокремлення — агрегат складається з первинних частинок (механічних елементів), або мікроагрегатів, з'єднаних між собою внаслідок коагуляції колоїдів, склеювання, злипання.

Агрегати, які утворюються з первинних механічних елементів, належать до першого порядку. Силами залишкових валентностей, а також шляхом склеювання та злипання можуть утворюватись агрегати другого, третього та інших порядків.

У міру збільшення розміру агрегату зв'язок між окремими складовими послаблюється, отже, зменшуються зв'язність і міцність.

Здатність ґрунту розпадатися на структурні окремості, або агрегати, називають його *структурністю*.

Розрізняють два поняття структури ґрунту: морфологічне і агрономічне. У морфологічному відношенні гарною буде будь-яка чітко виявлена структура: горіхувата, стовпчаста, призмovidна, пластинчаста та ін. Кожному генетично відмінному ґрунту і його окремим горизонтам притаманна своя, характерна структура. Її формування тісно пов'язане з умовами утворення даного ґрунтового типу.

Агрономічно-цінною є тільки така структура, яка забезпечує родючість ґрунту. Оптимальні умови водного та повітряного режимів складаються у ґрунтах з дрібногрудкуватою та зернистою структурою.

Ґрунтову структуру за розмірами агрегатів поділяють так: брилувата (агрегати >10 мм); грудкувато-зерниста, або макроструктура (агрегати $10—0,25$ мм); мікроструктура (агрегати $<0,25$ мм).

П.А. Костичев запропонував класифікувати структуру ґрунту як водостійку (агрономічно-цінну) і неводостійку. Пізніше, розвиваючи це положення, В.Р. Вільямс запропонував розрізняти дві якості ґрунтових агрегатів: зв'язність і міцність. Під зв'язністю розуміється здатність агрегату протистояти механічній дії, а під міцністю — здатність агрегату

довго протистояти розмиваючій дії води.

Зв'язність ґрунту залежить від кількості мулуватих і особливо колоїдних частинок, міцність агрегату — тільки від якості гумусу, який цементує механічні елементи.

Грудочка ґрунту може бути зв'язною, але неміцною: наприклад, грудочку сухої глини важко зруйнувати рукою, але у воді вона швидко розпадається на механічні елементи, які складають її.

М. І. Савінов запропонував класифікацію агрономічно-цінних агрегатів (табл. 10), яка в теперішній час є загальноприйнятою в Україні. Всі агрегати даної класифікації належать, за С.А. Захаровим, до структури кубовидного типу.

10. Класифікація структурних агрегатів ґрунту (за М. І. Савіновим)

Рід окреможестей	Вид окреможестей	Розмір (діаметр), мм
Брилиста частина ґрунту (окреможесті понад 10 мм у діаметрі)	<u>Брили</u> : грубі	> 100
	середні	100–30
	дрібні	30–10
Грудочкувата частина ґрунту (окреможесті розміром 10–0,25 мм у діаметрі)	<u>Грудочки</u> : грубі	10–3,0
	середні	3,0–1,0
	дрібні	1,0–0,5
	зернисті елементи	0,5–0,25
Пилувата частина ґрунту (окреможесті менше 0,25 мм у діаметрі)	Мікроструктурні елементи	0,25–0,01
	Пилувато-глинисті частки	< 0,01

Агрономічно-цінною вважається водостійка з високою пористістю структура, утворення якої є завданням агротехнічних прийомів і заходів, спрямованих на оструктурування ґрунту. Але не кожна водостійка структура є агрономічно-цінною. Водостійкість структури має подвійну природу: вона може бути обумовлена стійким хімічним і фізико-хімічним закріпленням колоїдів (незворотна коагуляція колоїдів) і агрегати можуть бути водостійкими через їх неводопроникність, пов'язану з наявністю переважно тонких неактивних пор. Добра структура повинна бути також механічно міцною, не руйнуватися під час обробітку ґрунту сільськогосподарськими знаряддями.

Існуючі методи дослідження ґрунтової структури можна поділити на групи:

- 1) морфологічний опис структури;
- 2) вивчення якості структури: водостійкості та механічної міцності;
- 3) з'ясування природи водостійкості і механічної міцності ґрунтового агрегату шляхом вивчення його будови і причин, які обумовлюють зв'язок між окремими первинними частинками.

Отже, структура ґрунту є одним з головних факторів його родючості. У структурному ґрунті створюються оптимальні умови водного, повітряного і теплового режимів, що в свою чергу, обумовлює розвиток мікробіологічної діяльності, мобілізацію і доступність поживних речовин для рослин.

2.2. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНОГО СКЛАДУ

Досліджуючи структуру, слід мати на увазі таке. Аналіз структури з метою її агрономічної оцінки виконують звичайно для орного і підорного шарів. Орний шар характеризують по всій глибині зразками по 10 см (0—10, 10—20 і ін.). Зразки відбирають лопатою. Можна також використовувати зразки, які взяті циліндрами великого об'єму (500 або 1000 см³) для визначення щільності скелета ґрунту.

На кожній ділянці слід брати зразки з п'яти точок. Потім з них складають змішаний зразок або визначають кожний окремий зразок. В останньому випадку одержані результати, математично оброблені, покажуть більш чітку картину. Зразок ґрунту для аналізу, який взято в полі, повинен бути збережений в незруйнованому стані. Оскільки структура ґрунту верхніх горизонтів динамічна у часі, результати аналізів зразків, взятих в різні строки, будуть неоднаковими, тому визначати її треба періодично на протязі року або вегетаційного періоду. Проф. В.В. Медведєв і Т.Н. Лактіонова (2002) рекомендують кращі строки обстеження структурно-агрегатного стану ґрунтів червень-липень місяць до початку збирання зернових культур.

Існують різні думки про те, в якому стані вологості слід аналізувати зразок. Багато дослідників вважають, що сухі зразки аналізувати не можна, бо це відступ від природних умов: в природі у рідких випадках і тільки на самій поверхні ґрунт може просохнути до повітряно-сухого стану. Крім того, експериментально доведено, що водостійкість залежить від вологості. Сухі агрегати менш водостійкі, і пояснюється це руйнівною дією затиснутого повітря під час опускання агрегату у воду. Тому перед визначенням водостійкості рекомендується насичувати агрегати водою до капілярної вологості. Більш вірно аналізувати структуру при природній вологості, але при цьому треба враховувати, що вологість зразків, взятих у різні строки, буває різною, тому порівнювати результати важко і навіть не можливо.

У кожному конкретному випадку у виборі методики слід виходити з цілі і умов. Обраний метод повинен бути використаний протягом всього періоду досліджень. Багато вчених вважають, що процес оструктурення ґрунту проходить за ланцюжком: механічний елемент – мікроагрегат – макроагрегат. Тому починати дослідження структури ґрунту, з точки зору кінетики структуроутворення, із мікроагрегатного аналізу.

2.2.1. Мікроагрегатний аналіз ґрунту за методом Качинського

Із зразка ґрунту, який доведено до повітряно-сухого стану, беруть середню пробу 100–150 г, відбирають корені, обережно розтирають у фарфоровій ступці товкачиком з гумовим наконечником і просіюють крізь сито з отворами 1 мм. З підготовленого ґрунту беруть наважки на технічно-хімічних терезах: 10–15 г для визначення мікроагрегатного складу, 4–5 г для визначення гігроскопічної вологості.

Подібно гранулометричному аналізу, мікроагрегатний складається з двох операцій: підготовки зразка до аналізу та кількісного визначення фракції (мікроагрегатів). Наважку ґрунту для мікроагрегатного аналізу переносять в колбу на 500 мл. з широкою горловиною. Наливають 250 мл дистильованої води і залишають ґрунт на 24 години для розмокання. Потім колбу закривають пробкою, ставлять на прилад перемішування суспензії (мішалку) і протягом двох годин збовтують горизонтальними поштовхами (40 подвійних ударів). Вміст колби крізь сито з отворами діаметром 0,25 мм переливають у літровий циліндр і доливають дистильованою водою до 1000 мл. Фракцію, яка залишилася на ситі, переносять у бюкс, випаровують на піщаній бані, сушать у сушильній шафі при температурі 105°C до постійної маси, зважують і обчислюють її вміст у % до абсолютно сухого ґрунту, взятого для аналізу. З приготовленої суспензії в циліндрі піпеткою беруть проби. Відбір проб суспензії, подальшу їх обробку, розрахунок фракції у % проводять так, як і при визначенні гранулометричного складу (див. метод Н.А. Качинського).

Коефіцієнти дисперсності і структурності ґрунту визначають за даними мікроагрегатного та гранулометричного аналізу ґрунту. Пропонуємо декілька формул для розрахунку.

Фактор дисперсності K , за Н.А. Качинським, характеризує ступінь руйнування мікроагрегатів у воді і виражається процентним співвідношенням мулу (частинок <0,001 мм) «мікроагрегатного» і мулу «гранулометричного»:

$$K = \frac{a \cdot 100}{b} \quad (11)$$

де $(a, b$ — вміст мулу, відповідно при мікроагрегатному та при гранулометричному аналізах, %).

Наприклад, якщо $a=5\%$, $b=25\%$, то фактор дисперсності буде дорівнювати:

$$K = \frac{5 \cdot 100}{25} = 20\% \quad (12)$$

Чим вище фактор дисперсності, тим менш стійкою є мікроструктура ґрунту. Для звичайного глинистого чорнозему фактор дисперсності не перевищує 10%, а для стовпчастого горизонту солонцю може становити 80%.

Фактор структурності K_c , за Фагелером, характеризує водостійкість агрегатів. Розраховується за формулою:

$$K_c = \frac{b-a}{b} \cdot 100 \quad (13)$$

де $(a, b$ — вміст мулу відповідно при мікроагрегатному та при гранулометричному аналізах, %).

Так, якщо $a = 5\%$, $b = 25\%$, то

$$K_c = \frac{25-5}{25} \cdot 100 \quad (14)$$

Сума кількісних виражень фактора дисперсності та фактора структурності становить 100%. Таким чином, знаючи величину одного фактора, легко розрахувати другий.

Ступінь агрегатності K_a за Бейвером та Роадесом:

$$K_a = \frac{b-a}{b} \cdot 100 \quad (15)$$

(a — кількість водостійких агрегатів $> 0,05$ мм при мікроагрегатному аналізі; b — кількість механічних елементів $> 0,05$ мм при гранулометричному аналізі).

Підвищення ступеня агрегатності означає покращення водостійкості структури. У формулах, розглянутих вище, використовуються дані двох аналізів — мікроагрегатного та гранулометричного. О.Ф. Вадюніною запропонована формула розрахунку «гранулометричного показника структурності P » за результатами тільки гранулометричного аналізу. Механічні елементи при цьому поділяються на активні, які володіють цементуючою здатністю і приймають участь у коагуляції, та пасивні, які беруть участь у структуроутворенні як пасивний матеріал.

У гумусованих ґрунтах активну участь в коагуляції беруть мул і більша частина дрібного пилу. У ґрунтах малогумусованих, наприклад, підзолистих, активною частиною є тільки мул. Чим вище «гранулометричний показник структурності», тим більше потенційна здатність ґрунту до оструктурювання.

2.2.2. Структурно-агрегатний аналіз ґрунту за методом М.І. Савінова

Метод М.І. Савінова розроблений на основі методів Г. І. Павлова і А.Ф. Тюліна і є зараз одним з найпоширеніших у ґрунтовій практиці. Складається з двох частин: фракціонування ґрунту на ситах у повітряно-сухому стані (сухе просіювання); фракціонування на ситах у воді (мокре просіювання). В першому випадку фіксується кількість у ґрунті агрегатів певного розміру в другому визначається кількість водостійких агрегатів, тобто дається якісна оцінка структури за водостійкістю.

Фракціонування ґрунту у повітряно-сухому стані (сухе просіювання). Із зразка ґрунту, доведеного в лабораторії до повітряно-сухого стану, беруть середню пробу до 2,5 кг (мінімально допустима наважка 0,5 кг) і просіюють на ситах з отворами 10 мм; 7 мм; 5 мм; 3 мм; 2 мм; 1 мм; 0,5 мм; 0,25 мм. Набір сит повинен мати піддонник для збирання фракції $< 0,25$ мм і кришку для запобігання розпорошеного ґрунту при просіюванні.

Ґрунт, який аналізується, невеликими порціями кладуть на верхнє, з найбільшими отворами сито і, обережно нахиляючи всі сита, просіюють. Не слід дуже стрясати сита. При роз'єднанні сит кожне ще раз стрясують обережним постукуванням по ребру долонею руки, щоб звільнити з отворів застряглі агрегати. Сухим просіюванням ґрунт розділяється на фракції: >10 мм; 10—7 мм; 7—5 мм; 5—3 мм; 3—2 мм; 2—1 мм; 1—0,5 мм; 0,5—0,25 мм; $< 0,25$ мм.

Кожну фракцію агрегатів збирають окремо, зважують і обчислюють вміст у процентах. Вміст фракції $< 0,25$ мм визначають за різницею між

взятою для аналізу наважкою ґрунту і сумою фракцій > 0,25 мм. За 100% приймається вся взята для аналізу наважка. За одержаними даними складають таблицю та графік.

За даними сухого просіювання обчислюють коефіцієнт структурності К:

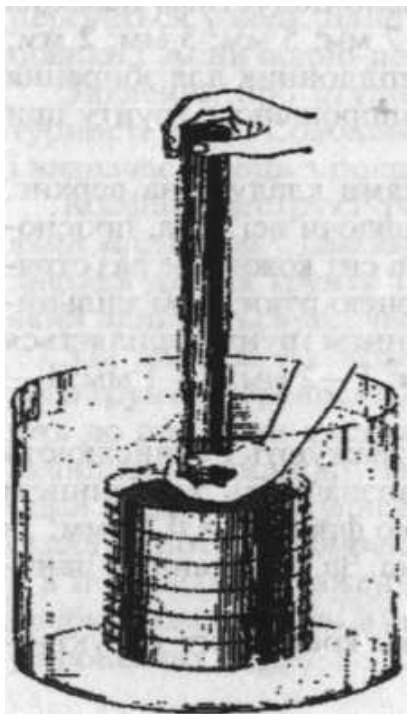
$$K = \frac{A}{B} \quad (16)$$

(А – сума макроагрегатів розміром від 0,25 до 10 мм, %; В – сума агрегатів < 0,25 мм і грудок > 10 мм, %).

Чим вище К, тим ґрунт краще оструктурений. Оцінку структурного стану ґрунту за вмістом повітряно-сухих агрономічно- цінних агрегатів здійснюють за шкалою С.І. Долгова, П.У. Бахтіна (табл. 11).

11. Оцінка структурного стану ґрунту

Вміст агрегатів 0,25–10 мм, % від маси повітряно-сухого ґрунту	Структурний стан
> 80	Відмінний
80–60	Добрий
60–40	Задовільний
40–20	Незадовільний
< 20	Поганий



Фракціонування ґрунту у воді, або визначення водостійкості агрегатів (мокре просіювання). Для визначення водостійкості складають середню пробу 50 г з усіх фракцій агрегатів, одержаних під час сухого просіювання, пропорційно їх процентному вмісту: кожену фракцію беруть у кількості, яка дорівнює у грамах половині її процентного вмісту в даному ґрунті. Наприклад: якщо у ґрунті вміст фракції 5–3 мм складає 22%, то для середньої проби беруть 11 г; при 15% вмісті фракції 3–2 мм – 7,5 г і т. д. В середню пробу не включають фракцію <0,25 мм, бо наважка буде менше 50 г, але при розрахунку вміст водостійких фракцій у процентах обчислюють на масу 50 г (рис. 2).

Рис. 3. Пристрій для фракціонування ґрунту на ситах у воді

Середню пробу обережно висипають у літровий циліндр, на 2/3 його об'єму наповнений водою. Циліндри використовуються такі ж, як і для гранулометричного аналізу (висота близько 45 см, діаметр 7 см). Зручно працювати з циліндром без носика і з притертим верхнім краєм.

Висипану в циліндр з водою ґрунтову пробу залишають у спокої на 10 хв., щоб з ґрунту вийшло все повітря, яке знаходиться в агрегатах і між ними. Для прискорення витиснення повітря циліндр закривають склом або

пробкою, через 1–2 хв. після занурення в нього ґрунту, обережно нахилиють до горизонтального положення і знову ставлять для відстоювання. Цю операцію повторюють двічі.

Через 10 хв. циліндр доливають водою до самого верху, закривають склом або пробкою, перевертають догори дном і тримають в такому положенні декілька секунд, поки основна маса агрегатів не переміститься вниз. Потім циліндр перевертають, щоб агрегати знову досягали дна. Таких маніпуляцій з циліндром слід зробити десять. Потім циліндр перевертають над набором сит, які знаходяться в широкій циліндричній посудині з водою (рис. 2) і занурюють його у воду. Для мокрого просіювання використовують сита діаметром 20 см і висотою борту 3 см. Набір складають із сит з діаметром отворів 5 мм; 3 мм; 2 мм; 1 мм; 0,5 мм; 0,25 мм. Скріплюють сита металевими пластинами або дротяними дужками. Шар води у посудині повинен бути на 5–6 см вище борту верхнього сита.

Не торкаючись дна верхнього сита, швидко відкривають циліндр і повільними рухами циліндра розподіляють ґрунт по поверхні сита. Через 50–60 с, коли всі відокремлення крупніше 0,25 мм опустяться на дно верхнього сита, циліндр закривають під водою, не торкаючись дна сита, і виймають з води.

Частина фракції $<0,25$ мм, яка залишається в циліндрі, не зберігається, тому вона обчислюється в подальшому по різниці.

Ґрунт, який перенесено на сита, просіюють; сита повільно піднімають на 5–6 см (не оголюючи грудки ґрунту на верхньому ситі) і швидко опускають вниз на 3–4 см, чекають 2–3 с. поки грудочки ґрунту, які піднялися по інерції під час опускання, не впадуть на дно сита. Так повторюють 10 разів, потім знімають сита з отворами діаметром більше 1 мм, не виймаючи всього набору з води, а останні струшують ще п'ять разів і виймають з води.

Агрегати, які залишилися на ситах, змивають струмінню води з промивалки (або зі шлангу, з'єднаного з водопровідним краном) спочатку у велику фарфорову чашку, з неї після видалення води декантацією – у чашку середнього розміру (діаметром 15 см), і, нарешті, у зважену малу фарфорову чашку або в алюмінієвий сушильний стаканчик. Після відстоювання воду з чашки або стакана зливають, воду, яка залишилась, випарюють на піщаній бані або на електричній плитці.

Вміст фракцій обчислюють на повітряно-суху або абсолютно суху наважку. В першому випадку чашки або стаканчики з фракціями після підсушування на бані або плитці залишають відкритими на повітрі і періодично зважують до одержання постійної маси. Якщо розрахунок ведуть на абсолютно сухий ґрунт, то фракції в стаканчиках з кришками висушують в сушильній шафі протягом шести годин і потім ще дві години для контролю. Необхідно знати вологість ґрунту, взятого для аналізу. Для цього одночасно із взяттям наважки для просіювання беруть середні проби цього ґрунту для визначення вологості.

Для збирання та підсушування водостійких фракцій рекомендується використовувати фільтри діаметром 12,5 см. В такому разі фракції з сит

переносять у фарфорові чашки, а потім на фільтри, у лійки. Кожний фільтр повинен бути зважений з позначенням (простим олівцем) з позначенням номера ґрунтового розрізу, горизонту та глибини взяття зразку, розміру фракції, маси фільтру. Підсушені на лійках фільтри з агрегатами одного ґрунтового зразка «нанизують» на одну нитку і розвішують для висушування на повітрі до постійної маси. Спочатку їх можна зважувати всі разом, а після досягнення постійної маси – кожен окремо. Розрахунок в даному випадку ведеться на повітряно-суху наважку.

Оскільки для визначення водостійкості беруть середню пробу 50 г (половину процентного вмісту фракцій, одержаних під час сухого просіювання), то при розрахунку масу кожної фракції в грамах множать на дві і одержують процентний вміст відповідних водостійких агрегатів у ґрунті. Фракцію менше 0,25 мм обчислюють за різницею (100% мінус сума всіх фракцій розміром >0,25 мм, у %).

Наявність у ґрунті механічних елементів розміром більше 0,25 мм (крупний пісок, гравій і т. д.) спотворює результати агрегатного аналізу. У такому випадку чинять так: після зважування фракцію переносять у фарфорову чашку, заливають водою і розтирають гумовим товкачиком; зруйнувавши агрегати, відмивають дрібнозем, а механічні елементи, які залишилися в чашці або в сушильному стаканчику, висушують до повітряно-сухого або абсолютно сухого стану і зважують. Віднімаючи від маси фракції масу механічних елементів розміром більше 0,25 мм, одержують масу агрегатів. Потім від наважки, взятої для аналізу (50 г), віднімають суму механічних елементів, які залишилися на ситах з отворами більше 0,25 мм.

Вміст фракції у процентах обчислюють за формулою:

$$X = \frac{a \cdot 100}{P} \quad (17)$$

(X — вміст агрегатів відповідного розміру, %; a — маса агрегатів (без механічних елементів), г; P — наважка (без механічних елементів), взятої для аналізу, г).

Для кожного зразка, який досліджується, визначення слід проводити з потрібним, а в деяких випадках і з більшим контролем. Дані, одержані під час фракціонування ґрунту у повітряно-сухому стані і у воді, оформляють у вигляді таблиці 12 або графіка.

12. Результати структурно-агрегатного аналізу ґрунтів

№ розрізу	Ґрунт	Горизонт глибина, см	Вміст фракцій відповідного розміру (мм), %								
			> 10	10–7	7–5	5–3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	<0,25
1	Чорнозем звичайний легко-суглинковий	Нр ₁₈₋₂₆	61,0	6,9	6,3	<u>6,9</u> 0,5	<u>5,0</u> 1,4	<u>4,0</u> 6,3	<u>3,5</u> 18,3	<u>3,5</u> 22,4	<u>4,2</u> 51,1

* - чисельник — дані сухого просіювання, знаменник — дані мокрого

просіювання)

При побудові графіка по осі абсцис відкладають розмір фракцій, починаючи з більш крупної, по осі ординат — вміст фракцій у процентах.

Співробітниками Агрофізичного інституту запропонована формула для розрахунку критерію водостійкості A (%):

$$A = \frac{C_{bc}}{C} \cdot 100 \quad (18)$$

(C — вміст структурних фракцій розміром від 1 до 0,25 мм, одержаних під час сухого просіювання, %; C_{bc} — вміст водостійких агрегатів розміром від 1 до 0,25 мм, %).

Згідно з цим критерієм оцінюють водостійкість за таблицею 13:

13. Оцінка водостійкості структурних агрегатів за методом

М.І. Савінова

Сума водостійких агрегатів > 0,25 мм, %	Оцінка водостійкості
<10	Відсутня
10–20	Незадовільна
20–30	Недостатньо задовільна
30–40	Задовільна
40–60	Добра
60–75	Відмінна
Більше 75–80	Надмірно висока

2.2.3. Використання результатів агрегатного аналізу ґрунтів

Результати структурно-агрегатного аналізу широко використовуються в науці і сільськогосподарській практиці. Дані вмісту сухих структурних агрегатів різних ґрунтів (брил, грудок, пилу) свідчать про якість того чи іншого механічного обробітку ґрунту та його фізичної стиглості. Вміст водостійких агрегатів у великій мірі пояснює наявність у ґрунті органічної речовини, а також ефективність норм застосовуваних органічних добрив та хімічних меліорантів. В цілому структурний стан ґрунтів свідчить про рівень їх окультурення за агрофізичними показниками (табл. 14).

14. Діагностичні критерії рівнів окультуреності чорноземів за агрофізичними показниками в орному шарі (за В.В.Медведєвим, 1988)

Рівень окультуреності	Структурно-агрегатний склад, %		Рівноважна щільність, г/см ³	Водопроникність (середня за 6 год спостережень), мм/год
	Повітряно-сухі агрегати від 10 до 0,25 мм	Водотривкі агрегати понад 0,25 мм		

Високий	70–90	45–55	1,1–1,2	60–90
Середній	60–70	35–45	1,2–1,3	30–60
Низький	< 60	< 35	> 1,3	< 30

Структурно-агрегатний стан ґрунтів є основною складовою моніторингу ґрунтів і регулярно досліджується 1 раз на 5 років (додаток А). В умовах меліорованих ґрунтів (зрошуваних чи осушуваних) цей показник визначається частіше.

При характеристиці оптимальних параметрів родючості орного шару різних ґрунтів (Полупан М.І. та інші, 2004) також використовується показник вмісту повітряно-сухих агрегатів розміром 0,25–10 мм і водостійких агрегатів більших, ніж 0,25 мм. Як критерії для комплексного агрономічно орієнтованого районування (Медведєв В.В., та інші, 2012) використовуються показники вмісту у % структурної фракції більше 10 мм, а також агрономічно-цінної 0,25–10 мм та фракції пилу менше 0,25 мм.

Розділ 3. ЗАГАЛЬНІ ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

До загальних фізичних властивостей ґрунту відносяться:

- щільність твердої фази (ЩТФ);
- щільність ґрунту (ЩТ);
- шпаруватість;

3.1. ЩІЛЬНІСТЬ ТВЕРДОЇ ФАЗИ ҐРУНТУ

Під **щільністю твердої фази ґрунту** розуміють відношення маси твердої фази ґрунту (ґрунту без шпарин) до одиниці об'єму. Якщо шматок сухого ґрунту здавити так, щоб не було шпарин, то відношення маси взятого ґрунту до одержаного об'єму і буде щільністю твердої фази. Вона залежить від хімічного, мінералогічного складу і визначається середньою щільністю речовин, які складають даний ґрунт, та їх відносним вмістом.

До складу мінеральної частини ґрунту як основні мінералів входять кварц, польові шпати, глинисті мінерали, які мають щільність в межах 2,40–2,80 г/см³ (табл. 15). Рідше зустрічаються мінерали, які містять залізо, з щільністю до 4,0.

15. Щільність деяких мінералів та їх склад

Мінерал	Склад	Щільність, г/см ³
Кварц	SiO ₂	2,65–2,66
Ортоклаз	K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆	2,50–2,62
<i>Плагіоклази:</i>		
Альбіт	Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆	2,62–2,65
Мікроклін	K ₂ AlSi ₃ O ₈	2,54–2,57
Каолініт	Al ₄ (OH) ₈ [Si ₄ O ₁₀]	2,60–2,63
Мусковіт	KAl ₂ (OH, Fe) ₂ [AlSi ₃ O ₁₆]	2,76–3,00
Лимоніт	Fe ₂ O ₃ · nH ₂ O	3,40–4,00
Кальцит	CaCO ₃	2,60–2,80
Гіпс	CaSO ₄ · 2H ₂ O	2,31–2,33

Монтморилоніт	$\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$	близько 2,00
Нонтроніт	$\text{Fe}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$	2,27–2,29

Щільність гумусу становить 1,20–1,40 г/см³. Тому у грунтах малогумусованих і в нижніх горизонтах гумусованих ґрунтів щільність коливається в межах 2,60—2,80 і до 3,0 в червоноземних грунтах. Чим багатше на гумус ґрунт або горизонт, тим менше щільність твердої фази (2,40–2,50 г/см³).

3.1.1. Визначення щільності твердої фази ґрунту пікнометричним методом

Щільність твердої фази ґрунту частіше за все визначається за допомогою пікнометра. Принцип пікнометричного методу полягає у визначенні об'єму води або інертної рідини, який відповідає об'єму ґрунту, взятого для аналізу.

Пікнометр – мірна посудина, яка дозволяє визначати об'єм рідини з великою точністю. Як грубий пікнометр може використовуватися звичайна мірна колба. На **рис.** зображені найбільш поширені види пікнометрів. Найчастіше використовуються пікнометри об'ємом 100 і 50 см³; в геологічній практиці при визначенні щільності мінералів, які рідко зустрічаються, користуються мікропікнометрами. Найбільш зручним вважається пікнометр об'ємом 100 см³ висотою 8 см і діаметром 4 см. Добре притерта масивна пробка має тонкокапілярний отвір, через який виділяється надлишок рідини під час наповнення посудини. Цим забезпечується точність у роботі.

При визначенні щільності твердої фази незасолених ґрунтів використовують дистильовану воду без повітря, засолених, які містять легкорозчинні солі більше 0,5%— неполярні рідини (бензол, бензин, толуол, ксилол, гас).

На практиці найбільш поширеним методом визначення щільності твердої фази ґрунту є метод Н. А. Качинського. Він полягає у визначенні об'єму пікнометра (рис. 3), у підготовці ґрунту до аналізу та у визначенні щільності твердої фази.

Визначення об'єму пікнометра. Пікнометр чисто миють, споліскують дистильованою водою і висушують в сушильній шафі при температурі не вище 60°C. Можна також сполоснути його етиловим

спиртом або ефіром і просушити за допомогою гумової груші. Сухий пікнометр разом з пробкою зважують з точністю до 0,001 г. В колбі місткістю 2—3 л дистильовану воду кип'ятять на протязі двох годин.

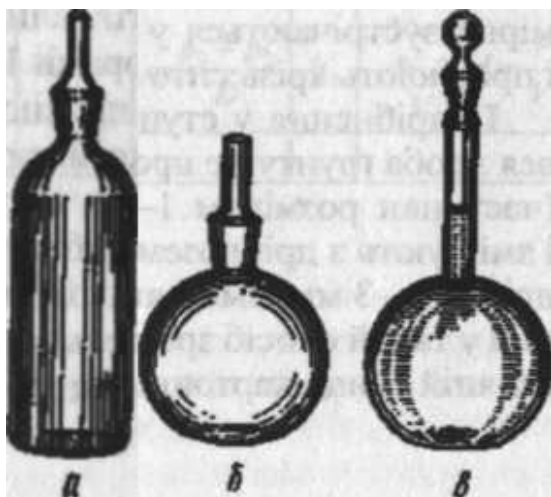


Рис. 4. Пікнометри для визначення щільності твердої фази ґрунту

Зберігати прокип'ячену воду зручніше у склянках великого об'єму (2–3 л), а під час роботи використовувати склянки меншого об'єму (500 см³). Цією водою заповнюють і крапельницю.

Пікнометр слід зберігати у кристалізаторі або у дерев'яному лотку з гніздами і менше торкатися його руками. Якщо необхідно взяти пікнометр, треба завернути його в рушник і брати двома пальцями зверху.

Для визначення об'єму пікнометр заповнюють прокип'яченою дистильованою водою доверху, так, щоб при закриванні пробкою з капіляра вийшли одна-дві краплини води, закривають пікнометр пробкою, яка ретельно притирається. Під пробкою і в капілярі не повинно бути бульбочок повітря. Записують температуру води.

Пікнометр ретельно витирають сухим рушником, ставлять в сухий кристалізатор і переносять у вагову кімнату. Через 20–25 хв. зважують на аналітичних терезах з точністю до 0,001 г. Об'єм пікнометра обчислюють за формулою:

$$V = \frac{a_1 - a}{D} \quad (19)$$

(V — об'єм пікнометра, см³; a , — маса пікнометра з водою, г; a — маса сухого пікнометра, г; D — щільність води при даній температурі, г/см³).

Заповнення пікнометра і визначення об'єму слід повторити двічі-тричі і за кінцевий результат прийняти середнє з усіх визначень (табл. 16). Середній об'єм потім використовують в подальшій роботі.

16. Форма запису при визначенні об'єму пікнометра

№ пікно-метра	Маса пікно-метра, г	Маса пікнометра з водою при зважуванні			Маса води в пікнометрі при зважуванні			Температура води, °С при зважуванні			Об'єм води або об'єм пікнометра, мл за повторчостями			Середній об'єм пікнометра, мл
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	

Після визначення об'єму воду з пікнометра виливають, його зважують, як було описано вище, і використовують для визначення щільності твердої фази ґрунту. Оскільки під час висушування пікнометр не доводять до постійної маси, то треба визначити його середню масу або кожного разу зважувати його.

Підготовка ґрунту до аналізу. Із зразка повітряно-сухого ґрунту беруть середню пробу 150–200 г. З ґрунту видаляють великі корені і зберігають їх. Ортштейни, «журавчики» і інші включення, які закономірно зустрічаються у ґрунті, залишають. Пробу розтирають у ступці і просіюють крізь сито з отворами 1 мм.

Подрібнення у ступці та просіювання слід повторювати доти, поки вся проба ґрунту не пройде крізь сито. Якщо на ситі залишається гравій

(частинки розміром 1–3 мм), його подрібнюють в металевій ступці і змішують з дрібноземом. Відібрані великі корені ріжуть ножицями на дрібні 2–3 мм шматочки) і також змішують з дрібноземом. Підготовлений у такий спосіб зразок ретельно перемішують і зберігають у закритій скляній банці, картонній коробці або пакеті з відповідною етикеткою.

3.1.1.1. Визначення щільності твердої фази незасолених ґрунтів

З підготовленого зразка ґрунту беруть середні проби: 8–10 г в пікнометри для визначення щільності твердої фази, 4–5 г в сушильні стаканчики або бюкси для визначення вологості. Після зважування сушильні стаканчики або бюкси з ґрунтом переносять у сушильну шафу і висушують ґрунт при температурі 105°C до постійної маси. Обчислюють гігроскопічну вологість у процентах і ці дані використовують при розрахунку абсолютно сухої наважки, взятої для аналізу.

Наважку для визначення щільності зважують спочатку на технохімічних терезах (на склі або кальці), а потім через лійку з довгим носиком обережно переносять в пікнометр.

Пікнометри з ґрунтом зважують на аналітичних терезах з точністю до 0,001, наливають в них дистильовану воду в такій кількості, щоб після змочування ґрунт був покритий шаром води 3–5 мм. Обережно перемішують ґрунт з водою (не розмазуючи по стінках пікнометра).

Пікнометри залишають відкритими на 10–12 годин. Чим краще змочений ґрунт, тим менше абсорбованого повітря залишиться на поверхні його частинок, тим точніше будуть результати. З цією ж метою виконується і наступна операція: через 10–12 годин відкриті пікнометри ставлять у порожній ексикатор з тубусом, з якого за допомогою насоса відкачують повітря до внутрішнього тиску 160 мм рт. ст. ($2,12 \times 10^4$ КПа). При використанні скляних ексикаторів слід суворо дотримуватися такого правила: тримати у чохлі з компактної тканини, працювати в захисних окулярах, підтримувати встановлене розрідження в середині ексикатора. В металічних ексикаторах можливий повний вакуум. В розрідженому ексикаторі пікнометри витримують протягом години для повного видалення повітря з води та ґрунту. Через годину в ексикатор впускають повітря (відкривають кран), пікнометри виймають і доливають доверху дистильованою водою без повітря.

Постукуючи пальцем або олівцем по стінках пікнометра, видаляють залишки повітря з ґрунту. Бульбочки, які залишилися в горловині пікнометра, руйнують тоненькою скляною паличкою або металевим дротом, а які залишаються і після цього, видаляються додаванням однієї-двох крапель ефіру. Корінці, які спливають на поверхню, вкручують в середину рідини швидким повертанням тоненької скляної палички або дроту. Пікнометри закривають пробкою і витирають сухим рушником.

В кристалізаторі або у спеціальному лотку з гніздами пікнометри переносять у вагову кімнату і через 20–25 хв. зважують. Під час заповнення пікнометра обов'язково записують температуру води.

В разі відсутності вакуумного пристрою для видалення повітря

використовують кип'ятіння протягом години (з початку кипіння). В такому випадку після 10–12годинного змочування ґрунту у пікнометр наливають дистильовану воду до половини об'єму і ставлять його на піщану баню або на естерітову плитку. При цьому необхідно слідкувати за пікнометрами і не допускати бурхливого кипіння.

Після кип'ятіння протягом години пікнометр та його вміст охолоджують і доливають водою доверху. Подальші операції ті ж, що і при використанні розрідження.

Щільність твердої фази ґрунту обчислюють за формулою:

$$d = \frac{P_1 \cdot 100}{(100 + W_2) \cdot V} - \frac{P}{V} \quad (20)$$

(d — щільність твердої фази ґрунту, г/см³; P_1 — маса повітряно-сухого ґрунту у пікнометрі, г; P — маса абсолютно сухого ґрунту, г; V — об'єм ґрунту у пікнометрі, см³; W_2 — вологість зразка ґрунту, %).

Розрахунок проводять з точністю до 0,001. Для верхніх ґрунтових горизонтів визначення щільності твердої фази повторюють тричі, а при наявності великої кількості коренів — п'ять разів. Для нижніх горизонтів допускається дворазове повторення. Розходження у контрольних визначеннях не повинно перевищувати 0,02.

3.1.1.2. Визначення щільності твердої фази засолених ґрунтів

Для визначення щільності твердої фази засолених ґрунтів використовують інертні рідини.

Зразок не повинен містити воду. Тому його спочатку висушують протягом 10 годин у сушильній шафі при температурі 105°C. Потім із сушильного стаканчика через лійку з довгою трубкою (яка доходить до дна пікнометра) зразок швидко переносять у пікнометр, закривають пробкою і зважують. Ґрунт заливають інертною рідиною шаром 5–10 мм і залишають на 10–12 годин для витискання повітря. Потім пікнометр ставлять на одну годину у вакуум, після цього заповнюють рідиною доверху, закривають пробкою, витирають рушником і негайно зважують. Всі операції по наповненню пікнометра рідиною виконують у ваговій кімнаті, де зберігається і рідина. Це прискорює процес роботи, а також підвищує точність, бо органічні рідини швидко випаровуються.

Рідина, яка використовується, повинна бути чистою. Слід враховувати зміну її щільності залежно від зміни температури. Для визначення щільності рідини пікнометр наповнюють даною рідиною і зважують. Розділивши масу рідини на об'єм пікнометра, обчислюють щільність рідини при даній температурі. Щільність ґрунту при роботі з інертною рідиною визначають так, як і при роботі з водою.

3.2. ЩІЛЬНІСТЬ ҐРУНТУ

3.2.1. Поняття щільності ґрунту та її оцінка

Під щільністю ґрунту розуміють відношення маси сухого ґрунту незруйнованого складу до одиниці об'єму. Обчислюють за формулою:

$$d^V = \frac{P}{V} \quad (21)$$

(d^V — щільність ґрунту, г/см³, кг/м³; P — маса сухого ґрунту незруйнованого складу у відповідному об'ємі, г, кг; V — об'єм ґрунту, см³, м³).

Це одна з важливіших фізичних характеристик, яка позначається на водному, повітряному, тепловому режимах. Знати щільність ґрунту слід для вирішення багатьох практичних задач: розрахунку пористості, розрахунку на відповідній площі маси ґрунту, запасів води, поживних речовин, гумусу мікроелементів, норм поливу і зрошення тощо. За щільністю поверхневих горизонтів висновують про ступінь окультуреності ґрунтів (табл. 17). Дуже щільний у сухому стані ґрунт чинить великий опір кореневій системі рослин, потребує додаткових втрат при обробітку. В перезволоженому щільному ґрунті складаються несприятливі умови для рослин через заповнення майже всього об'єму шпарин водою і недостатню аерацію. Щільний ґрунт слабо фільтрує воду.

7. Оцінка щільності ґрунту (за Н.А. Качинським)

Щільність ґрунту, г/см ³	Оцінка ґрунту суглинкового та глинистого гранулометричного складу
<1	Ґрунт пухкий або багатий на органічні речовини (дернина в польових або лісових ґрунтах)
1,0–1,1	Оптимальна для кульної свіжої оранки
1,2	Оранка ущільнена
1,3–1,4	Оранка дуже ущільнена
1,4–1,6	Оптимальна для підорних шарів різних ґрунтів
1,6–1,8	Дуже ущільнені ілювіальні горизонти переважно підзолистих ґрунтів і солодей, горизонти червоноземів

Межі коливань щільності ґрунту досить широкі. Для мінеральних ґрунтів вони становлять 0,9–2,0, а для торфів — 0,15–0,40 г/см³.

Різні генетичні горизонти також мають неоднакову щільність. Найменші її величини характерні для верхніх шарів ґрунту, найбільші — для нижніх, особливо ілювіальних та оглеєних горизонтів. Наприклад, гумусо-елювіальний горизонт дерново-підзолистих ґрунтів має щільність 1,2–1,4; елювіальний — 1,4–1,5; для ілювіального горизонту цей показник становить 1,6–1,8 г/см³. Щільність орного шару чорноземів — 1,0–1,3; підорного — 1,3–1,4; а в перехідних до ґрунотворної породи — 1,1–1,2

г/см³. В оглеєних мінеральних горизонтах болотних ґрунтів і стовпчастих горизонтах солонців щільність наближається до 1,9–2,0 г/см³. Крім того, щільність ґрунту змінюється в просторі і часі, особливо у верхніх горизонтах, які зазнають впливу кліматичних, біологічних і антропогенних факторів.

Розрізняють рівноважну і оптимальну щільність ґрунту. Рівноважною вважають щільність горизонтів, які довгий час не оброблялись. Показники рівноважної щільності ґрунту наведено в табл. 18.

18. Значення рівноважної щільності ґрунтів України в шарі 0–20 см

Гранулометричний склад	Щільність ґрунту, г/см ³	Гранулометричний склад	Щільність ґрунту, г/см ³
<i>Дерново-підзолистий</i>		<i>Сірий лісовий</i>	
Піщаний	1,50–1,65	Середньосуглинковий	1,25–1,35
Глинисто-піщаний	1,35–1,45	<i>Темно-сірий лісовий</i>	
Супіщаний	1,45–1,60	Середньосуглинковий	1,20–1,30
<i>Дерново-карбонатний</i>		<i>Чорнозем опідзолений</i>	
Супіщаний	1,20–1,40	Середньосуглинковий	1,20–1,35
Легкосуглинковий	1,15–1,35	<i>Чорнозем типовий</i>	
<i>Дерново-глеєвий</i>		Середньосуглинковий	1,10–1,30
Важкосуглинковий	1,40–1,55	<i>Чорнозем звичайний</i>	
<i>Лучний</i>		Важкосуглинковий	1,10–1,25
Середньосуглинковий	1,15–1,30	<i>Чорнозем південний</i>	
<i>Торфовище низинне</i>		Важкосуглинковий	1,20–1,30
Ступінь розкладу торфу 35–40%	0,12–0,18	Легкоглинистий	1,25–1,40
<i>Ясно-сірий лісовий</i>		<i>Темно-каштановий</i>	
Середньосуглинковий	1,03–1,40	Важкосуглинковий	1,25–1,35
		<i>Каштановий</i>	
		Легкоглинистий	1,30–1,40

Оптимальною вважається та щільність ґрунту, при якій за інших рівних умов отримують найбільші врожаї сільськогосподарських культур. Оптимальна щільність за своєю абсолютною величиною індивідуальна для кожного типу ґрунту, для різновидів ґрунтів щодо гранулометричного складу і для біологічних груп сільськогосподарських культур. У легких ґрунтах оптимальна щільність вища, а діапазон її коливань дещо ширший, ніж у ґрунтах середнього і важкого гранулометричного складу (табл. 19).

19. Значення оптимальної щільності ґрунту для сільськогосподарських культур (за О.Г. Бондарєвим, В.В. Медведєвим)

Культура	Інтервал щільності, г/см ³
ПОЛІССЯ	
<i>Дерново-підзолисті супіщані та легкосуглинкові</i>	
Зернові колосові	1,25–1,35
Кукурудза	1,10–1,30
Картопля	1,15–1,25
<i>Дерново-підзолисті середньо- і важкосуглинкові</i>	
Зернові колосові	1,10–1,40
Кукурудза	1,10–1,20
Картопля	1,10–1,20
Кормові боби	1,10–1,30
ЛІСОСТЕП	
<i>Сірі лісові легкосуглинкові</i>	
Зернові колосові	1,10–1,40
<i>Сірі лісові середньо- і важкосуглинкові</i>	
Зернові колосові	1,05–1,30
Кукурудза	1,00–1,25
<i>Чорноземи типові та опідзолені легкосуглинкові</i>	
Зернові колосові	1,10–1,40
<i>Чорноземи типові та опідзолені середньо- і важкосуглинкові</i>	
Зернові колосові	1,10–1,30
Кукурудза	1,00–1,25
Гречка	1,20–1,30
Просо	1,20–1,40
Горох	1,10–1,35
Цукровий буряк	1,00–1,25
СТЕП	
<i>Чорноземи звичайні та південні, каштанові середньо- і важкосуглинкові</i>	
Зернові колосові	1,05–1,30
Кукурудза	1,05–1,30

Оптимальні інтервали щільності ґрунту не є константами. Вони змінюються у часі і насамперед у зв'язку із мірою зволоженості ґрунту. При високій вологості оптимум у межах встановленого діапазону зміщується в бік низьких показників щільності, а в умовах недостатнього зволоження — до більш високих значень.

Зернові культури менш вимогливі до рівня ущільнення, ніж просапні. Для більшості зернових на середньо- і важкосуглинкових ґрунтах оптимальні умови росту і розвитку складаються у діапазоні щільності від 1,0 до 1,3; на легкосуглинкових — від 1,3 до 1,45 г/см³. На супіщаних ґрунтах оптимальні умови не порушуються в діапазоні 1,35— 1,50 г/см³. Для просапних культур оптимальний діапазон щільності становить 1,0—

1,35 г/см³.

Відхилення щільності ґрунту від оптимуму як у бік збільшення, так і зменшення негативно впливає на ріст і розвиток рослин, запізнюється поява сходів, різко зменшується висота рослин, послаблюється забарвлення листків, обмежується ріст коренів, а їх форма порушується, бульби та коренеплоди деформуються, різко зменшується доступність вологи і забезпеченість повітрям, збільшуються витрати на обробіток ґрунту. Внаслідок зниження щільності зменшується об'ємна концентрація вологи і елементів живлення, що також призводить до зниження продуктивності рослин.

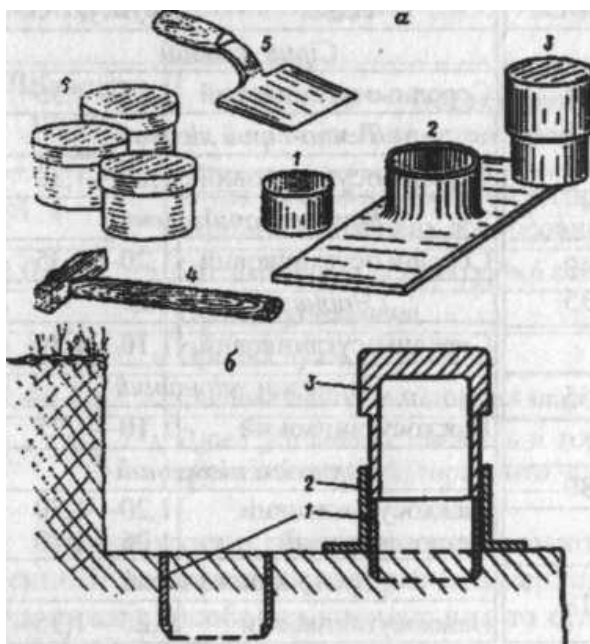
3.2.2. Визначення щільності ґрунту методом ріжучого кільця за Н.А. Качинським

Визначають щільність ґрунту у польових і лабораторних умовах. У польових умовах найбільш поширений буровий метод, який заснований на відборі зразка ґрунту непорушеної будови за допомогою циліндра — бура відповідного об'єму.

Найбільш поширеним методом визначення щільності ґрунту є метод ріжучого кільця Н.А. Качинського. Згідно з цим методом зразок ґрунту з непорушеною будовою відбирають за допомогою спеціального бура в металеве кільце, яке має кришки, що знімаються.

Техніка визначення. На місці взяття зразка вирівнюють площадку 20х30 см, на яку встановлюють спрямовувач. Заздалегідь знявши з кільця кришки, вставляють кільце в отвір спрямовувача. Вертикальними рухами втулки кільце вдавлюють у ґрунт на глибину спрямовувач. Потім спрямовувач знімають, ґрунт навколо кільця зчищають, закривають кільце верхньою кришкою, підрізають ґрунт знизу ножем і виймають кільце разом з ґрунтом.

Далі зрізують ґрунт по нижній ріжучій стороні кільця на рівні його країв, закривають другою кришкою і ретельно прочищають зовнішні стінки кільця від налиплого ґрунту. У разі відбору зразків на декількох глибинах щільність починають визначати від верхнього шару, потім останній



знімають, вирівнюють площадку і беруть новий (наступний) зразок. Після взяття зразка кільце з пробой зважують. Одночасно відбирають у бокси пробу ґрунту для визначення польової вологості в потрібній повторності.

Для визначення щільності ґрунту в орному шарі використовують кільця об'ємом 300–500 см³. В більш глибоких шарах щільність ґрунту визначають кільцями на 100 см³ (рис. 4).

Рис 4. Визначення щільності складення ґрунту

а – стандартний комплект для визначення
(1 – циліндр; 2 – спрямовувач; 3 – бойок; 4 – молоток;
5 – лопатка; 6 – бюкси),
б – взяття проб

Кільця повинні бути пронумеровані і зважені. Площини для визначення щільності ґрунту фіксуються кілочками на культурах суцільної сівби і реперами на просапних посівах, щоб у разі подальшого визначення виключити ділянки, де вже раніше проводилися визначення.

Для визначення щільності ґрунту слід знати об'єм кільця (V , см³) з точністю до 0,1 см³. Визначають його за такою формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h}{4} \quad (22)$$

(h — висота кільця, см; D — діаметр кільця, см; $\pi = 3,14$).

Щільність ґрунту (d_v , г/см³) обчислюють за формулою:

$$d_v = \frac{P}{V} \quad (23)$$

P – маса сухого ґрунту в кільці, г; V — об'єм кільця, см).

Для зручності визначення слід користуватися таблицею 20.

20. Форма запису при визначенні аналізу щільності ґрунту

Варі- ант	Глибин а взяття зразка, см	Номер кільця	Маса порож- нього кільця, г	Маса кільця із сирим ґрунтом, г	Маса сирог о ґрунт у, г	Вол о- гіст ь, %	Маса абсолютно сухого ґрунту, г	Об'єм кільця, см ³	Щільніст ь ґрунту, г/см ³
			A	P	$P_I = P - A$	W	$P_1 = \frac{P_1 \cdot 100}{100 + W}$	V	$d_v = \frac{P}{V}$

3.3. ПОРИСТІСТЬ ҐРУНТУ ТА ЇЇ ВИЗНАЧЕННЯ

Пористістю ґрунту називається сумарний об'єм усіх пор і проміжків між механічними елементами, структурними агрегатами та в середині їх в одиниці об'єму ґрунту непорушеної будови. Вимірюється пористість у відсотках від об'єму ґрунту.

За величиною пор загальну пористість поділяють на *капілярну* (діаметр пор <1 мм) і *некапілярну* (діаметр пор >1 мм). *Капілярна* пористість поділяється на: макрокапілярну (1,0—0,1 мм), мезокапілярну (0,1—0,001 мм), мікрокапілярну (0,001 мм).

За водоутримуючою здатністю ґрунту пористість поділяється на *активну* і *пасивну*. До активних відносяться пори, по яких рухається вільна вода під дією меніскових сил і сили гравітації. Це *некапілярна*, макро- і мезокапілярна пористість. Пасивні пори тонкі (мікрокапілярна пористість). При зволоженні ґрунту вони повністю заповнюються зв'язаною водою, яка утримується молекулярними силами і є недоступною для рослин. Пасивні пори агрономічно не цінні.

Крупні пори в ґрунті більшу частину часу зайняті повітрям. Такі пори називають *пористістю аерації*. Найбільшу агрономічну цінність мають активні пори, зайняті капілярною водою, та пори аерації, яких повинно бути не менше 20–25% від загальної пористості, а співвідношення між некапілярною і капілярною пористістю приблизно 1:1. Її величина залежить від гранулометричного складу, структурності та мікроагрегатності, вмісту органічної речовини, життєздатності живих організмів, а в культурних ґрунтах — від обробітку і меліоративних заходів. У середньому пористість у мінеральних ґрунтах коливається в межах 30–60, а у торфовищах 80–85% (табл. 21).

21. Межі коливань різних видів пористості в ґрунтах і в ґрунтотворних породах (за В.А. Ковдою)

Ґрунти, ґрунтотворні породи	Пористість		
	Загальна, %	капілярна	некапілярна
		% від загальної	
Піски	30–35	25–35	65–75
Супіски	35–45	45–55	45–55
Суглинки	40–47	65–85	15–35
Леси та лесовидні суглинки	40–55	60–65	35–50
Глини	45–55	90–97	3–10
Орний шар чорнозему	55–60	40–45	55–60
Поверхневий горизонт торфовища	80–85	95–98	2–5

Величина пористості та будова пор змінюються за профілем ґрунту. В гумусних горизонтах чорноземів пористість максимальна (50–60%), а в більш глибоких безгумусних – близько 40%. Мінімальну пористість мають безструктурні оглеєні горизонти, стовпчасті горизонти солонців (< 30%) і безгумусові горизонти піщаних ґрунтів (30–35%).

Пористість має велике агрономічне значення. Від загальної кількості пор та їх розміру залежить співвідношення між газовою і рідкою фазами ґрунту, умови руху ґрунтових розчинів, повітря, тепла і розвиток живих організмів. Вологоємність, водотривкість, водопідйомна здатність, аерація та інші властивості ґрунту тісно пов'язані з пористістю. Особливо важливе значення вона має у зрошуваних ґрунтах, обумовлюючи глибину просочування води, капілярне підняття підґрунтових вод та інтенсивність процесів випаровування.

Величину загальної пористості можна обчислити за даними щільності твердої фази ґрунту. Для цього користуються формулою:

$$P = 100 \cdot \frac{1-d_v}{d} \quad (24)$$

(P — загальна пористість ґрунту, %; d_v — щільність ґрунту, г/см³; d — щільність твердої фази ґрунту, г/см³).

Простір пор у ґрунті характеризується коефіцієнтом K_n , який обчислюють за формулою:

$$K_n = \frac{P}{100-P} \quad (25)$$

(K_n — коефіцієнт пористості; P — загальна пористість, %).

Н.А. Качинський розробив метод визначення величини окремих видів пористості. Для розрахунків необхідно знати, поряд зі щільністю твердої фази і щільністю ґрунту, максимальну гігроскопічність, вологість в'янення, польову (найменшу) вологоємкість.

Знаючи загальну пористість ґрунту та його вологість, можна обчислити ступінь його аерації або забезпеченість повітрям, (виражається в об'ємних відсотках). Для цього вологість ґрунту (у вагових процентах) множать на щільність ґрунту і одержують об'єм шпарин, зайнятих водою. Різниця між загальною пористістю та вологістю, яка виражається в об'ємних процентах, дає ступінь аерації, або забезпеченість ґрунту повітрям. Об'єм пор ($P_{мг}$), зайнятих міцно зв'язаною водою (максимально гігроскопічною), дорівнює:

$$P_{мг} = \frac{МГ \cdot d_v}{1,5} \quad (26)$$

(МГ — максимальна гігроскопічність, у вагових відсотках; d_v — щільність ґрунту, г/см³; 1,5 — щільність максимально гігроскопічної води).

Об'єм пор ($P_{р.з.в.}$), зайнятих рихлозв'язаною водою, визначають за формулою:

$$P_{р.з.в.} = \frac{(ВЗ - МГ)}{1,25} \quad (26)$$

(ВЗ — вологість зав'ядання рослин, у вагових відсотках; 1,25 — щільність рихлозв'язаної води).

Об'єм пор (P_k), зайнятих капілярною водою, може бути обчислений за формулою:

$$P_k = (ПВ - ВЗ) \cdot d_v \quad (27)$$

(ПВ — найменша (польова) вологоємкість).

Об'єм пор, зайнятих водою всіх категорій (P_w) визначають за формулою:

$$P_w = P_{мг} + P_{р.з.в.} + P_k \quad (28)$$

Об'єм пор, зайнятих повітрям (пористість аерації) $P_{аер}$ визначають за формулою:

$$P_{аер} = P_{заг} - P_w \quad (29)$$

Для зручності результати визначення записують в таблицю 22:

22. Форма запису при аналізі диференційної шпаруватості ґрунту

Дослід, варіант, повторність	Глибина відбору зразка, см	Загальна шпаруватість, %	Об'єм шпарин зайнятих				
			водою, %				повітрям при польовій вологоємкості, %
			міцно зв'язаною	рихло - зв'язаною	капілярною	всього	

Розділ 4. ВОДНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ ТА МЕТОДИ ЇХ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1. СТАН І ФОРМИ ВОДИ В ҐРУНТІ

Вода у ґрунті є одним з основних його компонентів і одночасно одним з головних факторів, які визначають його продуктивність та направленість розвитку. Вона сприяє проходженню біологічних і біохімічних процесів, визначає напрямок та інтенсивність перетворення мінеральних й органічних речовин, їх переміщення та формування генетичних горизонтів профілю ґрунту.

Нормальний ріст і розвиток рослин, життєдіяльність ґрунтової мікрофлори і фауни неможливі без достатньої кількості води. Для утворення 1 г сухої речовини рослини витрачають від 200 до 1000 г води.

Вода у ґрунті виконує роль терморегулюючого фактора і значною мірою визначає його тепловий баланс та температурний режим. Фізичні, фізико-механічні і технологічні властивості ґрунту залежать також від наявності води. Отже, вода є необхідною умовою і фактором родючості ґрунту.

Вода та розчинені в ній різні речовини складають рідинну фазу ґрунту, або ґрунтовий розчин, з якого рослини через свою кореневу систему вбирають воду та поживні речовини і який відіграє вирішальну роль в житті рослинного організму. У залежності від ґрунтових умов вода по-різному зв'язана з твердою фазою ґрунту, що позначається на рухливості води в ґрунті та на її доступності рослинам.

З фізичної точки зору вода у ґрунті може знаходитись у рідкому, газоподібному і твердому стані. При плюсових температурах — у рідкому і газоподібному стані, при мінусових — у твердому.

Рідка вода перебуває в складному фізичному взаємозв'язку з твердою та газоподібною фазами ґрунту. Переходячи з одного стану в інший, вода набуває нових властивостей.

За О.А. Роде (1965), залежно від характеру зв'язку води з твердою фазою ґрунту, її поділяють на п'ять форм або категорій: *тверда, хімічно-зв'язана, пароподібна, фізично зв'язана і вільна*.

Тверда вода (лід) утворюється при замерзанні вільної води. Лід є потенціальним джерелом рідкої та пароподібної води, в яку він переходить внаслідок танення і випаровування. Утворюючись з рідкої форми, лід збільшується у об'ємі, розклинає ґрунтову масу і мінерали при фізичному вивітрюванні. Поява води у формі льоду має сезонний або багаторічний характер. Сезонна мерзлота відіграє велику роль у водному режимі ґрунтів, викликаючи конденсацію пароподібної води, перехід капілярної води в лід і тим самим забезпечує нагромадження її у верхній частині ґрунтового профілю в холодний період року. В зоні постійної мерзлоти при відтаюванні лід переходить у рідку фазу. Оскільки ґрунтова вода — завжди розчин, температура її замерзання нижче 0°C.

Хімічно зв'язана вода входить до складу різних хімічних речовин ґрунту і поділяється на конституційну та кристалізаційну.

Конституційна вода входить до складу молекул мінералів у формі

гідроксильних груп OH. Ця вода не зберігає своєї молекулярної єдності, а є частиною мінералу і може бути вилучена з нього при температурі 165–175°C і вище. Найпоширенішими сполуками в природі з такою водою є глинисті мінерали, наприклад, каолінит, монтморилоніт, гідрати заліза, алюмінію, марганцю ($\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Mn}(\text{OH})_2$), органічні та мінеральні сполуки.

Кристалізаційна вода у молекулярній формі входить до складу кристалів-мінералів. Наприклад, гіпс ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$), мірабіліт ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$), хлорид кальцію ($\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$) та ін. Виділити цю воду з мінералів можна при температурі 20–65°C.

Хімічно зв'язана вода за фізичним станом є різновидом твердої води. Вона нерухома, не є розчинником по відношенню до елементів живлення та солей, не володіє і зовсім недоступна рослинам.

Пароподібна вода. У ґрунтовому повітрі завжди є водяні пари, які у вигляді пароподібної суміші заповнюють пори, вільні від рідкої води. У більшості випадків ґрунтове повітря насичене парами води до 100%, а вміст пароподібної води у ґрунті становить близько 0,001%.

Пароподібна вода безперервно утворюється у ґрунті, рухаючись від горизонту до горизонту, перетворюючись в інші форми шляхом конденсації або сорбції. При від'ємних температурах відбувається конденсація і спостерігається намерзання води у вигляді льоду. При русі пароподібної води переміщення поживних речовин і солей не відбувається, але процес її утворення завжди супроводжується нагромадженням у тому горизонті, де відбувається випаровування речовин, які знаходились у розчині. Пароподібна вода у ґрунті рухається у паровому просторі від ділянок з високою пружністю (активний рух), а також разом з током повітря (пасивний рух). Для рослин ця форма води недоступна.

Фізично зв'язана (адсорбована) вода. Фізичне зв'язування води твердою фазою ґрунту відбувається внаслідок дії молекулярних сил. Фізична суть адсорбції полягає у наявності на поверхні розділу твердої і рідкої фаз некомпенсованих міжмолекулярних сил, які мають електричну природу. Оскільки вода має високу діалектичну сталу (76–80) і нейтральну реакцію, її молекули легко і міцно зв'язуються, сорбуються великою поверхнею ґрунтових пор та дисперсних часток, утворюючи плівки орієнтованих диполів води. Місткість фіксації сорбованих молекул води найбільша поблизу ґрунтових часток і поступово зменшується в міру віддалення від них. Відповідно зростає і рухомість води. Залежно від міцності утримання сорбційними силами, фізично зв'язану воду розподіляють на *міцно зв'язану і неміцно зв'язану*.

Міцно зв'язана (гігроскопічна) вода утворюється за рахунок поглинання молекул води з повітря. Вона міцно утримується навкруги ґрунтових часток. Здатність ґрунту вбирати з повітря пароподібну воду називають гігроскопічністю, а ввібрану таким чином вологу — *гігроскопічною* (W_f).

Кількість гігроскопічної води у ґрунті залежить від ступеня насиченості повітря вологою і температури, дисперсності ґрунту, наявності

в ньому органічної речовини і розчинних солей. Вміст гігроскопічної води значно підвищується у високогумусних, торфових та глинистих ґрунтах і зменшується в супіщаних та піщаних.

Найбільшу кількість води, яку може увібрати з повітря ґрунт, називають *максимальною гігроскопічністю* (МГ). Кількість цієї води для даного ґрунту є величиною сталою.

Гігроскопічна вода перебуває у ґрунті в близькому до твердого тіла стані, щільність її досягає 1,5–1,8 г/см³. Вона утримується навколо поверхні ґрунтових часток з силою 10–20 тис. атм., не замерзає, не розчиняє електролітів, пересувається лише при переході у пароподібну форму і недоступна рослинам.

Неміцно зв'язана (плівкова) вода утворюється понад максимальну гігроскопічність, внаслідок неповної компенсації поверхневої енергії ґрунтових часток. Вона утримується сорбційними силами тиском 1–10 атм. і утворює багат шарову плівку слабо орієнтованих молекул води.

Стан вологості ґрунту, за якого кількість плівкової води досягає найбільшого значення, називають *максимальною молекулярною вологостістю* (ММВ). Вміст у ґрунті цієї води у два-чотири рази перевищує максимальну гігроскопічність.

Плівкова вода перебуває у в'язко-рідкому стані. Вона може рухатися в різних напрямках, від ділянок більшої вологості до меншої, але швидкість руху надто мала. Плівкова вода слабо розчиняє та пересуває солі і дуже обмежено доступна рослинам.

Вільна вода в ґрунті знаходиться у рідкому стані, не зв'язана сорбційними силами з ґрунтовими частками і рухається під дією капілярних та гравітаційних сил. У ґрунтах така вода знаходиться у капілярній і гравітаційній формах.

До **капілярної** відносять воду, яка заповнює ґрунтові капіляри різної величини і форми. У останніх сили капілярної взаємодії між водою і твердою фазою ґрунту більші за гравітаційні.

Капілярна вода заповнює лише найтонші капіляри між механічними елементами та мікроагрегатами і рухається під впливом меніскових сил у різних напрямках. Висота (її) капілярного руху води визначається поверхневим натягом і радіусом капілярів. При збільшенні поверхневого натягу та зменшенні радіуса капілярів висота підняття води підвищується. Дана залежність описується формулою Жюрена:

$$H = \frac{2\alpha}{r g d} \quad \text{де: } H - \text{висота капілярного підняття в см; (30)}$$

α – поверхневий натяг, дин/см; r — радіус капілярів, см,
 g – прискорення сили тяжіння; d – густина води, г/см³.

Меніскові сили проявляються лише в порах з діаметром менше 8 мм, найактивніші пори мають діаметр від 100 до 3 мкм. Пори крупніше 8 мм заповнюються гравітаційною водою або повітрям, а менше 3 мкм — зв'язаною водою.

У ґрунтах капілярна вода може бути у двох формах: підвішеній та підпертій. **Капілярно-підвішена** – заповнює пори при зволоженні ґрунту

зверху, а коли вона підпирається знизу вільною підґрунтовою водою, її називають **капілярно-підпертою**.

За фізичним станом капілярна вода рідка, доступна рослинам, має високу рухомість, розчиняє і переміщує солі, колоїдні органічні та мінеральні частини, тонкі суспензії. Всі заходи, направлені на збереження води у ґрунті або поповнення її запасів, пов'язані із створенням запасів саме капілярної води і зменшенням її витрачання на фізичне випаровування.

Гравітаційна вода зустрічається у ґрунті у двох видах: вода, що просочується і підґрунтова. Вода, що просочується, це вільна гравітаційна вода, яка рухається крізь товщу ґрунту під впливом сил гравітації. Таке явище відбувається після рясних дощів, танення снігу, або після поливу. Ця вода знаходиться у рідкому стані, доступна рослинам, рухається по грубих порах і тріщинах, має розчинну здатність, переміщує солі, колоїдні розчини, тонкі суспензії.

Коли гравітаційна вода досягає водотривкого шару ґрунту, вона перетворюється на *підґрунтову воду*. В даному стані всі пори і проміжки в ґрунті заповнені водою (крім пор, що містять защемлене повітря). Підґрунтові води можуть бути застійними, або стікаючими в напрямку по схилу водотривкового шару. Вони доступні рослинам, але якщо коріння довгий час перебуває в їх товщі, то рослини терплять від нестачі кисню та поживних речовин, частково або повністю відмирають.

Присутність значної кількості вільної гравітаційної води у ґрунті - небажане явище, що викликає тимчасове або постійне перезволоження ґрунту, створюючи в ньому анаеробні умови і сприяючи розвитку процесів оглеєння. Осушувальні меліорації направлені на зменшення запасів вільної гравітаційної води у ґрунтах.

4.2. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ

У ґрунті завжди міститься волога, кількість якої постійно змінюється у часі. Зміни ці залежать від співвідношення процесів надходження води у ґрунт з атмосферними опадами, поливними та ґрунтовими водами і витрачання її з ґрунту внаслідок фізичного випаровування, транспірації, стоку тощо. Інтенсивність даних процесів залежить від кліматичних умов, пори року, рельєфу місцевості, стану розвитку рослин, виробничої діяльності людини. Крім того, вміст вологи залежить і від властивостей самого ґрунту гранулометричного та хімічного складу, структурності, щільності, пористості, вмісту органічних речовин та колоїдів, стану його поверхні, вологості, водопроникності, водопідйомної здатності.

Під **вологістю** розуміють вміст води у ґрунті в даний момент часу. Ґрунтова волога — практично єдине джерело водозабезпечення наземних рослин. Від наявності її у ґрунті залежить ефективність добриві хімічних меліорантів, час проведення та якість обробітку, строки сівби та поливів, і, як наслідок, продуктивність угідь, луків і пасовищ. Тому вивчення режиму вологості та розробка заходів його регулювання стосовно різних ґрунтів є невід'ємною частиною ґрунтово-генетичних, агрономічних і екологічних

досліджень.

Для визначення вологості ґрунту використовують прямі і непрямі методи. Найбільш поширеним, доступним і точним є ваговий метод, який базується на висушуванні ґрунтового зразка в стандартних умовах. Нині додатково застосовують вагоміри-тензіометри, прилади з нейтронним випромінюванням та ін.

4.2.1. Визначення польової вологості ґрунту термостатно-ваговим методом

Принцип методу. У даному методі кількість води у ґрунті визначають за зменшенням маси вологого ґрунту при висушуванні його при температурі 105°C протягом 6–10 годин. Метод широко застосовують при вивченні динаміки вмісту польової вологи у ґрунті, а також у лабораторних дослідженнях (для розрахунку абсолютно сухої наважки, кількості води яку доливають при приготуванні витяжок з свіжих зразків ґрунту, тощо).

Для визначення польової вологості зразки ґрунту найчастіше відбирають з свердловин за допомогою бура. При цьому потрібно дотримуватись відповідних правил:

- в одну пробу не повинен потрапляти ґрунт з різних (суміжних) горизонтів, які різняться за гранулометричним та хімічним складом;
- відібрані зразки потрібно негайно герметизувати та якнайшвидше доставити в лабораторію і зважити;
- для меншого порушення рослин і ґрунту, при відборі зразків треба застосувати настили з дощок, рейок і т. п.

Залежно від завдання досліджень визначення вологості ґрунту здійснюють по генетичних горизонтах, окремих частинах орного шару або на глибину кореневмісного шару (1–2 м): при ґрунтово-меліоративних дослідженнях – до глибини підґрунтових вод; при глибокому їх заляганні – до 3 м. Визначення проводять за фазами розвитку рослин або у строки проведення агротехнічних заходів. В орному шарі повторність визначення 5 — кратна, до 1 м — 3-кратна, до 2 м — 2-кратна, глибше 2 м — однократна.

Відбір зразків здійснюють бурами різних конструкцій (Ізмаїльського, Качинського, Некрасова, Смертіна, Розанова та ін.). З бурів сучасних конструкцій, які випускаються серійно, найпоширеніший бур ґрунтовий БГ-50. Він складається з штанги, рухомої рукоятки і має два змінних циліндри діаметром 50 мм: один відкритий знизу — для важких ґрунтів (суглинки та глини); другий — закритий (в якому лопаті знизу переходять у коротку спіраль) — для сипучих (піщаних та супіщаних) ґрунтів. Робоча глибина буріння у БГ-50 становить 160 см.

Перед початком роботи рукоятку закріплюють на штанзі на потрібній висоті. Бур встановлюють на ґрунт вертикально і обертають рукояткою за ходом стрілки годинника, вдавлюючи у ґрунт. При цьому стежать за глибиною його занурення за позначками, які нанесені на бурі через 5 або 10

см. Проби ґрунту беруть пошарово (0–5, 5–10, 10–20, 20–30 см і т. д.), в міру заповнення бур виймають із свердловини, швидко ножом очищають його поверхню і вибирають зразок на фанеру або широку дошку. Зразок швидко перемішують і відбирають пробу у заздалегідь зважений бюкс, заповнюючи його на 2/3 об'єму. Ґрунт у бюксі злегка ущільнюють, щоб зменшити його прилипання до кришки і втрати при відкриванні. Бюкс закривають, записують його номер до польового журналу і ставлять у спеціальний ящик, слідкуючи щоб він (ящик) не нагрівався надмірно на сонці.

Після закінчення буріння свердловину засипають і ретельно утрамбовують у ній ґрунт. Ящики з бюксами, заповненими ґрунтом, доставляють у лабораторію, стежачи щоб їх кришки були зверху. За таких умов ґрунт не прилипає до кришок.

Хід роботи. Доставлені в лабораторію бюкси з ґрунтом розставляють на столі по порядку, кожний бюкс обтирають, відкривають, часточки ґрунту, які прилипли до кришки, струшують у бюкс, кришку перевертають, встановлюють у неї бюкс і зважують на технохімічних терезах з точністю до 0,01 г.

Зважені бюкси з ґрунтом ставлять для висушування в сушильну шафу, знявши з них кришки та надівши їх на дно бюксів. Висушування ґрунту проводять при температурі 104–105°C протягом шести годин. Бюкси з висушеним ґрунтом накривають кришками, охолоджують в ексикаторах і зважують. Результати записують і знову ставлять бюкси для висушування на дві години. Якщо маса бюксів після повторного висушування відхиляється від початкової більше ніж на 0,01 г, то бюкси знову ставлять в сушильну шафу і сушать до тих пір, поки різниця в масі буде менше 0,01 г.

Вологість обчислюють у відсотках на наважку абсолютно сухого ґрунту:

$$W(\%) = \frac{B-B}{B-A} \cdot 100 \quad (31)$$

(А — маса пустого, заздалегідь попередньо висушеного бюкса, г; В — маса бюкса з вологим ґрунтом, г; В — маса бюкса з абсолютно сухим ґрунтом, г; В-А — наважка абсолютно сухого ґрунту, г; Б-В — кількість води в наважці, г).

Коефіцієнт перерахунку результатів аналізу вологого ґрунту на сухий визначають за формулою:

$$K_W = \frac{100+W}{100} \quad (32)$$

де W — вологість у відсотках від маси сухого ґрунту.

Для розрахунку сухого ґрунту (P_c) за масою вологого ґрунту (P_v) та вологості ($W\%$) користуються формулою:

$$P_c = \frac{P_v \cdot 100}{100 + W\%} \quad (33)$$

$$P_c = \frac{P_v}{K_W}$$

При порівнянні вологості ґрунтів з різною щільністю, вміст води в них розраховують у відсотках від об'єму ґрунту. Тоді розрахунки ведуть за такою формулою:

$$W_v = W_m \cdot d_v \quad (34)$$

де W_v – вологість у відсотках від об'єму ґрунту; d_v – щільність ґрунту, г/см³; W_m – вологість у відсотках від маси ґрунту.

У зв'язку з тим, що опади вимірюються в міліметрах водного стовпа, доцільно запаси води у ґрунті виражати в тих же одиницях. Для цього розрахунки ведуть за формулою:

$$W_{\text{мм}} = 0,1 \cdot W \cdot h \cdot d_v, \quad (35)$$

де W – вологість у відсотках від маси ґрунту; h – глибина шару ґрунту, в якому визначають запас води, см; d_v – щільність ґрунту, г/см³.

У агрономічній практиці запаси води у ґрунті виражають у тоннах або кубічних метрах на 1 га. У таких випадках величини вологості в міліметрах множать на коефіцієнт 10.

Коли потрібно знати, до якої міри ґрунт насичений водою, або порівняти вміст води у ґрунтах з різною вологоємністю застосовують показник відносної вологості. **Відносна вологість** — це відношення вмісту води в даний момент часу до кількості води, яка насичує ґрунт до найменшої вологоємності. Так, якщо в даний момент вологість ґрунту становить (W), а найменша вологоємність ($НВ$), то відносна вологість буде дорівнювати:

$$W_{\text{відн}} = \frac{100 \cdot W}{НВ} \quad (36)$$

За показниками відносної вологості встановлюють ступінь забезпечення рослин водою в певний період часу. Відомо, що оптимум вологості для нормального росту і розвитку різних груп сільськогосподарських культур неоднаковий. Так, для ярих зернових, зернобобових, картоплі і кукурудзи він становить 70–80%, для озимих пшениці і жита, ячменю, цукрових буряків та соняшнику — 60–70%, а тамарикс і люцерна добре ростуть при зволоженні близько 60% від найменшої вологоємності ґрунту. При вирощуванні рису необхідне повне затоплення ґрунту (табл. 23).

23. Оптимум зволоження ґрунту для різних рослин (за В.Ф. Вальковим)

Вміст води в ґрунті, % від НВ				
>100	100–80	80–70	70–60	< 60
Рис	М'ята перцева Огірки Чай	Картопля Гречка Горох Капуста Конюшина Овес Кукурудза Соя	Цукровий буряк Пшениця Жито Ячмінь Соняшник	Тамарикс Люцерна

4.2.2. Визначення вмісту гігроскопічної вологи у ґрунті

Ґрунт, як і будь-яка дисперсна система, характеризується гігроскопічністю, тобто здатністю вбирати (адсорбувати на поверхні своїх часток) пароподібну вологу з повітря, яке до нього прилягає. Адсорбована ґрунтом пароподібна волога називається **гігроскопічною водою**. Вміст її у ґрунті залежить, в першу чергу, від гранулометричного та хімічного складу ґрунту (ступінь подрібнення, кількість та якість колоїдів — глини, гумусу тощо), а також від відносної вологості повітря. Чим вище дисперсність ґрунту, чим більше у ньому органо-мінеральних колоїдів, чим вище їх гідрофільність, тим вище гігроскопічність. З іншого боку, чим вище відносна вологість повітря, тим більше у ґрунті гігроскопічної води. Щоб мати порівняльні дані аналізів, необхідно перерахувати їх на абсолютно суху наважку ґрунту, а для цього треба знати вміст гігроскопічної води. Найбільш поширеним методом визначення кількості гігроскопічної вологи є висушування повітряно-сухого ґрунту в сушильній шафі при температурі 100–105°C до абсолютно сухого стану.

Хід роботи. Скляні бюкси висушують в сушильній шафі протягом трьох годин при температурі 105°C і зважують. На аналітичних терезах відважують у бюкси близько 5 г повітряно-сухого ґрунту. Бюкси з ґрунтом ставлять до сушильної шафи на верхню полицю ближче до термометра (бо в сушильній шафі температура розподіляється нерівномірно), відкривають кришки і кладуть їх на бюкс або поряд з ним. Ґрунт висушують протягом п'яти-шести годин при температурі 100–105°C. За допомогою щипців з гумовими наконечниками бюкси швидко переносять із сушильної шафи у ексікатор, закривають кришки і охолоджують протягом 30–60 хв. Охолоджені бюкси з ґрунтом зважують. При цьому кришки повинні бути закриті, бо абсолютно сухий ґрунт сильно вбирає вологу з повітря і знову стає повітряно-сухим. Вміст гігроскопічної вологи (у %) обчислюють за формулою:

$$W = \frac{(a-b) \cdot 100}{c} \quad (37)$$

де W – гігроскопічна волога у ґрунті, %; a — маса бюкса з повітряно-сухим ґрунтом (до висушування), г; b — маса бюкса з абсолютно сухим ґрунтом (після висушування), г; c — наважка повітряно-сухого ґрунту (різниця між масою бюкса з повітряно-сухим ґрунтом та масою порожнього бюкса), г.

Визначення вмісту гігроскопічної вологи проводять не тільки для перерахунку на абсолютно сухий ґрунт, а і для характеристики ґрунту за вмістом гігроскопічної води. В цьому разі процент гігроскопічної вологи обчислюють на 100 г не повітряно-сухого, а абсолютно сухого ґрунту, тобто у вище наведеній формулі c — наважка абсолютно сухого ґрунту (різниця між масою бюкса з абсолютно сухим ґрунтом і масою порожнього бюкса). Перерахунок результатів різних аналізів повітряно-сухого ґрунту

на абсолютно сухий ґрунт здійснюють множенням взятої для аналізу повітряно-сухої наважки на коефіцієнт гігроскопічності: K_2 (коефіцієнт гігроскопічності визначають за формулою:

$$K_2 = \frac{100}{(100 - W)} \quad (38)$$

W — процент гігроскопічної вологи, перерахований на наважку повітряно-сухого ґрунту).

Для зручності розрахунків слід користуватися таблицею 24.

24. Форма запису результатів визначення вологості

№ зразка	№ бюкса	Маса порожнього бюкса, г	Маса бюкса із ґрунтом до висушування, г	Маса бюкса із ґрунтом після висушування, г	Маса вологи, г	Маса абсолютно сухого ґрунту, г	Гігроскопічна волога	K_2

4.2.3. Визначення максимальної гігроскопічності ґрунту за методом А.В. Ніколаєва

Максимальна гігроскопічність (МГ) — це найбільша кількість вологи, яку сухий ґрунт може увібрати з повітря, майже повністю насиченого парами води (при відносній вологості 96–98%). Величина МГ залежить від гранулометричного складу, кількості та якості колоїдів, вмісту гумусу та питомої поверхні ґрунту. Важкі ґрунти з великою питомою поверхнею, високою кількістю гідрофільних колоїдів і підвищеним вмістом гумусу мають значно більшу МГ, ніж легкі. У мінеральних ґрунтах величина МГ коливається в межах від 0,5–1,0% у піщаних відмінах до 10–15% у глинистих. У торфах МГ становить 30–40% (табл. 25).

25. Максимальна гігроскопічність ґрунтів різного гранулометричного складу і торфів (за С.А. Веріго, Л.О. Разумовою)

Гранулометричний склад	МГ, % від маси ґрунту
Пісок	0,5–1,0
Супісок	1,0–3,0
Суглинок: легкий	3,0–5,0
середній	4,0–7,0
важкий	6,0–9,0
Глина	9,0–15,0
Торф низинний	30,0–40,0

Вода у ґрунті при вологості, яка відповідає МГ, міцно утримується на поверхні ґрунтових часток і тому зовсім недоступна для рослин та мікроорганізмів. Величину МГ використовують для розрахунків вологості в'янення (ВВ). Для цього показник МГ множать на 1,5 або 1,34.

У агрономічному ґрунтознавстві для характеристики водного режиму важливо знати не тільки загальну кількість води в ґрунті на даний момент, але й ту кількість, яка доступна і не доступна рослинам. Тобто необхідно мати уявлення про коефіцієнт в'янення рослин, або критичну вологість ґрунту.

Кількість води у ґрунті, яка відповідає максимальній гігроскопічності, рослинам зовсім не доступна і є для них мертвим запасом. Але, виходячи з величини максимальної гігроскопічності, можна розрахунковим шляхом одержати приблизне значення коефіцієнта в'янення. Для цього необхідно величину максимальної гігроскопічності даного ґрунту збільшити в півтора-три рази. Ця величина коефіцієнта в'янення є орієнтовною, оскільки величина вологості ґрунту, при якій починають в'янути рослини, залежить від типу ґрунту, виду та фази розвитку рослини, а також від погодних умов.

Класичним методом визначення МГ є метод Мітчерліха, вдосконалений Н.А. Качинським (1930), який заснований на насиченні повітряно-сухої наважки ґрунту водяною парою у вакуумі над 10%-ним розчином сірчаної кислоти. Але цей метод громіздкий, потребує багаторазової заміни розчину кислоти.

Зараз широко застосовується більш простий і не менш точний метод А.В. Ніколаєва (1936), в якому замість кислоти застосовується насичений розчин сірчано-кислого калію, відносна пружність водяної пари над яким дорівнює 98%.

Хід роботи. Зважують на аналітичних терезах заздалегідь висушений скляний бюкс діаметром 5 см і висотою 3 см з добре притертою кришкою. Відважують у бюкс на аналітичних терезах біля 5–10 г ґрунту, взятого із зразка, заздалегідь розтертого та просіяного крізь сито з отворами 1 мм. Відкритий бюкс з ґрунтом ставлять у вакуум-ексикатор над розчином 10% H_2SO_4 для максимального насичення ґрунту парами води. Розчин 10% H_2SO_4 у вакуум-ексикаторі буде підтримувати більш-менш постійну відносну вологість повітря, не більше 96%. Для прискорення насичування ґрунту парами води в ексикаторі необхідно створити вакуум. Вакуум-ексикатор слід тримати в темному місці з найменшими коливаннями температури навколишнього простору.

Через п'ять-шість днів проводять перше зважування на аналітичних терезах: обережно відкривають ексикатор і швидко щільно закривають його кришкою. Якщо в ексикаторі було створено вакуум, то до відкривання ексикатора слід вирівняти в ньому тиск повітря з атмосферним. При цьому треба пам'ятати, що впускати в ексикатор повітря треба поступово, спочатку, попередньо висушивши його (пропускаючи крізь склянки з концентрованою H_2SO_4).

Після першого зважування бюкси з ґрунтом знову ставлять у вакуум-ексикатор над 10% H_2SO_4 і через п'ять-шість днів знову проводять контрольне зважування до досягнення постійної маси, тобто поки різниця між попереднім та наступним зважуваннями буде не більше 0,001 г. Останнє зважування приймають за остаточне. Розчин 10% H_2SO_4 після чергового контрольного зважування заміняють свіжим.

По досягненні постійної маси бюкси з ґрунтом, максимально насиченим парами води, переносять в сушильну шафу і висушують при температурі 104–105°C до постійної маси. За різницею у масі визначають кількість гігроскопічної води, адсорбованої наважкою ґрунту.

Обчислюють максимальну гігроскопічність у процентах на наважку абсолютно сухого ґрунту.

$$\text{Максимальна гігроскопічність (\%)} = \frac{B-B}{B-A} \cdot 100 \quad (39)$$

(А — маса пустого, заздалегідь висушеного бюкса, г; Б — маса бюкса з ґрунтом, максимально насиченим парами води, г; В — маса бюкса з абсолютно сухим ґрунтом, г; В-А — наважка абсолютно сухого ґрунту, г; Б-В — кількість гігроскопічної води, адсорбованої ґрунтом, г).

4.2.4. Визначення максимальної молекулярної вологості ґрунту методом вологості середовищ

Максимальна кількість плівкової води, яку здатний поглинути та утримати ґрунт, характеризує найбільшу молекулярну вологості ґрунту. Визначення цього показника методом вологості середовищ базується на здатності деяких матеріалів, наприклад, сухого фільтрувального паперу, при тісному контакті відбирати із зволоженого зразка ґрунту всю воду, крім плівкової.

Хід роботи. Зразок ґрунту у повітряно-сухому стані розтирають та пересівають крізь сито з отворами 0,5 мм. Середню пробу просіяного ґрунту (біля 50 г) ретельно змішують з водою (у фарфоровій чашці) до тістоподібного стану. Металічну пластинку-шаблон товщиною 2 мм з круглим отвором діаметром біля 5 см кладуть на шматок шовковистої тканини (батист, шовк). Круглий отвір у пластинці-шаблоні заповнюють підготовленою зволоженою масою ґрунту. Надлишкову кількість ґрунту, що виходить за вінець пластинки, зрізують ножом. Шаблон знімають, а ґрунт, що лишився, накривають другим шматком шовковистої тканини.

Підготовлений зразок ґрунту кладуть між декількома аркушами фільтрувального паперу, далі між дерев'яними або металічними пластинками (товщина дощочок повинна бути не менше 1 см, металічних пластинок — 0,5 см), нарешті під гідравлічний прес з тиском 65–70 кг/см². Через 10 хвилин спресований ґрунт ретельно «звільняють» від шматочків тканини та фільтрувального паперу, розламують на окремі частини і кладуть в заздалегідь зважений сушильний стаканчик.

Зразок ґрунту разом із сушильним стаканчиком зважують і ставлять на висушування при температурі 104–105°C до постійної ваги.

Зважують сушильний стаканчик (бюкс) з висушеним зразком ґрунту і

обчислюють найбільшу молекулярну вологості (НМВ) у процентах на абсолютно сухий ґрунт.

$$\text{НМВ} = \frac{B-B}{B-A} \cdot 100 \quad (40)$$

(А — маса пустого, заздалегідь зваженого бюкса, г; Б — маса бюкса з ґрунтом, який утримує плівкову воду, г; В — маса бюкса з абсолютно сухим ґрунтом, г; В-А — маса абсолютно сухого ґрунту, г; Б-В — маса води, г).

4.2.5. Визначання вологості стійкого в'янення рослин методом вегетаційних мініатюр

Вологістю в'янення рослин (ВВ) називають вологість, при якій рослини набувають ознак стійкого в'янення і перенесення їх у сприятливі умови (атмосферу, насичену парами води) не відновлює тургору листків, тобто не припиняє в'янення. Отже, ВВ характеризує нижню межу вмісту в ґрунті продуктивної для рослин вологи, що має велике значення для ґрунтової, агрохімічної та агроеліоративної характеристик ґрунту.

Величина ВВ залежить від гранулометричного складу ґрунту, вмісту гумусу і виду рослин. Чим важчий ґрунт і чим більше в ньому гумусу, тим вища ВВ. У піщаних ґрунтах ВВ не перевищує 1,5%, в суглинкових вона коливається від 3,5 до 12, на глинистих досягає 20, а на торфах перевищує 50% від маси сухого ґрунту (табл. 26).

26. Вологість в'янення ґрунтів різного гранулометричного складу і торфів (за С.А. Веріго, Л.О. Разумовою)

Гранулометричний склад	ВВ, % від маси ґрунту
Пісок	0,5–1,5
Супісок	1,5–4,0
Суглинок: легкий	3,5–7,0
середній	5,0–9,0
важкий	8,0–12,0
Глина	12,0–20,0
Торф низинний	40,0–50,0

Суть визначення вологості стійкого в'янення рослин полягає у вирощуванні культур методом вегетаційних мініатюр, за поступового зниження запасів вологи в ґрунті до стійкої втрати листками рослин тургору і визначення на цей момент вологості ґрунту.

Відбирання ґрунту проводять згідно з ДСТУ 4287. Ґрунт висушують на повітрі в спеціально обладнаному приміщенні, уникаючи попадання прямого сонячного світла, відбирають рослинні рештки, подрібнюють товкачиком з гумовим наконечником і просіюють через сито з отворами діаметром 3 мм. В просіяному ґрунті визначають вологість у відсотках гравіметричним методом згідно з ДСТУ ISO 11465. Методом квадратів

відбирають дві проби. Масу проби повітряно-сухого ґрунту $m_{вг}$ в грамах обчислюють за формулою:

$$m_{вг} = 1,65 \times w_{H_2O} + 165 \quad (41)$$

де: w_{H_2O} – відносна вологість на суху масу ґрунту;

1,65 – стала для обчислення маси води у пробі;

165 – маса сухого ґрунту об'ємом 150 см³ за щільності 1,1 г/см³, г.

Приготування поживної суміші

Приготування розчину поживної суміші проводять з розрахунку 50 см³ на один стакан з ґрунтом місткістю 250 см³ для поливу сходів ячменю протягом усього експерименту. Для цього в 5 літрах з дистильованої води розчиняють такі солі:

- амоній фосфорнокислий однозаміщений – 2,03 г;
- амоній азотнокислий – 3,88 г;
- калій азотнокислий – 2,68 г.

Для посіву відбирають насіння ячменю чи вівса зі схожістю не менше 95%. Для пророщування насіння беруть кювету, заповнену добре зволоженим піском. Насіння кладуть на пісок рівномірно, накривають папером і ставлять в приміщенні за температури оточуючого повітря навколишнього середовища $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Процес проростання насіння контролюють кожного дня.

Аналізування

Відібраний для аналізу ґрунт засипають в скляні стакани місткістю 250 см³. Легким постукуванням стакану по поверхні стола, або ж постукуванням шпателю по стінці стакану ущільнюють ґрунт до об'єму 150 см³.

Вирощування рослин відбувається при зволоженні близькому до оптимальних значень, що відповідає таким параметрам вологості ґрунту:

- пісок, супісок – від 10 % до 15 %;
- легкий і середній суглинок – від 15 % до 25 %;
- важкий суглинок, глина – від 25 % до 35 %.

Гранулометричний склад ґрунту визначають за даними лабораторних аналізів згідно з ГОСТ 12536, або ж польовим методом шляхом розкочування вологого ґрунту [2].

Масу води m_v у грамах, необхідну для оптимального зволоження розраховують за формулою:

$$m_v = \frac{w_{opt} - w_{H_2O}}{100} \times 150 \times 1,1 \quad (42)$$

де W_{opt} – оптимальна вологість ґрунту у відповідних параметрах згідно гранулометричного складу, %;

w_{H_2O} – відносна вологість на суху масу ґрунту;

150 – об'єм ґрунту у стакані, см³;

1,1 – щільність ґрунту у стакані, г/см³;

100 – перерахунок із відсотків.

Полив ґрунту до заданого рівня вологості проводять мірним циліндром спочатку поживною сумішшю, а після її витрачення – з дистильованою водою і контролюють по масі стакану з ґрунтом. Зважування проводять на лабораторних вагах загального призначення 4-го класу з найбільшою межею зважування до 500 г з похибкою $\pm 0,038$ г.

Проросле насіння з корінцем не більше половини зернини вибирають і висаджують по 5 штук на стакан в лунки на глибину 0,5 см, пригортаючи насіння ґрунтом. Після висадки насіння стакани накривають листом цупкого паперу для призупинення швидкого висихання ґрунту.

Після появи сходів папір знімають і переносять рослини в стаканах під установку штучного освітлення з інтенсивністю (5000 $\pm$ 500) лк. В центрі установки на рівні травостою ставлять аспіраційний психрометр. Рослини вирощують за кімнатної температури з тривалістю освітлення 16 год. на добу.

Кожного дня проводять контрольні зважування стаканів з похибкою $\pm 0,038$ г. Коли вологозапаси в ґрунті знизяться до нижньої межі оптимального зволоження, яка відповідає (75 $\pm$ 5) % від оптимальної вологості, рослини поливають водою до її оптимальних значень, контролюючи набуту масу зважуванням.

Після появи першого листка дві рослини з п'яти видаляють, залишаючи три найбільш розвинуті.

Кожного ранку і опівдні проводять візуальний огляд стану розвитку рослин. Коли третій лист ячменю або вівсу буде розвиватися до рівня другого, в заготовлених по розміру стакана кружках із кальки прорізають отвори, в які вставляють рослини, а кружки з кальки вкладають на поверхню ґрунту так, щоб краї кальки не торкались ростків. Після цього на кружок насипають пісок рівним шаром товщиною не менше 2 см.

Після засипання кружків піском припиняють полив і контрольне зважування. Як тільки під час спостережень будуть помічені рослини у яких на всіх листках знижений тургор, їх переставляють в ексікатор, де вологість повітря близька до насичення. Ексікатор на ніч накривають ковдрою для усунення різних коливань температури і конденсації парів води всередині ексікатора. Якщо до ранку рослина відновила тургор хоча б на одному листку, стакан з рослиною знову повертають під установку штучного освітлення. Якщо ж до ранку тургор не відновився на жодному листку, тоді ґрунт в цьому стакані досяг вологості стійкого в'янення і стакан в цей же день розбирають.

Рослини зрізують. Знімають пісок, кальку і верхні 2 см ґрунту. Ґрунт, що залишився звільняють від корінців і визначають в ньому вологість,

згідно з ДСТУ ISO 11465, яка відповідає вологості стійкого в'янення рослин.

Зі стаканів беруть аналітичні проби ґрунту масою від 10 г до 15 г, переносять їх в пронумеровані, чисті і попередньо зважені бюкси і накривають кришками. Бюкси з ґрунтом зважують на вагах 1-го класу з похибкою $\pm 0,00015$ г, відкривають кришки і ставлять в нагріту сушильну шафу. Ґрунт висушують до постійної маси за температури (105 ± 2) °С. Висушування і зважування закінчують, коли різниця між повторними зважуваннями не буде перевищувати 0,005 г.

Результати аналізування і розрахунків заносять до таблиці 27.

**27. Форма запису результатів визначення вологості
стійкого в'янення рослин**

№ зразка	№ бюкса	Маса пустого бюкса з кришкою, г	Маса бюкса з кришкою і ґрунтом до висушування, m1, г	Маса бюкса з кришкою і ґрунтом після висушування, m2, г	Маса водив наважці ґрунту m1 - m2, г	Вологість стійкого в'янення рослин w, %

Вологість стійкого в'янення рослин у відсотках визначають за формулою. За результат аналізу приймають середнє арифметичне двох паралельних визначень. Результати обраховують у відсотках до другого десяткового знаку послідовним округленням до першого десяткового знаку.

Допустимі відносні відхилення результатів паралельних визначень від середнього арифметичного за довірчої вірогідності $P=0,95$ складають у відсотках:

- 7- за вологості стійкого в'янення рослин не більше 10 %;
- 5- за вологості стійкого в'янення рослин, більше, ніж 10 %.

4.2.6. Найменша вологоємність

Найменша вологоємність (НВ) — це найбільша кількість капілярно-підвішеної води, яку може утримувати ґрунт після зволоження і вільного стікання гравітаційної води. Терміну НВ відповідають такі терміни: польова вологоємність (ПВ), загальна вологоємність (ЗВ), гранично польова вологоємність (ГПВ). Останній термін особливо широко використовується в агрономічній практиці при меліорації.

НВ залежить головним чином від гранулометричного і хімічного складу ґрунту, його структурності, щільності та пористості. Ґрунти глинистого гранулометричного складу мають більшу величину НВ (350–400 мм/га у метровому шарі), а піщані та супіщані ґрунти меншу (200–250 мм). Ґрунти з добре розвинутою грудочкувато-зернистою структурою мають середні показники НВ – 250–300 мм/га для метрового шару, у безструктурних ґрунтах величина НВ більша. В табл. наведено величини

НВ ґрунтів залежно від гранулометричного складу.

НВ вимірюється у відсотках від маси сухого ґрунту, від об'єму ґрунту, від пористості, в міліметрах і кубічних метрах на 1 га. НВ є важливою характеристикою водних властивостей ґрунту. У природі вона спостерігається після рясних опадів, чи в період сніготанення. При НВ ґрунт містить максимальну кількість води, доступної рослинам. Різниця між НВ і ВВ характеризує діапазон активної води (ДАВ) або максимально можливі запаси доступної води (ММЗДВ). Отже, можна записати таке рівняння:

$$\text{ДАВ} = \text{НВ} - \text{ВВ} \quad (43)$$

де НВ — найменша вологоємність; ВВ — вологість в'янення.

Показники НВ використовують при встановленні зрошувальних норм на зрошуваних землях, а також промивних норм для засолених ґрунтів.

28. Найменша вологоємність верхнього метрового шару ґрунтів різного гранулометричного складу (за Л.П. Розовим)

Гранулометричний склад	Найменша вологоємність, % від пористості		Пористість, % від об'єму ґрунту
	не солонцюваті ґрунти	солонцюваті ґрунти	
Пісок	25–30	—	30–35
Пісок глинистий	30–40	50–60	35–40
Супісок	40–50	60–65	40–45
Суглинок: легкий	50–60	65–75	40–45
середній	60–70	75–85	45–50
важкий	70–80	85–90	45–50
Глина	80–90	90–95	50–60

Норми зрошення визначають за формулою:

$$N = \text{НВ} - W \quad (44)$$

N — норма зрошення, м³; НВ — найменша вологоємність, м³; W — запас води в ґрунті, м³.

Оцінку НВ здійснюють за шкалою Н.А. Качинського (табл. 29).

29. Оцінка найменшої вологоємності ґрунтів

Важкі за гранулометричним складом ґрунти		Легкі за гранулометричним складом ґрунти
НВ, % від маси сухого ґрунту	Оцінка	
20–50	Найкраща	Культурний піщаний ґрунт вірному шарі має вологоємність 20–25%
30–40	Добра	Для польових культур придатні піски з вологоємністю не менше 10%

25–30	Задовільна	Для лісових культур придатні піски з вологоємністю не менше 3–5%
<25	Незадовільна	

4.2.7. Визначення капілярної вологоємності ґрунту

Капілярна вологоємність (КВ) — найбільша кількість капілярно-підпертої води, яка може утримуватись менісковими силами в шарі ґрунту, що знаходиться в межах капілярної торочки.

Величина КВ залежить від гранулометричного складу ґрунту, його структурності, щільності, пористості та положення ґрунтового шару над рівнем підґрунтових вод. Безпосередньо над дзеркалом підґрунтових вод КВ майже не відрізняється від повної вологоємності (ПВ), а на верхній межі капілярної торочки — дорівнює НВ. Тому КВ не визначається однозначно, а являє собою функцію від висоти над рівнем підґрунтових вод.

КВ ґрунту характеризується кривою розподілу вологи в капілярній торочці (КТ), починаючи від дзеркала підґрунтових вод і закінчуючи верхньою межею торочки. Для знаходження капілярної кривої необхідно виконати польові визначення вологості ґрунту до дзеркала підґрунтових вод. При глибокому заляганні КТ, коли коріння рослин до неї не проникає, визначення можна вести майже круглий рік, за винятком періоду стікання гравітаційної води. За умов близького залягання КТ визначення здійснюють тоді, коли з КТ не відбувається помітної десукції вологи і до неї не стікає гравітаційна вода, тобто через місяць після сніготанення, або в кінці осені. Визначення краще проводити на ділянках чистого пару.

Після того, як визначено вологість, яка відповідає КВ, креслять капілярну криву на міліметровому папері і на той же графік накладають криву НВ того самого ґрунту. Точка перетину кривих буде відповідати верхній межі КТ.

4.2.7.1. Лабораторний метод визначення капілярної вологоємності

Визначення проводять у зразках порушеної і непорушеної будови. Зразки ґрунту непорушеної будови відбирають спеціальним буром Некрасова або Качинського безпосередньо на польових ділянках. Для визначення застосовують металеві циліндри висотою 5 або 10 см; об'ємом 100, 200, 500 і 1000 см³ з сітчастим дном.

Перед виходом у поле на сітчасте дно кладуть кружальце фільтрувального паперу, змочують його дистильованою водою, надівають сітку на циліндр і зважують на технічних терезах з точністю до 0,01 г. У полі знімають сітку, циліндр вставляють у буровий патрон і відбирають пробу ґрунту буром на потрібній глибині. Паралельно відбирають пробу для визначення вологості ґрунту.

Після відбору проби циліндр виймають з бурового патрона, закривають кришками і переносять до лабораторії. Обережно знімають нижню кришку, надівають сітку з фільтрувальним папером, знімають другу кришку і зважують циліндр з ґрунтом, папером та сіткою.

Встановлюють циліндр в кристалізатор і наливають воду з таким

розрахунком, щоб вона доходила до краю сітки, але не змочувала ґрунт. Капіляри ґрунту крізь фільтрувальний папір починають поступово заповнюватись водою. Циліндр на цей період накривають кришкою і залишають у такому положенні доки всі капіляри заповняться водою.

Через кожну добу циліндр зважують, поки маса його не буде постійною. Після цього циліндр виймають з кристалізатора, ставлять на фільтрувальний папір на 2–3 хвилини, щоб видалити воду, яка не може утримуватись ґрунтом, обтирають циліндр фільтрувальним папером і зважують.

Розраховують капілярну вологоємність за формулою:

$$KB = \frac{100 \cdot (P_2 - P_3)}{P_3} \quad (45)$$

де KB — капілярна вологоємність, % від маси ґрунту; P_2 — маса ґрунту в циліндрі після насичення, г; P_3 — маса сухого ґрунту в циліндрі, г.

Масу сухого ґрунту розраховують за формулою:

$$P_3 = \frac{100 \cdot P_1}{100 + W} \quad (46)$$

де P_1 — маса ґрунту при польовій вологості, г; W — польова вологість ґрунту, % від маси ґрунту.

4.2.7.2 Визначення капілярної вологоємності порушеного ґрунту та швидкості капілярного підтягування води

Для визначення капілярної вологоємності насипного повітряно-сухого ґрунту вживають скляні трубки довжиною 10–15 см і діаметром 3–4 см, нижній кінець яких обв'язується тканиною (штапелем, батистом).

Хід роботи. Скляну трубку ставлять у фарфорову чашку на 100 см³ і зважують на технічних терезах. Це маса тари. Наповнюють трубку повітряно-сухим ґрунтом (для рівномірного заповнення трубки слід постукувати по її стінках). Наповнену ґрунтом трубку разом з чашкою знову зважують. Це буде маса тари + повітряно-сухий ґрунт.

На дно чашки наливають води так, щоб вона вкрила нижній кінець трубки на 2–3 мм. Воду в чашку доливають в міру її вбирання ґрунтом. Після заповнення капілярів ґрунту водою надлишок її виливають з чашки і ґрунт разом з тарою зважують. Одержують масу тари і ґрунту, капіляри якого заповнені водою.

Капілярну вологоємність (КПВ) обчислюють у процентах на повітряно-сухий ґрунт.

$$КПВ = \frac{B - Б}{Б - А} \cdot 100 \quad (47)$$

(А — маса пустого, заздалегідь зваженого бюкса, г; Б — маса тари + повітряно-сухий ґрунт, г; В — маса тари + ґрунт, капіляри якого заповнені водою, г; Б-А — наважка повітряно-сухого ґрунту, г; В-Б — маса капілярної води, г).

Визначення капілярної вологоємності буде більш точним, якщо розрахунок проводять на абсолютно сухий ґрунт: з ґрунту, капіляри якого заповнені водою, беруть середній зразок, висушують при температурі 104–105°C до постійної маси і обчислюють капілярну вологоємність у

процентах на абсолютно сухий ґрунт.

Одночасно можна визначити швидкість підняття води в досліджуваному ґрунті: заміряти висоту стовпа ґрунту в скляній трубці (см) і замітити час (хв.), протягом якого вода піднімається по капілярах ґрунту; розділивши шлях, який вода пройшла по капілярах ґрунту, на час, одержимо швидкість капілярного підняття води.

4.2.8. Визначення повної вологості ґрунту

Повна вологості ґрунту визначається тією кількістю води, яку може вмістити ґрунт в стані повного насичення водою. Досягти такого стану можна тільки при створенні умов, які усувають відтік води з ґрунту.

У стані повної вологості всі пори і пустоти як всередині агрегатів, так і між ними заповнені водою. В зв'язку з цим величина повної вологості є в прямій залежності від пористості, отже, від структури ґрунту та гранулометричного складу.

Хід роботи. Скляну трубку, нижній кінець якої обв'язаний тканиною (штапелем, батистом), кладуть у фарфорову чашку на 100 см³ і зважують на технічних терезах. Це буде маса тари. Заповнюють трубку повітряно-сухим ґрунтом так, щоб незаповненими лишилися 1,5–2,0 см. Зважують трубку з повітряно-сухим ґрунтом і чашкою. Це буде маса тари + повітряно-сухий ґрунт. Трубку з повітряно-сухим ґрунтом кладуть у стакан і наливають в нього стільки води, щоб вона була на одному рівні з ґрунтом у трубці. Зверху трубку прикривають склом. Слід пам'ятати, що для повного насичення водою різних ґрунтів і горизонтів одного й того ж ґрунту потрібен різний час (від однієї до трьох діб).

Після повного насичення водою трубку з ґрунтом виймають зі стакана, швидко переносять у фарфорову чашку і зважують. Це буде маса тари + ґрунт, повністю насичений водою.

Обчислюють повну вологості (ПВ) у процентах до наважки повітряно-сухого ґрунту.

$$ПВ = \frac{В-Б}{Б-А} \cdot 100 \quad (48)$$

(А — маса тари, г; Б — маса тари + повітряно-сухий ґрунт, г; В — маса тари + ґрунт, повністю насичений водою, г; Б-А — наважка повітряно-сухого ґрунту, г; В-Б — маса води, г).

4.3. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ВОЛОГОСТІ ТА ВОДНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ

Дані про вміст води в ґрунті самі по собі ще не дозволяють робити висновки про забезпеченість рослин водою. Вони лише характеризують зміни вмісту води в просторі та часі. Практичного значення набувають, коли аналізуються разом з водно-фізичними властивостями ґрунту.

Відомо, що не вся вода, яка міститься у ґрунті, доступна рослинам. Тому в агрономічному плані практичне значення має лише запас продуктивної води, яка може бути засвоєна рослинами. **Продуктивною водою** називають всю кількість води у ґрунті зверху вологості в'янення. Тільки при наявності її рослини можуть рости. Розраховують вміст продуктивної води у ґрунті за формулою:

$$W_{\text{пр}} = W_t - W_{\text{вв}} \quad (49)$$

де $W_{\text{пр}}$ — запас продуктивної вологи в ґрунті, мм; W_t — загальний запас води в ґрунті на даний момент, мм; $W_{\text{вв}}$ — запас води в ґрунті, який відповідає вологості в'янення, мм.

Найвищому зволоженню ґрунту в польових умовах відповідає найменша вологості. Тому різниця між НВ і ВВ буде відповідати максимально можливим запасам продуктивної вологи (ММЗПВ) у ґрунті. Такий вміст води називають діапазоном активної вологи (ДАВ):

$$\text{ДАВ} = \text{НВ} - \text{ВВ} \quad (50)$$

Проте в діапазоні від ВВ до НВ не вся волога однаково легко засвоюється рослинами. Найбільш доступною вважається вода в діапазоні від ВРК до НВ, а в діапазоні від ВВ до ВРК вона менш доступна. Це слід враховувати при розрахунках норм вегетаційних поливів.

Практичне значення має показник дефіциту вологи (ДВ) у ґрунті. Під дефіцитом вологи в ненасичених водою ґрунтах розуміють різницю між НВ і фактичною вологістю в даний момент (W_t):

$$W_{\text{ДВ}} = W_{\text{НВ}} - W_t \quad (51)$$

Сумарний дефіцит для шарів 0–50 або 0–20 см — основа для розрахунків разової кількості води, яку подають для зрошення. Поливна норма не повинна перевищувати ДВ, щоб не спричинити втрат води з гравітаційним стоком, особливо при близькому заляганні соленосних горизонтів і мінералізованих ґрунтових вод.

На практиці ДВ по шарах розраховують за формулою:

$$W_{\text{ДВ}} = W_{\text{НВ}} - W_t \cdot h \cdot d_v \quad (52)$$

де $W_{\text{ДВ}}$ — дефіцит вологи, т/га; $W_{\text{НВ}}$ — найменша вологості ґрунту, % від маси ґрунту; W_t — польова вологість, % від маси ґрунту; h — розрахунковий шар ґрунту, см; d_v — щільність розрахункового шару ґрунту, г/см³.

Розрахунок норми поливу здійснюють за формулою:

$$H_{\text{п}} = W_{\text{ДВ}} \cdot h \cdot d_v \quad (53)$$

де $H_{\text{п}}$ — норма поливу, т/га; h — розрахунковий шар ґрунту, см; d_v — щільність розрахункового шару ґрунту, г/см³.

Важливою агрономічною характеристикою є запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту на період посіву культур, а в подальшому в метровому шарі, де розміщується до 90–95% коренів сільськогосподарських культур. Тому спочатку розраховують запаси продуктивної вологи по шарах 0–10 см до глибини 1 м за формулою:

$$W_{\text{пр}} = \frac{(W_t - W_{\text{вв}}) \cdot h \cdot d_v}{10} \quad (54)$$

де $W_{\text{пр}}$ — запас продуктивної вологи, мм; W_t — польова вологість на даний момент часу, % від маси ґрунту; $W_{\text{вв}}$ — вологість в'янення, % від маси ґрунту; h — розрахунковий шар, см; d_v — щільність розрахункового шару, г/см³.

Далі встановлюють запаси продуктивної вологи в орному (0–20 см) і метровому (0–100 см) шарі ґрунту за формулами:

$$\sum W_{\text{пр}} = W_{0-10} + W_{10-20} \quad (55)$$

$$\sum W_{\text{пр}} = W_{0-10} + W_{10-20} + \dots + W_{90-100} \quad (56)$$

Оцінка запасів продуктивної вологи в ґрунті здійснюють за шкалою (табл. 30).

30. Оцінка запасів продуктивної вологи у ґрунті
(Л.Ф. Вадюніна, З.А. Корчагіна, 1986)

Вміст води, мм	Оцінка запасів продуктивної вологи
У шарі 0–20 см	
>40	Добра
40–20	Задовільна
<20	Незадовільна
У шарі 0–100 см	
>160	Дуже добра
160–130	Добра
130–90	Задовільна
90–60	Низька
<60	Дуже низька

Кількість продуктивної вологи визначає тип клімату ґрунту в період вегетації рослин (табл. 31), який є провідним фактором їх продуктивності.

31. Схема типізації клімату ґрунту (за А.М. Шульгіним)

Запас продуктивної вологи, мм		Клімат ґрунту
в орному шарі	в метровому шарі	
>50	>200	Надлишково-вологий
30–50	150—200	Вологий
20–30	100—150	Помірно вологий
10–20	50—100	Недостатньо вологий
<10	<50	Сухий

В агрономічній практиці треба не лише констатувати наявність вологи у ґрунті, а вміти прогнозувати її запаси на відповідний період. Л.А. Разумова (1971) розробила методику прогнозу запасів продуктивної вологи в 1 м шарі ґрунту на початок весняно-польових робіт. Вона ґрунтується на залежності весняних запасів вологи у ґрунті від запасів вологи восени (W_{oc}) та кількості опадів (r) за осінньо-зимовий період.

Зміни запасів продуктивної вологи протягом зимового періоду описуються такими рівняннями: для районів зі стійкою зимою:

$$\Delta W = 0,115 \cdot r + 0,56 \cdot d - 20 \quad (57)$$

для районів з нестійкою зимою:

$$\Delta W = 0,21 \cdot r + 0,62 \cdot d - 33 \quad (58)$$

де ΔW — зміни запасів продуктивної вологи в метровому шарі за період від дати останнього визначення вологості ґрунту восени до дати переходу температури повітря через 5°C навесні, мм; r — кількість опадів за даний період, мм; d —дефіцит вологості ґрунту восени, мм.

Очікувані запаси продуктивної вологи у ґрунті навесні будуть дорівнювати:

$$W_{\text{вс}} = W_{\text{oc}} + \Delta W \quad (59)$$

При інтерпретації даних щодо вологості ґрунту, важливе значення має характер представлення. Результати великого числа визначень вологості, якими супроводжуються більшість польових дослідів, часто представляють у формі громіздких таблиць, які важко читаються. Тому, поряд з табличною формою подачі матеріалів (коли кількість визначень незначна), застосовують відповідні способи графічного зображення даних: профільні криві, хроно- і топоізоплети вологості, графіки динаміки вологозапасів тощо.

Розділ 5. ОРГАНІЧНА РЕЧОВИНА ҐРУНТУ ТА МЕТОДИ ЇЇ ВИЗНАЧЕННЯ

5.1. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ГУМУСУ

Гумусом називають складний динамічний комплекс органічних високомолекулярних сполук кислотної природи, які утворилися внаслідок процесів розкладу та гуміфікації органічних решток і вступили у тісний взаємозв'язок з мінеральними компонентами ґрунту.

Роль гумусу у процесі ґрунтоутворення велика і багатогранна. Збагаченість ґрунту органічними речовинами є показником його природної родючості. В гумусі міститься близько 97–99% усіх запасів азоту, 80 – сірки, 60% – фосфору.

У процесі життєдіяльності рослин і мікроорганізмів, утворенні та мінералізації гумусу відбувається мобілізація елементів мінерального живлення, які переходять у доступні форми, накопичуються у верхніх горизонтах ґрунту. Тому чим більший вміст гумусу у ґрунті, тим вища продуктивність рослин.

Якщо кількість елементів живлення в ґрунті можна регулювати внесенням мінеральних добрив, то такі властивості ґрунту, як буферність, вбирна здатність, біохімічна активність і багато інших залежать від вмісту гумусу. Ґрунти з високим вмістом гумусу стійкі до ущільнення сільськогосподарськими машинами і знаряддями, добре захищені від водної ерозії та дефляції. В ґрунтах, збагачених гумусом, посилюються біологічні процеси, поліпшуються фізичні властивості, що забезпечує створення сприятливих водного і повітряного режимів. Багатогранний зв'язок гумусу з багатьма властивостями і родючістю ґрунту ставить його у ряд основних показників оцінки родючості.

За Д.С. Орловим, Л.О. Гришиною (1981), в ґрунті доцільно розрізняти три складові частини: неорганічні і органічні речовини та живі організми. Останні знаходяться у тісному і постійному взаємозв'язку, утворюючи складні системи. Такий розподіл актуальний тому, що дає змогу обґрунтувати методи аналізу та більш чітко уявити співвідношення між найважливішими групами речовин, які входять до складу гумусу.

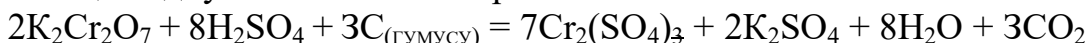
У дослідженнях визначають як сумарний вміст, так і окремі групи гумусових речовин. У розділі наведено методики визначення загального вмісту гумусу, його якісного складу, показників гумусного стану ґрунту,

методи розрахунку запасів енергії в гумусі та його балансу в сівозмінах, які найчастіше застосовуються в агрономічній практиці.

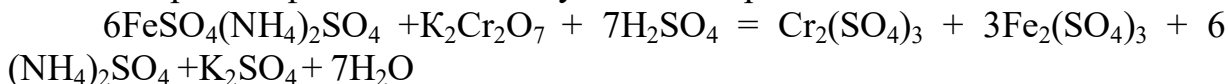
5.1.1. Визначення вмісту гумусу за методом Тюріна

Суть методу полягає в окисненні вуглецю гумусу 0,4 н розчином біхромату калію ($K_2Cr_2O_7$), приготовленого на концентрованій сірчаній кислоті (щільність 1,84), розведений у воді в об'ємному співвідношенні 1:1. Для окислення гумусу **В** до наважки ґрунту приливають надлишок розчину хромової суміші, що необхідно для повного окислення вуглецю органічних сполук. Кількість кисню, витраченого на окислення вуглецю гумусу, визначають за різницею між кількістю хромової суміші, взятої для окислення, і її надлишком, який не використано.

Реакція відбувається за таким рівнянням:



Надлишок кисню, не витраченого на окислення вуглецю гумусу, визначається за окисненням солі закису заліза, яка входить до складу солі Мора $[FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \times 6H_2O]$. Реакція зворотного титрування сіллю Мора з індикатором дифеніламіном відбувається за рівнянням:



Даним методом не можна визначити гумус у ґрунтах, засолених хлоридами, **В** містять закисне залізо і велику кількість марганцю, бо результати аналізу будуть завищені. Наявність у ґрунті карбонатів не заважає визначенню гумусу.

Підготовка зразка до аналізу. При підготовці ґрунту до аналізу особливу увагу слід звернути на відбір з ґрунту корінців та інших різних органічних решток рослинного і тваринного походження.

З відібраного в полі і доведеного до повітряно-сухого стану зразка взяти середню пробу масою приблизно 50 г. Пінцетом ретельно відібрати корінці та видимі оком органічні рештки. Подрібнити грудки ґрунту і повторити операцію відбору корінців, застосовуючи лупу.

Розтерти ґрунт в агатовій ступці, середню пробу масою 5 г пропустити крізь сито з отворами діаметром 1 мм і знову відібрати корінці, використовуючи скляну паличку, натерту суконною або вовняною тканиною.

При відборі корінців необхідно кілька разів перемішати ґрунт, одразу розподіляючи його тонким шаром на скляній платині. Очищений від органічних решток ґрунт слід знову розтерти в ступці і просіяти крізь сито з отворами 0,25 мм. Частки ґрунту, які важко розтираються, відкидати не можна.

Хід аналізу. На торсійних або аналітичних терезах беруть наважку ґрунту. Залежно від передбачуваного вмісту гумусу маса наважки коливається від 0,05 до 1г.

В.В. Пономарьова, Т.О. Плотнікова (1975) рекомендують брати такі наважки (табл. 32).

32. Наважки ґрунту залежно від передбачуваного вмісту гумусу

Передбачуваний вміст гумусу, %	Наважка ґрунту, г
<1	1,0
1–2	1,0–0,5
2–4	0,5–0,2
4–7	0,2–0,15
7–10	0,15–0,10
10–15	0,10–0,05

При визначенні розміру наважки слід звертати увагу на забарвлення ґрунту. За даним критерієм наважки можуть бути такими (табл. 33).

**33. Наважки ґрунту для визначення гумусу
залежно від його забарвлення**

Забарвлення ґрунту	Наважка ґрунту, г
Темно-сіре	0,1
Сіре	0,2
Ясно-сіре	0,3
Бурувато-сіре	0,5
Буре	0,7
Білувате	1,0

У лісових підстилках або оторфованих горизонтах, де вміст вуглецю перевищує 10%, наважку не зменшують, але застосовують більший об'єм окислювача.

Наважку ґрунту висипають у конічну колбу місткістю 100 мл. З бюретки повільно, рівномірно, по краплях приливають 10 мл 0,4 н розчину хромової суміші. Для запобігання розбризкування треба щоб краплі стікали по стінці колби.

Колбу закривають лійкою і ставлять на попередньо нагріту плитку під витяжною шафою. З моменту появи бульбочок газу розчин повинен кипіти помірно протягом рівно 5 хв. Дотримання часу кип'ятіння – обов'язкова умова для одержання правильних результатів.

Якщо при кипінні розчин хромової суміші позеленів, треба повторити визначення, зменшивши наважку ґрунту або збільшивши об'єм хромової суміші, взятої для окислення. Після закінчення кип'ятіння колбу знімають з плитки і охолоджують у витяжній шафі. Лійку, а також стінки колби змивають дистильованою водою з промивалки, витративши для цього 25–30 мл води.

Розчин переносять через лійку в конічну колбу місткістю 250 мл, змивають декілька разів дистильованою водою до об'єму 100–150 мл. До розчину додають 10 крапель 85%-ної ортофосфорної кислоти і стільки ж крапель дифеніламіну, все ретельно перемішують і титрують 0,2 н розчином солі Мора.

Темне червоно-буре забарвлення розчину при титруванні поступово переходить в інтенсивно синє, а потім у брудно-фіолетове. З цього моменту титрують обережно, по одній краплі, ретельно перемішуючи вміст колби.

Кінець титрування визначають при зміні брудно-фіолетового забарвлення розчину на темно-зелене. Яскраво-зелене забарвлення вказує,

що розчин перетитровано і результати будуть невірні. Після завершення титрування відмічають кількість мілілітрів солі Мора, затраченої на титрування.

Паралельно проводять холосте визначення. Всі операції виконують, як і при аналізі ґрунту, лише замість наважки ґрунту в колбу беруть на кінчику тонкого шпателя трошки прокаленої пемзи, піску або лесу для рівномірного кипіння.

Сіль Мора – це розчин закисного заліза, яке легко піддається окисленню киснем повітря. Тому його слід тримати в добре закритих склянках і через 1–2 доби перевіряти його концентрацію титруванням 10 мл солі Мора 0,05 н розчином перманганату калію (KMnO_4), приготовленого з фіксаналу.

Гумус у ґрунтах слід визначити за методом Тюріна в двох повторностях. Найбільш достовірні результати отримують тоді, коли різниця між холостим і дослідним титруванням буде не менше 3–4 і не більше 8–10 мл 0,2 н розчину солі Мора. При порушенні цього правила слід змінити наважку ґрунту. Тоді при вірному визначенні у першому випадку наважку ґрунту треба збільшити у 2–3 рази, а в другому – зменшити у 1,5–2 рази.

5.1.2. Визначення гумусу методом Тюріна в модифікації Сімакова

При визначенні гумусу В.М. Сімаков запропонував при титруванні хромової суміші розчином солі Мора використовувати як індикатор фенілатранілову кислоту. Це прискорює визначення гумусу і полегшує процес титрування. В даній модифікації методу концентрація сірчаної кислоти повинна бути 15-20 н, тому рідина не потребує значного розбавлення і титрування здійснюють у тих же колбах, в яких проводили спалювання.

Хід аналізу. Спалювання органічної речовини ґрунту проводять за методом Тюріна в конічних колбах на 100 мл з такими ж реактивами. Вміст колб доводять до кипіння і кип'ятять 5 хв., знімають з плитки і охолоджують. Змивають лійку над колбою з промивалки дистильованою водою, витративши її приблизно 30–40 мл.

Додають у колбу 3–5 крапель 0,2%-ного розчину фенілатранілової кислоти. Титрують вміст колби 0,2 н розчином солі Мора до переходу забарвлення з вишнево-фіолетового в зелене. Розчин солі Мора в кінці титрування додають по краплях.

Одночасно з основним проводять холосте визначення для встановлення співвідношення між розчином хромової суміші і розчином солі Мора.

Приклад розрахунку. Наважка повітряно-сухого ґрунту 0,2638 г, KH_2O – 1,02, кількість 0,4 н розчину хромової суміші, взятої для окислення гумусу ґрунту 10 мл, на холосте титрування витрачено 23,8 мл 0,2 н розчину солі Мора, на дослідне титрування — 14,7 мл; К солі Мора 0,98.

За шкалою гумусного стану (табл. 34) рівень гумусованості ґрунту слід оцінити як низький.

34. Показники гумусового стану ґрунтів (за Л.О. Гришиною, Д.С. Орловим)

Ознака	Рівень	Межі значень
1	2	3
Вміст гумусу, %	Дуже високий Високий Середній Низький Дуже низький	>10 6–10 4–6 2–4 <2
Запаси гумусу в шарі: 20 см / 100 см, т/га	Дуже високі Високі Середні Низькі Дуже низькі	>200 / >600 150–200 / 400–600 100–150 / 200–400 50–100 / 100–200 <50 / <100
Ступінь гуміфікації органічної речовини, $C_{гк} / C_{фк} \cdot 100$, %	Дуже високий Високий Середній Слабкий Дуже слабкий	>40 30–40 20–30 20–10 <10
Тип гумусу, $C_{гк} / C_{фк}$	Гуматний Фульватно-гуматний Гуматно-фульватний Фульватний	2 1–2 0,5–1 0,5

У сучасній практиці дослідження ґрунтів загальний вміст гумусу чи органічної речовини в ґрунтах оцінюють за вмістом у них органічного вуглецю, тобто загального вуглецю гумусу. Для цієї мети цілком придатні обидві розглянуті тут модифікації методу Тюріна.

Для розрахунку вмісту гумусу в мінеральних ґрунтах за вмістом у них органічного вуглецю слід пам'ятати, що умовно прийнято вміст С в гумусі за 58%. Ділення 100% на 58% дає коефіцієнт перерахунку вмісту органічного вуглецю в гумус, який дорівнює 1,724. Отже,

$$\text{Гумус, \%} = 1,724 \times C_{\text{орг}}, \% \quad (63)$$

Розрахунки запасів гумусу

Запаси гумусу потрібно знати для загальної характеристики ґрунту, оцінки його родючості як одного з основних критеріїв бонітування ґрунтів і т.д. Розрахунок запасів виконують за формулою:

$$M = a \cdot h \cdot d_v \quad (64)$$

де M – запас гумусу в шарі, т/га; a – вміст гумусу в шарі, %; d_v – щільність складення, г/см³; h – глибина шару, см.

Приклад розрахунку. Вміст гумусу 3,57%, щільність ґрунту 125 г/см³, глибина орного шару 20 см.

За формулою розраховуємо запаси гумусу в ґрунті:

$$M = 3,57 \times 1,25 \times 20 = 89,2 \text{ т/га} \quad (65)$$

За шкалою гумусового стану запаси гумусу в орному шарі слід оцінити як низькі.

Сумарний запас гумусу для більш глибоких шарів розраховують за формулою:

$$M = (a_1 \cdot h_1 \cdot d_{v1}) + (a_2 \cdot h_2 \cdot d_{v2}) + \dots + (a_n \cdot h_n \cdot d_{vn}) \quad (66)$$

де a_1 – відповідно вміст гумусу, %; d_{v2} - щільність ґрунту, г/см³; h_1 - глибина, см для першого шару; a_2, h_2, d_{v2} – теж саме для другого шару і т.д.

Середній вміст гумусу в ґрунтовій товщі розраховують як середньозважений:

$$M_c = \frac{a_1 h_1 + a_2 h_2 + \dots + a_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n} = \frac{\sum a_n \cdot h_n}{\sum h_n} \quad (67)$$

M_c – середній вміст гумусу в ґрунтовій товщі, %; a_1 - a_n – вміст гумусу в окремих горизонтах, %; h_1 - h_n - глибини окремих горизонтів, см.

Обладнання, посуд і реактиви: торсійні або аналітичні терези. Електрична плитка. Скляна пластинка. Скляна паличка. Шпатель. Лупа і пінцет. Агатова ступка з товкачиком. Сита з отворами 1,0 і 0,25 мм. Сухі колби на 100 мл. Колби конічні на 250 мл. Лійка. Промивалка з дистильованою водою. Бюретка зі скляним краном. Бюретка із затискачем. Розчин 0,4н дихромату калію. Розчин 0,2н солі Мора. Індикатори дифеніламін або фенілантранілова кислота.

5.1.3. Розрахунки запасів енергії в гумусі за С.А. Алієвим

Виходячи з праць І.В. Тюріна, котрий встановив, що 1 моль кисню при окисленні органічної речовини відповідає 52-56 кал, С.А. Алієв (1978) запропонував розраховувати запаси енергії в гумусі Q_r (млн. ккал/га) за формулою:

$$Q_r = \frac{(a-b) \cdot 2,675 \cdot 10 \cdot h \cdot d_v}{P} \quad (68)$$

де $(a-b)$ – кількість 0,1 н розчину хромової суміші, яка витрачена для окислення і гумусу, мл; P - наважка ґрунту, г; 10 - коефіцієнт для перерахунку в К млн. ккал/га; h - глибина шару ґрунту, м; 2,675 - кількість кал/г, яка відповідає Y витратам 1 см³ 0,1 н розчину хромової суміші; d_v – щільність ґрунту, г/см.

Якщо обчислення здійснюють для профілю ґрунту або його частини з декількох генетичних горизонтів, то розрахунки виконують роздільно для кожного шару або горизонту, в межах якого зберігаються постійними щільність і вміст гумусу. Потім знайдені величини підсумовують.

Знаючи вміст загального вуглецю або гумусу в ґрунті, запаси енергії розраховують за формулами:

$$Q_r = 517,2 \cdot \Gamma \cdot h \cdot d_v \quad (69)$$

де $C_{\text{заг}}$ – вміст загального вуглецю в ґрунті, %; Γ — вміст гумусу в ґрунті, % від g ; маси ґрунту; h - глибина шару, м; d_v - щільність ґрунту, г/см³.

Підхід С.А. Алієва є дуже важливим для проведення балансових розрахунків кількості біологічно доступної енергії в ґрунті. У 1973 р. він запропонував таку формулу розрахунку теплоти згорання органічних речовин за їх атомарним складом:

$$Q = 90 \cdot C + 34 \cdot H - 5 \cdot O + (0,87 \cdot O - 4 \cdot N), \text{ кал/г} \quad (70)$$

де С, Н, О, N – вміст відповідного елемента в органічній речовині, %.

Користуючись цією формулою і знаючи елементний склад гумусу чи окремих його компонентів, вдалося встановити, що теплота згорання гумінових кислот становить 4370–5100 кал/г, фульвокислот – 4520, гумінів 4050–4520 кал/г. Для гумусу в середньому теплота згорання становить 5500 кал/г.

5.1.4. Визначення показника реакційної здатності гумусу за М.І. Лактіоновим

Показник реакційної здатності гумусу (ПРЗГ) характеризує кількісні і якісні зміни та їх взаємозв'язок зі змінами агрономічних властивостей в окультурених ґрунтах.

В останніх порушується корелятивна залежність між вмістом гумусу і місткістю вбирання. Як правило, зміни величини місткості вбирання відстають від змін вмісту гумусу, тобто внаслідок окультурення ґрунту поліпшується якість гумусу, компенсуючи його втрати. Взявши це положення за основу, запропоновано засіб оцінки реакційної здатності гумусу в орному шарі окультурених ґрунтів.

Суть методу полягає у визначенні величини місткості катіонного обміну, яка відповідає вмісту 1% гумусу в ґрунті. Встановлено, що ПРЗГ відображає зміни агрономічної якості гумусу в окультурених ґрунтах залежно від тривалості та характеру їх сільськогосподарського використання, рівня культури землеробства, агрофонів і меліоративних заходів. Даний показник можна застосовувати і як порівняльне значення ступеня окультурення ґрунтів.

Прикладом можуть служити дані про зміну ПРЗГ в орному шарі чорнозему типового Миронівського НДІ селекції і насінництва пшениці де тривалий час застосовували різні системи удобрення (табл. 35).

35. Реакційна здатність гумусу чорноземів типових, мг-екв/100 г ґрунту Миронівського стаціонару в шарі 0–20 см (за М.І. Лактіоновим)

Система удобрення			
Без добрив	органічна	мінеральна	органо-мінеральна
12,6	11,6	14,8	12,3

Хід визначення. Визначається вміст гумусу (%) у зразках з орного шару ґрунту за методом Тюріна.

За результатами визначення вмісту суми обмінних основ і гідролітичної кислотності обчислюють місткість катіонного обміну ґрунту, або визначають її за спеціальною методикою.

Розраховують ПРЗГ шляхом ділення величини місткості катіонного обміну (мг-екв на 100 г ґрунту) на вміст гумусу (%) в досліджуваних зразках ґрунту. Не рекомендується визначати ПРЗГ в орному шарі ґрунтів, які містять менше 2,0% гумусу.

Розділ 6. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ

6.1. КАТІОНООБМІННА ЗДАТНІСТЬ ҐРУНТУ

Матеріальним носієм катіоннообмінної здатності ґрунтів є **ґрунтовий вбирний комплекс (ГВК)**, який являє собою сукупність мінеральних, органічних і органо-мінеральних колоїдних компонентів твердої фази ґрунту, які володіють іонообмінною здатністю.

За К.К. Гедройцем катіони, які містяться у ГВК і здатні до обмінних реакцій із катіонами ґрунтового розчину, називаються **увібраними** або **обмінними**. До обмінних катіонів ґрунту належать: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ , Al^{3+} та інші.

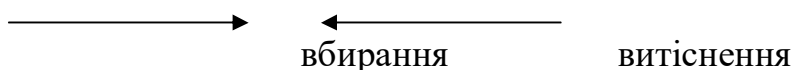
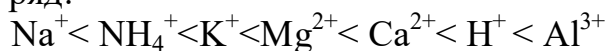
Основні закономірності обмінних реакцій полягають у наступному:

1. Будь-який катіон, увібраний ГВК, може бути витіснений іншим катіоном, тобто обмінні реакції зворотні.

2. Обмін катіонів з розчинів нейтральних солей відбувається дуже швидко і в еквівалентних відношеннях.

3. У міру підвищення концентрації катіона-витискувача збільшується кількість витісненого з ГВК катіона, але не пропорційно збільшенню концентрації розчину, а в меншій мірі.

4. Енергія вбирання і витіснення катіонів обумовлена їх зарядом і величиною гідратної оболонки, і найбільш поширені в ґрунті катіони розміщуються у такий ряд:



Від складу обмінних катіонів залежить ряд агрономічно важливих властивостей ґрунту: пептизованість і агрегованість, характер і ступінь закріплення органічної речовини твердою фазою, утворення органо-мінеральних сполук, кислотно-лужна та інші види буферності, стійкість ґрунтів проти дії кислих опадів та інші. Обмінні катіони є джерелом поживних речовин для рослин.

Ґрунти, насичені кальцієм, мають реакцію, близьку до нейтральної, підвищену буферну здатність проти підкислення, їх колоїди утворюють стійкі непептизовані у воді гелі, що сприяє утворенню агрономічно-цінної водотривкої структури. Вони набувають добрих водно-фізичних, фізико-механічних та технологічних властивостей, легко піддаються обробітку.

У ґрунтах, де в складі обмінних катіонів багато обмінного натрію, відмічається лужна реакція, пептизовані тонкодисперсні колоїди не утворюють агрономічно-цінних водотривких агрегатів, збільшується здатність до набрякання і прилипання, погіршуються водні властивості. Такі ґрунти у вологому стані утворюють ґрунтову кірку і дуже щільні, майже непроникні для повітря брили важко обробляються.

Ґрунти, які містять велику кількість обмінних водню та алюмінію, мають кислу реакцію, містять мало органічної речовини, переважно слабо- або безструктурні, погано забезпечені елементами живлення.

Кожному ґрунту властиві певні обмінні катіони. Наприклад, у складі обмінних катіонів чорноземів та каштанових ґрунтів переважають Ca^{2+} і Mg^{2+} ; дерново-підзолистих – H^+ і Al^{3+} ; солонцях – Na^+ ; болотних ґрунтів – Fe^{3+} . У кожній із згаданих ґрунтових відмін поряд з основними містяться й інші катіони. Наприклад, у чорноземах – K^+ , Na^+ , H^+ ; дерново-підзолистих ґрунтах – Ca^{2+} , Mg^{2+} ; солонцях – Ca^{2+} , Mg^{2+} та інші.

Важливим показником ГВК і ґрунту в цілому є місткість катіонного обміну (МКО), яка характеризується загальною сумою увібраних катіонів, здатних до обмінних реакцій. Цей показник відображає величину вбирної здатності ґрунту. Вимірюється у мг-екв на 100 г ґрунту і позначається індексом – E_0 .

У ґрунтах величина МКО коливається залежно від типу ґрунту, його мінералогічного і гранулометричного складу, вмісту і складу колоїдів, наявності органічної речовини, реакції середовища та інших факторів.

У різних ґрунтах величина МКО змінюється у широких межах – від 1–10 мг-екв у дерново-підзолистих піщаних ґрунтах до 50–60 мг-екв у чорноземах важкосуглинкових та глинистих, а в торф'яних горизонтах болотних величина її досягає 100–200 мг-екв на 100г ґрунту.

Дуже важливим є співвідношення у ГВК між обмінними катіонами H^+ , Al^{3+} та Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ . Перші характеризують потенціальну кислотність ґрунту, а другі – суму увібраних основ.

Отже, можна записати:

$$E_0 = H_{\Gamma} + S \quad (71)$$

Сума увібраних основ визначається як загальна кількість катіонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , які витісняються з некарбонатних і незасолених ґрунтів. Кількісно вона може співпадати з місткістю катіонного обміну ($S = E_0$), але суттєво відрізнятися. В більшості ґрунтів $E_0 > S$. Групування ґрунтів за сумою увібраних основ наведено в таблиці 36.

36. Групування ґрунтів за сумою увібраних основ

Сума увібраних основ	Вміст обмінних Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , мг-екв на 100 г ґрунту
Дуже низька	<5,0
Низька	5,1–10,0
Середня	10,1–15,0
Підвищена	15,1–20,0
Висока	20,1–30,0
Дуже висока	>30,0

Велике агрономічне значення має вміст у ґрунті обмінних катіонів кальцію і магнію. За вмістом цих елементів ґрунти поділяються на 6 груп (табл. 37).

37. Групування ґрунтів за вмістом обмінних кальцію та магнію

Вміст елементів	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	мг-екв на 100 г ґрунту	
Дуже низький	0–2,5	0–0,5
Низький	2,6–5,0	0,6–1,0
Середній	5,1–10,0	1,1–2,0
Підвищений	10,1–15,0	2,1–3,0
Високий	15,1–20,0	3,1–4,0
Дуже високий	>20,0	>4,0

Залежно від вмісту обмінних H⁺ і Al³⁺ (гідролітична кислотність) ґрунти поділяють на дві великі групи: ґрунти, **насичені основами**, і ґрунти, **ненасичені основами**. Насичені ґрунти основами не містять обмінних H⁺ і Al³⁺, в них обмінні катіони представлені лише основами, кількість яких відповідає МКО. Це переважно степові ґрунти: чорноземи звичайні і південні, каштанові ґрунти, солонці і солончаки, а також ґрунти різних зон, сформовані за участю мінералізованих ґрунтових вод або на карбонатних ґрунтоутворних породах.

Ґрунти, не насичені основами, містять обмінні H⁺ і Al³⁺, в них завжди S < E_o. До даної групи входять: підзолисті, дерново-підзолисті, сірі лісові, болотні ґрунти, а також чорноземи опідзолені та вилугувані.

При вирішуванні питань вапнування ґрунтів треба знати не лише кількісний склад увібраних катіонів. Важливим показником є ступінь насиченості ґрунтів основами. Тобто показник, який показує в якій мірі ГВК насичений основами. Розраховують його за формулою Д. Хиссинка:

$$V = \frac{S}{E_o} \text{ або } V = \frac{S}{H_r + S} \times 100 \quad (72)$$

де V – ступінь насиченості ґрунту основами, % від МКО; S – сума увібраних основ, мг-екв на 100 г ґрунту; E_o – місткість катіонного обміну, мг-екв на 100 г ґрунту; H_r – гідролітична кислотність, мг-екв на 100 г ґрунту; 100 – коефіцієнт для перерахунку в проценти.

За ступенем насиченості ГВК основами ґрунти поділяють на 5 груп (табл. 38).

38. Групування ґрунтів за ступенем насиченості основами

Ступінь насиченості основами	Відсоток насиченості
Дуже низький	< 30
Низький	30,1–50,0
Середній	50,1–70,0
Підвищений	70,1–90,0
Високий	>90

Визначення складу обмінних катіонів, суми увібраних основ, місткості катіонного обміну, солонцюватості та кислотності є методом дослідження катіонообмінної (вбирної) здатності ґрунтів.

Місткість катіонного обміну визначають з метою виявлення величини ГВК, за якою судять про наявність колоїдів у ґрунті. В карбонатних і гіпсоносних ґрунтах визначення МКО – єдиний надійний метод дослідження їх вбирної здатності. При дослідженні солонців і солонцюватих ґрунтів визначають вміст обмінного натрію і МКО; у кислих ґрунтах, крім обмінних кальцію і магнію визначають обмінні водень та алюміній або різні форми кислотності (обмінну та гідролітичну).

Для витіснення обмінних катіонів з ГВК найчастіше використовують розчини хлористого амонію, хлористого натрію та оцтовокислого амонію.

Найбільш м'який витиснювач – ацетат амонію. При взаємодії його з кислими, ненасиченими основами ґрунтами, утворюється слабка оцтова кислота, яка не створює істотної руйнівної дії на ґрунт. Якщо використовувати хлористий натрій або хлористий амоній, утворюється соляна кислота, яка належить до сильних кислот і здатна переводити у розчин необмінні форми катіонів та значну кількість півтораоксидів.

При проведенні досліджень усі розчини для витіснення обмінних катіонів слід довести до потрібної величини рН і перевірити на наявність катіонів, які будуть визначатись.

Попередні випробування

Перед початком витіснення обмінних катіонів треба провести якісні випробування зразків ґрунту на карбонатність, загіпсованість і засоленість, щоб з'ясувати, як чинити з досліджуваними зразками. В карбонатних і загіпсованих ґрунтах обмінні катіони не визначають, а обмежуються визначенням МКО. У засолених ґрунтах перед визначенням обмінних катіонів легкорозчинні солі необхідно вилучити шляхом промивання наважки дистильованою водою або внесенням поправки на вміст кальцію і магнію у водній витяжці.

Проба на карбонатність. Беруть приблизно 1 г ґрунту і вміщують його у фарфорову чашку, змочують кількома краплями дистильованої води, щоб вийшло повітря, й обробляють декількома краплями 10%-ного HCl. При наявності пухирців вуглекислого газу (ґрунт скипає), його вважають карбонатним.

Проба на загіпсованість. Проводять якісне визначення сульфат-іону в солянокислій витяжці. Беруть у пробірку 2 г. ґрунту, приливають 10 мл 0,2 н HCl, збовтують протягом 2 хв. і відфільтровують. До фільтрату додають кілька крапель 5%-ного розчину BaCl₂ і перемішують. При наявності сульфат-іону випадає білий осад BaSO₄, а ґрунт вважається загіпсованим.

Проба на засоленість. Проводять якісні реакції на вміст іонів Cl⁻ і SO₄²⁻ у водній витяжці. При позитивних результатах ґрунт вважається засоленим.

6.1.1. Трилонометричне визначення кальцію і магнію

Метод ґрунтується на утворенні стійких у лужному середовищі комплексних сполук даних елементів з трилоном-Б. За кількістю трилону-Б, витраченого на зв'язування кальцію і магнію, визначають вміст їх у витяжці. Спочатку встановлюють суму кальцію і магнію, потім - один кальцій, а магній розраховують за різницею між першим і другим показниками.

Трилон-Б (двонатрієва сіль етилендіамінтетраоцтової кислоти) та індикатори, які використовують при визначенні суми Ca^{2+} , Mg^{2+} (хромоген чорний) і одного Ca^{2+} (мурексид – амонійна сіль пурпурової кислоти), відносяться до органічних сполук – комплексонів.

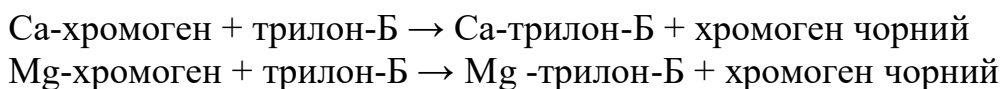
Такі комплексони з дво- і тривалентними металами утворюють розчинні у воді сполуки – комплекси. Стійкість комплексів, що утворилися, залежить від рН розчину, природи катіонів і комплексів, які застосовуються.

Комплексони-індикатори (хромоген чорний і мурексид) з катіонам Mg^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} утворюють забарвлені нестійкі комплекси. Комплексон трилон-Б з цими катіонами, на відміну комплексонів-індикаторів, утворює незабарвлені розчинні комплекси, але більш стійкі.

Визначення кількості обмінних катіонів кальцію і магнію за допомогою трилону-Б відбувається так: у розчин, який містить Ca^{2+} та Mg^{2+} , вносять індикатор; утворюються забарвлені сполуки-комплекси; Са-індикатор + Mg-індикатор. Потім титрують розчин трилоном-Б; відбувається руйнування забарвлених сполук; замість них утворюються інші комплекси, не забарвлені, але більш стійкі: Са-трилон-Б + Mg-трилон-Б.

Визначення суми $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ здійснюють у присутності індикатора хромогену чорного, який лише в лужному середовищі (рН=10) утворює розчинні забарвлені комплекси з даними катіонами. Тому до розчину додають аміачний буфер. За таких умов розчин набуває вишнево-червоного забарвлення.

При титруванні трилоном-Б всі катіони Ca^{2+} і Mg^{2+} зв'язуються у новий комплекс, а забарвлення розчину змінюється від вишнево-червоного до синього або зеленувато-синього. Схематично реакцію можна записати так:

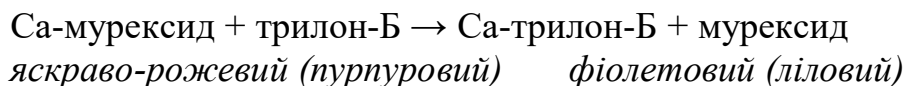


вишнево-червоний

синій чи зеленувато-синій

Визначення одного кальцію здійснюють у присутності індикатора мурексиду при рН 12, що досягається при додаванні розчину NaOH або KOH. Мурексид вступає в реакцію лише з катіоном Ca^{2+} , утворюючи з ним комплексну сполуку, забарвлену у пурпуровий (яскраво-рожевий) колір.

При титруванні трилоном-Б цей забарвлений комплекс руйнується і розчин набуває фіолетового (лілового) кольору. Схематично реакцію можна записати так:



Визначення суми обмінних кальцію і магнію

Хід аналізу. На хіміко-технічних терезах зважують 5–10 г повітряно-сухого ґрунту, підготовленого до аналізу (для ґрунтів важких, з великим вмістом гумусу – 5 г, для легких, малогумусних – 10 г). Потім його висипають у фарфорову чашку, заливають 1,0 н розчином оцтовокислого амонію з рН 6,6–7,0 (20–30 мл) і здійснюють обробку методом декантації.

Вміст чашки (після кожного розмішування ґрунту скляною паличкою з гумовим наконечником і відстоювання) переносять на лійку з фільтром, під яку підставлена конічна колба місткістю 500–750 мл. Декантацію закінчують, коли об'єм фільтрату в колбі буде дорівнювати 200–300 мл. Потім весь ґрунт з чашки (по паличці) переносять на фільтр і продовжують промивання оцтовокислим амонієм до відсутності реакції на кальцій.

Якісну пробу на повноту витіснення Ca^{2+} проводять з хромогеном чорним. Для цього в пробірку набирають 2–3 мл фільтрату з-під лійки і додають 3 краплі хромогену чорного. Відсутність вишнево-червоного забарвлення у пробірці вказує на повне витіснення обмінних катіонів кальцію та магнію з ґрунту.

Після повного витіснення обмінних катіонів фільтрат переносять у мірну колбу на 500 мл, доводять до риски і перемішують. Піпеткою відбирають аліквотну частину розчину (50–100 мл), виливають у фарфорову чашку і випарюють насухо на водяній бані. Органічну речовину руйнують декількома краплями перекису водню і 10%-ного розчину HNO_3 . Потім сухий залишок прожарюють у муфельній печі при температурі 400°C . Отриманий залишок розчиняють у 10 мл 10%-ного розчину HCl , розбавляють гарячою дистильованою водою і фільтрують у мірну колбу на 200 мл.

Хід аналізу. Відбирають піпеткою 50 мл аліквоти в конічну колбу місткістю 250 мл. Розбавляють дистильованою водою до 100 мл. Додають 1–2 мл 5%-ного розчину солянокислого гідроксиламіну (для усунення впливу іонів марганцю), кілька кристалів диетилдитіокарбамату натрію (для зв'язування іонів міді) і 15 мл хлоридно-аміачного буферу для створення лужного середовища. Всыпають 10–15 мг індикатора хромогену чорного і титрують 0,05н розчином трилону-Б при енергійному перемішуванні до переходу забарвлення від вишнево-червоного через лілове (фіолетово-синє) у чисто-голубе в точці еквівалентності. Титрування рекомендується проводити зі “свідком” – свідомо перетитрованою пробою.

Розрахунки вмісту суми кальцію і магнію виконують за формулою:

$$A = \frac{a \times 0,05 \times 100 \times K_{\text{H}_2\text{O}}}{P} \quad (73)$$

де A – сумарний вміст Ca^{2+} і Mg^{2+} , мг-екв на 100 г ґрунту; a – кількість трилону-Б, витраченого на титрування, мл; 0,05 – нормальність трилону-Б; 100 – коефіцієнт перерахунку на 100 г ґрунту; p – наважка ґрунту, яка відповідає кількості витяжки, взятої для титрування, г; $K_{\text{H}_2\text{O}}$ – коефіцієнт перерахунку на суху наважку ґрунту.

6.1.2. Визначення обмінного кальцію

Хід аналізу. Відбирають піпеткою 50 мл аліквоти в конічну колбу місткістю 250 мл і доливають до 100 мл дистильованою водою. Додають 1–2 мл 10%- розчину NaOH , для створення рН середовища $>12,5$. Вносять індикатор мурексид (20-30 мг), перемішують розчин і титрують 0,05 н розчином трилону-Б при енергійному перемішуванні до переходу рожевого забарвлення в фіолетове.

Титрування вважається закінченим, якщо фіолетове забарвлення не змінює своєї інтенсивності від зайвих 1–2 крапель трилону-Б. Його рекомендується проводити зі “свідком” – свідомо перетитрованою пробою.

Вміст Ca^{2+} розраховують за формулою:

$$B = \frac{a \times 0,05 \times 100 \times K_{\text{H}_2\text{O}}}{p} \quad (74)$$

де B - вміст Ca^{2+} , мг-екв на 100 г ґрунту. Інші позначення такі, як і при; розрахунках суми Ca^{2+} і Mg^{2+} .

Вміст Mg^{2+} розраховують за формулою:

$$C = A - B \quad (75)$$

де C - вміст Mg^{2+} , мг-екв на 100 г ґрунту; A – вміст $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, мг-екв на 100ґрунту; B - вміст Ca^{2+} , мг-екв на 100 г ґрунту.

Приклад розрахунків. Наважка ґрунту, взятого для аналізу, становить 10 г; $K_{\text{H}_2\text{O}}$ – 1,04; загальний об’єм розчину – 500 мл; на випаровування взято 100 мл фільтрату; прожарений залишок розчинено в 200 мл дистильованої води; для аналізу взято по 50 мл розчину; на титрування витрачено $a = 3,5$ та 2,8 мл 0,05 н розчину трилону-Б.

Розраховуємо наважку ґрунту, яка відповідає кількості витяжки, взятої для титрування:

500 мл відповідає 10 г ґрунту, отже 100 мл фільтрату відповідає 2 г ґрунту; прожарений залишок розчинили в 200 мл (2 г); на титрування взято 50 мл, що відповідає 0,5 г ґрунту.

Отримані дані підставляємо у вищенаведені формули:

$$A = \frac{3,5 \times 0,05 \times 100 \times 1,04}{0,5} = 36,4 \text{ мг-екв на } 100 \text{ г ґрунту} \quad (76)$$

$$B = \frac{2,8 \times 0,05 \times 100 \times 1,04}{0,5} = 29,1 \text{ мг-екв на } 100 \text{ г ґрунту} \quad (77)$$

$$C = 36,4 - 29,1 = 7,3 \text{ мг-екв на } 100 \text{ г ґрунту} \quad (78)$$

Отже, в нашому прикладі вміст обмінного кальцію становить 29,1, а магнію – 7,3 мг-екв на 100 г ґрунту.

Посуд і реактиви. Фарфорова чашка на 100 мл. Скляна паличка з гумовим наконечником. Лійка діаметром 10–12 см. Колба конічна місткістю 500–750 мл, колби мірні на 500 і 200 мл. Піпетка на 50 мл. Колба конічна на 250 мл – 2 шт. Розчин оцтовокислого амонію – 1 н. Розчин H_2O_2 – 30%-ний. Розчин HNO_3 – 10%-ний. Розчин HCl – 10%-ний. Вода дистильована, очищена від домішок іонів кальцію, магнію та міді. Трилон-Б – 0,05 н розчин. Розчин солянокислого гідроксиламіну ($\text{NH}_2\text{OH} \times \text{HCl}$) – 5%-ний. Сіль діетилдитіокарбомату натрію ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{NS}_2\text{Na} \times 3\text{H}_2\text{O}$). Хлоридно-аміачний буфер. Розчин NaOH – 10%-ний. Індикатори: хромоген чорний і мурексид.

6.1.3. Визначення обмінних калію і натрію на полуменовому фотометрі

У витяжці 1,0 н оцтовокислого амонію обмінні катіони калію і натрію визначають на полуменовому фотометрі. Якщо ґрунт містить легкорозчинні солі, то паралельно ведуть обробку його дистильованою водою. У водній витяжці також визначають вміст K^+ та Na^+ на полуменовому фотометрі (холосте визначення), яке дає поправку на легкорозчинні солі. Різниця результатів аналізу в розчині оцтовокислого амонію і водній витяжці дає дійсний вміст обмінних калію та натрію.

Після підготовки полуменового фотометру до роботи (див. інструкцію) проводять його калібрування за шкалою зразкових розчинів. Для приготування шкали в мірні колби місткістю 200 мл відміряють таку кількість вихідного зразкового розчину (табл. 39).

39. Шкала зразкових розчинів залежно від концентрації

Номер зразкового розчину	1	2	3	4	5	6	7
Кількість вихідного зразкового розчину, мл	0	1	2	5	10	15	20
Вміст K^+ (Na^+), мг/мл	0	5	10	25	50	75	100

Розчин у колбах доводять до rischi 1,0 н розчином $\text{CH}_3\text{COONH}_4$.

Встановлюють полуменовий фотометр на нуль за допомогою зразкового розчину №1. Після цього починають визначення концентрації калію (натрію) з вимірювання стандартних розчинів відомих концентрацій, а потім досліджуваних. У кожному з них вимірювання проводять тричі і розраховують середню арифметичну величину.

За даними показників шкали полуменевого фотометра і вмісту K^+ (Na^+) в зразкових розчинах, будують калібрувальний графік, за яким визначають концентрацію елемента в досліджуваному розчині.

Вміст K^+ або Na^+ розраховують за формулою:

$$K^+ (Na^+) = \frac{a \times V \times 100 \times K_{H_2O}}{p \times 1000} \quad (79)$$

де K^+ (Na^+) – вміст калію (натрію), мг на 100 г ґрунту; а – концентрація K^+ (Na^+), знайдена за калібрувальним графіком, мг/л; V – загальний об'єм досліджуваного розчину, мл; 100 – коефіцієнт перерахунку на 100 г ґрунту; 1000 – коефіцієнт перерахунку кількості мг K^+ (Na^+) на 1 мл розчину; K_{H_2O} – коефіцієнт перерахунку на сухий ґрунт; p – наважка ґрунту, г.

При потребі розрахувати вміст K^+ (Na^+) у відсотках від маси ґрунту використовують ту саму формулу, а кінцевий результат ділять на 1000 (для переведення міліграмів у грами).

Для розрахунку K^+ (Na^+) в мг-екв на 100 г ґрунту кінцевий результат на еквівалентну масу елементів – відповідно на 39,1 та 23,0.

Приклад розрахунків. Наважка ґрунту, взятого для аналізу – 10 г; K_{H_2O} – 1,04; загальний об'єм розчину – 500 мл; концентрація знайдена за калібрувальним графіком a_{Na^+} – 1,65 мг/л; a_{K^+} – 6,80 мг/л.

Підставляємо дані у формулу і робимо розрахунки:

$$Na^+ = \frac{1,65 \times 500 \times 100 \times 1,04}{10 \times 1000} = 8,58 \text{ мг на 100 г ґрунту} \quad (80)$$

$$Na^+ = 8,58 : 1000 = 0,0086\% \quad (81)$$

$$Na^+ = 8,58 : 23,0 = 0,37 \text{ мг-екв на 100 г ґрунту} \quad (82)$$

$$K^+ = \frac{6,80 \times 500 \times 100 \times 1,04}{10 \times 1000} = 35,4 \text{ мг на 100 г ґрунту} \quad (83)$$

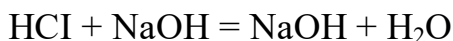
$$K^+ = 35,4 : 1000 = 0,0354\% \quad (84)$$

$$K^+ = 35,4 : 39,1 = 0,905 \text{ мг-екв на 100 г ґрунту} \quad (85)$$

Прилади, посуд і реактиви. Полуменевий фотометр. Колби мірні на 1000 мл – 1 шт., на 200 мл – 7 шт., стакани скляні на 50 мл – 10 шт., вихідний зразковий розчин (1,908 г хімічно чистого KCl або 2,542 г хімічно чистого NaCl зважують з помилкою до 0,001г, розчиняють у мірній колбі у 1,0 н розчині CH_3OONH_4 , доводячи ним об'єм розчину до 1л). В 1 мл даного розчину міститься 1 мг K^+ (Na^+).

6.1.4. Визначення суми обмінних катіонів за методом Каппена-Гільковиця

Суть методу. Метод заснований на обробці ґрунту точно визначеною кількістю 0,1 н розчину HCl. При взаємодії HCl з ґрунтом катіони водню соляної кислоти витісняють з ГВК обмінні катіони (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ та ін.) і стають на їх місце у еквівалентній кількості. Кількість HCl, що залишилася, визначають титруванням:



Знаючи вміст кислоти до і після взаємодії з ґрунтом, за різницею визначають суму обмінних катіонів.

Хід аналізу. На технічних терезах зважують 20 г повітряно-сухого ґрунту, просіяного крізь сито з діаметром отворів 1 мм. Наважку висипають у колбу на 200–250 мл і приливають з бюретки або мірної колби 100 мл 0,1 н розчину HCl, збовтують на ротаторі 1 годину і залишають на добу. Після цього збовтують суспензію і фільтрують крізь складчастий фільтр (біла стрічка), перенісши весь ґрунт на лійку. Перші мутні порції фільтрату відкидають. Потім піпеткою відбирають 50 мл прозорого фільтрату в конічну колбу на 100–250 мл, додають 1–2 краплі фенолфталеїну і відтитровують надлишок соляної кислоти 0,1 н розчином NaOH до блідо-рожевого забарвлення, яке не зникає протягом хвилини.

Паралельно проводять холосте титрування. Для цього в колбу на 100–250 мл відбирають піпеткою 50 мл 0,1 н розчину HCl, додають 1–2 краплі фенолфталеїну і відтитровують надлишок соляної кислоти 0,1 н розчином NaOH до блідо-рожевого забарвлення, яке не зникає протягом хвилини.

Розраховують суму обмінних катіонів за формулою:

$$S = \frac{(a - b) \times 0,1 \times K_{\text{NaOH}} \times 2 \times 100 \times K_{\text{H}_2\text{O}}}{p} \quad (86)$$

де S – сума обмінних катіонів, мг-екв на 100 г ґрунту, а – кількість мл NaOH, витрачених на холосте титрування; b – кількість мл NaOH, витрачених на титрування фільтрату; 0,1 – нормальність розчину NaOH; K_{NaOH} – поправка до титру NaOH; 2 – коефіцієнт перерахунку на весь об'єм фільтрату; 100 – коефіцієнт перерахунку на 100 г ґрунту; $K_{\text{H}_2\text{O}}$ – коефіцієнт перерахунку на суху наважку ґрунту; p – наважка ґрунту, г.

Приклад розрахунків. Наважка повітряно-сухого ґрунту 20 г. Взято для титрування 50 мл фільтрату. Витрачено на титрування фільтрату 28 мл 0,1 н розчину NaOH. На холосте титрування фільтрату пішло 50 мл 0,1 н розчину NaOH. $K_{\text{NaOH}}=1$. $K_{\text{H}_2\text{O}}=1,02$.

Сума обмінних основ у мг-екв на 100 г ґрунту за формулою буде дорівнювати:

$$S = \frac{(50 - 28) \times 0,1 \times 1 \times 2 \times 100 \times 1,02}{20} = 22,4 \quad (87)$$

Посуд і реактиви. Колби плоскодонні на 250 мл – 2 шт., колби конічні на 100–150 мл – 2 шт. Мірна колба на 100 мл. Лійка. Піпетка на 50 мл. Бюретка на 50 мл. Фільтри пухкі (біла або жовта стрічка). Титрований розчин 0,1 н НСІ. Титрований розчин 0,1 н NaOH. Індикатор – фенолфталеїн.

6.1.5. Визначення обмінного натрію за методом М.М. Годліна

Даний метод дає задовільні результати, а за технікою і швидкістю виконання – зручніший від інших. Застосовують його для визначення обмінного натрію в безкарбонатних і карбонатних ґрунтах, які не містять легкорозчинних солей та гіпсу.

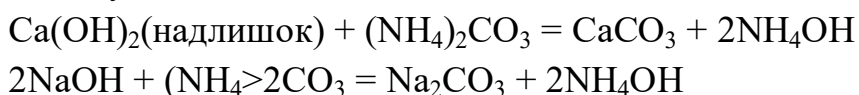
Для якісного визначення наявності в ґрунті легкорозчинних солей і гіпсу приблизно 1 г ґрунту обробляють п'ятикратним об'ємом дистильованої води, а для проби на гіпс – 1%-им розчином НСІ. Суспензію фільтрують і в фільтраті проводять якісні проби на Cl^- (з AgNO_3), SO_4^{2-} (з BaCl_2) та на Ca^{2+} (з $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$).

Обмінні катіони, в тому числі і Na^+ , можна кількісно витіснити з ґрунту катіоном будь якої солі, який не входить до складу обмінних катіонів ґрунту і аніон якої не утворює з останніми нерозчинних сполук.

Увібрані та вільні катіони Ca^{2+} не заважають визначенню обмінного Na^+ за даним методом.

Суть методу. Визначення обмінного натрію за даним методом засновано на його витісненні з ГВК розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – вапняковим молоком, або розчином $\text{Ba}(\text{OH})_2$.

За подальшої обробки фільтрату розчином вуглекислого амонію $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ надлишок $\text{Ca}(\text{OH})_2$ у вигляді CaCO_3 видаляють шляхом фільтрування, а присутні у розчині NaOH переводять у вуглекислий натрій. Реакція відбувається за схемою



При випаровуванні фільтрату досуха видаляють NH_4OH за схемою $\text{NH}_4\text{OH} = \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Осад Na_2CO_3 розчиняють у дистильованій воді і визначають вміст обмінного натрію шляхом титрування 0,05н розчином H_2SO_4 у присутності індикатора метилрота до слаборожевого забарвлення за рівнянням:



При підвищеній солонцюватості ґрунтів (понад 0,5% обмінного натрію на 100 г ґрунту) доцільно застосовувати барітову модифікацію.

Якщо в ґрунті присутні легкорозчинні солі (NaCl , CaCl_2 , Na_2SO_4), тобто він солончакуватий, наважку необхідно попередньо промити від солей шляхом багатократної обробки дистильованою водою, або 50%-ним розчином етилового спирту.

Хід аналізу. Після перевірки ґрунту на відсутність у ньому легкорозчинних солей і гіпсу (якісна проба) на технікохімічних терезах беруть наважку ґрунту, просіяного крізь сито з отворами діаметром 1 мм, 10–20 г (чим більше передбачений вміст обмінного натрію, тим менша наважка) і вміщують її у конічну колбу місткістю 1500 мл.

У колбу приливають 1000 мл вапнякового молока ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), ретельно збовтують і залишають на три години, протягом яких суспензію збовтують ще 5–10 разів.

Через три години вміст колби збовтують і фільтрують крізь складчастий фільтр у мірну колбу на 250 мл. У фільтраті міститься витіснений з ґрунту обмінний натрій у формі NaOH і надлишок $\text{Ca}(\text{OH})_2$ вапнякового матеріалу.

Відміряний фільтрат (250 мл) переносять у термостійкий хімічний стакан місткістю 400–500 мл і для осадження надлишку $\text{Ca}(\text{OH})_2$ приливають 30 мл 10%-го розчину $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ і 1 мл 10%-го розчину NH_4OH .

Вміст стакана нагрівають до кипіння і випаровують рідину приблизно на 1/3 об'єму. Для повноти осадження $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в стакан повторно приливають 10 мл 10%-ного розчину $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ і 0,5 мл 10%-ного розчину NH_4OH . За таких умов з нього випадає білий кристалічний осад CaCO_3 .

Розчин аміаку необхідно приливати для запобігання гідролізу вуглекислого амонію; NaOH , який міститься у фільтраті, переходить у форму карбонату натрію (Na_2CO_3).

Розчин фільтрують крізь щільний фільтр, ретельно промиваючи осад на дні стакана (8–10 разів) методом декантації 2,5%-ним розчином $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, кожний раз даючи стекти всій рідині з осаду.

Фільтрат для руйнування $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ і повного виділення аміаку (NH_3) випаровують у фарфоровій чашці на водяній бані досуха. В чашці залишається сухий осадок вуглекислого натрію (Na_2CO_3). Його розчиняють у гарячій добре прокип'яченій дистильованій воді (звільненій від CO_2) і в гарячому стані титрують 0,05 н розчином H_2SO_4 в присутності індикатора метилрота або метилоранжу до слабкорожевого забарвлення. В кінці титрування (при з'явленні перших ознак порожівіння) чашку з розчином

нагрівають до кипіння для вилучення CO_2 і дотитровують 0,05 н розчином H_2SO_4 на що йде 2–3 краплі кислоти.

Вапнякове молоко часто містить невеликі домішки лужних металів (K^+ , Na^+), тому для їх врахування роблять холосте визначення у 250 мл фільтрату вапнякового молока аналогічно описаному методу і вносять поправку на титрування.

Кількість обмінного натрію розраховують за формулою:

$$Na = \frac{(a - b) \times n \times K_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times 4 \times 100 \times K_{\text{H}_2\text{O}}}{P} \quad (88)$$

де Na – кількість обмінного натрію, мг-екв на, 100 г ґрунту; a – кількість мілілітрів 0,05 н H_2SO_4 , яка пішла, на титрування проби (250 мл); b – кількість мілілітрів 0,05 н H_2SO_4 , яка пішла на холосте титрування при визначенні лужних металів у вапняковому молоці (250 мл); n – нормальність розчину H_2SO_4 ; $K_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ – поправка до нормальності розчину H_2SO_4 ; 4 – коефіцієнт переведу взятого розчину (250 мл) на весь його об'єм (1000 мл); 100 – коефіцієнт перерахунку на 100 г ґрунту; $K_{\text{H}_2\text{O}}$ – коефіцієнт гігроскопічності; p – наважка ґрунту, г.

Для визначення кількості натрію у відсотках отримане значення в мг-екв на 100 г ґрунту множать на еквівалентну масу натрію (23) і ділять на 1000.

Приклад розрахунків. Наважка сухого ґрунту 10 г. Коефіцієнт гігроскопічності – 1,04. Долило вапнякового молока 1000 мл. Взято фільтрату для аналізу 250 мл. Пішло на титрування робочого розчину 5,2 мл, холостого – 0,3 мл 0,05н H_2SO_4 . $K_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1$.

На титрування вуглекислого натрію, який міститься у 250 мл робочого розчину, пішло:

$$5,2 - 0,3 = 4,9 \text{ мл } 0,05 \text{ н } \text{H}_2\text{SO}_4.$$

Вміст обмінного натрію в ґрунті за формулою буде становити:

$$Na^+ = \frac{(5,2 - 0,3) \times 0,05 \times 1 \times 4 \times 100 \times 1,04}{10} = 10,4 \text{ мг-екв на } 100 \text{ г ґрунту} \quad (89)$$

$$Na^+ = \frac{10,4 \times 23}{1000} = 0,24\% \quad (90)$$

Посуд і реактиви. Колба конічна місткістю 1500 мл. Колба мірна місткістю 250 мл. Хімічний стакан, термостійкий на 400–500 мл. Лійка діаметром 10–12 см. Фарфорова чашка на 100 мл. Вапнякове молоко $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – насичений розчин. Розчин $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ – 10%-ний та 2,5%-ний. Розчин NH_4OH 10%-ний. Розчин H_2SO_4 0,05 н. Індикатор метилоранж або метилрот.

6.1.6. Визначення карбонатів у ґрунті газоволюметричним методом

Наявність вуглекислих солей кальцію та магнію в ґрунті у кількості 1-10% і більше обумовлює його карбонатність. У складі карбонатів переважає вуглекислий кальцій, тому кількість їх визначається в ґрунтах за вмістом CO_2 у CaCO_3 .

Вміст CaCO_3 у верхніх горизонтах ґрунту коливається в межах 0,2–15%. Вниз по ґрунтовому профілю його кількість може збільшуватись до 20–25% і більше. Накопичення карбонатів у нижніх генетичних горизонтах ґрунту пов'язано з вмістом їх у ґрунотвірній породі, а у верхніх – ще й із життєдіяльністю нижчих і вищих рослин.

У більшості випадків наявність карбонатів позитивно впливає на ґрунтоутворення і родючість ґрунту. Що стосується відношення сільськогосподарських культур, то воно неоднозначне. Для більшості культур CaCO_3 у межах 5–10% сприятливий, за вищого вмісту – значно зменшується рухомість більшості мікроелементів, заліза та магнію, що призводить до захворювання рослин хлорозом.

На фоні високого вмісту CaCO_3 в ґрунті проявлення хлорозу викликають:

- понижена температура та підвищена вологість ґрунту і повітря, ущільнення ґрунту і підґрунтя, яке порушує газообмін та аерацію, ускладнює ріст коренів;
- наявність солонцюватості та легкорозчинних солей;
- близьке залягання рівня мінералізованих підґрунтових вод та коливання їх дзеркала.

При вмісті в ґрунті карбонатів до 15% вапняковий хлороз у рослин не виявляється, від 15 до 50% при низькій культурі землеробства відмічається у плодових рослин, а понад 50% – у всіх багаторічних культур: плодові, виноград, кущові рослини.

Плодові культури по-різному відносяться до високого вмісту карбонатів у ґрунті. За зменшенням ступеня стійкості до карбонатів їх можна розмістити у наступний ряд: кісточкові - абрикос, слива, вишня, черешня та сім'ячкові – айва, яблуна, груша.

Наявність карбонатів у ґрунті визначають при дії на нього 10%-ним розчином соляної кислоти. За таких умов карбонати «скипають». Реакція протікає за схемою:



Виділення пухирців вуглекислого газу добре помітне, тому якісне визначення наявності карбонатів здійснюють безпосередньо у польових умовах за допомогою розчину соляної кислоти. .

Суть методу. При газоволуметричному методі на ґрунт діють кислотою. Вуглекислий газ, який виділяється, визначають кількісно з урахуванням атмосферного тиску і температури повітря. Далі розраховують кількість карбонатів у вагових відсотках від сухого ґрунту.

Хід аналізу. На аналітичних терезах беруть наважку повітряно-сухого ґрунту, підготовленого до аналізу. Величина наважки від 1 до 5 г залежно від очікуваної кількості карбонатів. Її встановлюють по «скипанню» проби при додаванні 2–3 крапель 10%-ного розчину HCl, враховуючи наступні показники (табл. 40).

40. Інтенсивність скипання соляної кислоти залежно від вмісту карбонатів у ґрунті

«Скипання»	Вміст CaCO ₃ , %	Маса наважки, г
Дуже сильне (бурне)	>10	0,5–0,1
Сильне і тривале	5–10	1,0–1,5
Помітне, але короткочасне	5–3	1,5–2,0
Слабе і короткочасне	3–2	2,0–3,0
Дуже слабе і малопомітне	3–1	3,0–5,0
Відсутнє (прослуховується слабкий шум)	<1	>5,0

Отже, чим менше карбонатів у ґрунті, тим більша наважка для аналізу. Ґрунт вміщають у банку і кальциметр. Туди ж поставити пінцетом тигель з 20 мл 10%-ного розчину HCl.

Градуйовану скляну трубку з'єднати з атмосферою і банкою повернувши триходовий кран. Банку з водою поставити на верхню полку і відкрити зажим. Коли рівень води досягне нульової позначки на градуйованій трубці зажим закрити. Триходовий кран поставити у положення, щоб закрити вихід в атмосферу і лишити прохід з банки до простору над рівнем води у трубці. Банку обережно нахилити й вилити кислоту з тигля на ґрунт. Вуглекислий газ (CO₂), який утворюється внаслідок реакції, частково витісняє з трубки воду, рівень якої тут піднімається.

Швидко перенести банку на нижчу полку і відкрити зажим. Воду заливати в банку до тік пір, поки рівні в обох трубках не стануть на одній висоті. Закривши зажим, банку стряхнути. Вуглекислий газ (CO₂), що виділяється знову змінить положення рівнів води у трубках. Операцію повторювати до тих пір, поки після страхування банки рівень води у трубках буде незмінним. За шкалою на трубці відррахувати об'єм CO₂ над рівнем води в міліметрах. Виміряти температуру повітря і атмосферний тиск по барометру в мм ртутного стовпа.

Масу виділеного CO₂ розрахувати за формулою:

$$P = P_1 \times V \quad (91)$$

де P – маса CO_2 , який виділився з наважки ґрунту, мг; P_1 – маса 1 мл CO_2 за даного тиску і температури (додаток Г); V – об'єм CO_2 , мл.

Вміст CaCO_3 в ґрунті визначити за формулою:

$$A = \frac{P \times 2,272 \times 100 \times K_{\text{H}_2\text{O}} \times 0,001}{p} \quad (92)$$

де A – вміст CaCO_3 в ґрунті, % на сухий ґрунт; 2,272 – коефіцієнт перерахунку CO_2 у CaCO_3 ; 100 – коефіцієнт перерахунку на 100 г ґрунту; $K_{\text{H}_2\text{O}}$ – коефіцієнт гігроскопічності ґрунту; 0,001 – коефіцієнт перерахунку у грами; p – наважка повітряно-сухого ґрунту, г.

Приклад розрахунків. Наважка повітряно-сухого ґрунту 2 г. Об'єм виділеного CO_2 – 25,2 мл. Температура повітря 20°C . Атмосферний тиск 756 мм. $K_{\text{H}_2\text{O}} = 1,03$. Згідно з таблицею маса 1 мл CO_2 становить 1,867 мг. За формулою 92 розраховуємо масу виділеного CO_2 , а за формулою 93 – вміст CaCO_3 в ґрунті:

$$P = 1,867 \cdot 25,2 = 47,05 \text{ мг} \quad (93)$$

$$A = \frac{47,05 \times 2,272 \times 100 \times 1,03 \times 0,001}{2} = 5,51\% \quad (94)$$

Отже, вміст CaCO_3 в досліджуваному ґрунті становить 5,51%.

Прилади, посуд і реактиви: кальциметр, барометр, термометр, тигель, дозатор на 20 мл, розчин 10%-ної HCl .

6.2. МЕТОДИ МЕЛІОРАЦІЇ СОЛОНЦІВ І СОЛОНЦЮВАТИХ ҐРУНТІВ

В Україні солонці та солонцюваті ґрунти поширені в районах північного і центрального Лівобережного Лісостепу, на Донбасі, в східній частині Харківської області, Присивашші та Причорномор'ї, на Керчинському півострові.

Цим ґрунтам притаманна висока лужність, яка у більшості випадків обумовлена наявністю в них карбонатів лужних і лужноземельних металів. Висока лужність, як і підвищена кислотність, відноситься до негативних властивостей ґрунту. Розрізняють активну і потенційну лужність.

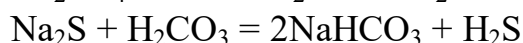
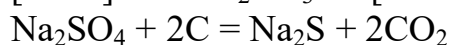
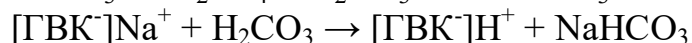
Активна лужність обумовлена наявністю в ґрунтовому розчині гідролітично-лужних солей, при дисоціації яких утворюється в значних кількостях гідроксильний іон. При характеристиці активної лужності ґрунтових розчинів розрізняють загальну лужність, лужність від нормальних карбонатів та лужність від гідрокарбонатів (див. розділ 7). За рівнем активної лужності ґрунти поділяють на 3 групи (табл. 41).

41. Рівні лужності ґрунтів

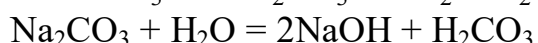
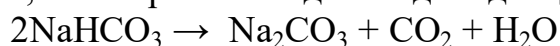
pH _{H2O}	Рівень лужності ґрунтів	Ґрунт
7,2–7,5	Слаболужні	Чорнозем південний, каштановий з ознаками солонцюватості
7,6–8,5	Лужні	Солонець і солончакуватий
>8,5	Дуже лужні	Солонець содовий, солончак

Потенційна лужність проявляється в ґрунтах, які містять увібраний натрій. Сильнолужна реакція несприятлива для більшості рослин. Висока лужність обумовлює низьку родючість ґрунтів, несприятливі фізичні та хімічні їх властивості. При pH_{H2O} понад 8,5 ґрунти у зволоженому стані набрякають, набувають великої в'язкості, здатні до прилипання, стають водонепроникні, у сухому – надто тверді, зцементовані та безструктурні. На таких ґрунтах в посушливі періоди року рослини страждають від нестачі вологи, а у вологі – від нестачі повітря.

Існує декілька шляхів утворення соди в ґрунті – хімічний, колоїдально-хімічний та біохімічний:



Гідрокарбонат натрію, який утворився, може переходити у карбонат натрію, який при взаємодії з водою дає їдкий натр, тобто іони OH⁻.



Сода має негативний вплив на сільськогосподарські культури. При вмісті її в ґрунті 0,005% рослини починають в'янути і гинути.

Поряд з натрієвими солонцями значні площі займають магнієві (малонатрієві) солонці. Особливість цих ґрунтів полягає у високому вмісті увібраного магнію (до 50%) при незначному вмісті увібраного натрію, солонці мають всі ті ж негативні властивості, що і натрієві. Ліквідувати негативні властивості солонців – основне завдання хімічної меліорації. З цією метою і застосовують гіпсування.

6.2.1. Визначення ступеня солонцюватості ґрунтів і доз гіпсу

При вирішуванні питань гіпсування солонців і солонцюватих ґрунтів важливо встановити величину ступеня їх солонцюватості. Даний показник відображає в якій мірі ГВК насичений обмінним натрієм. **Ступінь солонцюватості** розраховують за формулою:

$$A = \frac{a \cdot 100}{E_0} \quad (95)$$

де А – ступінь солонцюватості, % від МКО; а – вміст обмінного натрію, мг-екв на 100 г ґрунту; E_o – місткість катіонного обміну, мг-екв на 100 г ґрунту: 100 – коефіцієнт для перерахунку в відсотки.

Згідно з класифікацією Антипова-Каратаєва, залежно від вмісту увібраного натрію в орному шарі (% від МКО) ґрунти поділяють на 5 груп (табл. 42).

42. Класифікація солонцюватих ґрунтів за Антиповим-Каратаєвим

Ступінь солонцюватості ґрунту	Вміст обмінного натрію, % від МКО
Несолонцюватий	< 5
Слабкосолонцюватий	5–10
Середньосолонцюватий	10–15
Дуже солонцюватий	15–20
Солонець	> 20

Приклад розрахунків. Вміст обмінного натрію в ґрунті – 9,6; величина МКО – 35,4 мг-екв на 100 г ґрунту. Підставляючи дані у формулу отримуємо: $A = 9,6/35,4 \times 100 = 27,1\%$.

Отже, згідно з класифікацією Антипова-Каратаєва даний ґрунт слід віднести до солонців.

Ступінь солонцюватості ґрунту можна визначити за ілювіальністю профілю. Розрахунки ведуть за формулою:

$$N = \frac{B-A}{A+B} \times 100 \quad (96)$$

де N – ступінь ілювійованості профілю, %; А – вміст мулу в елювіальному горизонті, %, В – вміст мулу в ілювіальному горизонті, %; 100 – коефіцієнт для перерахунку в проценти.

Оцінку ступеня солонцюватості здійснюють за шкалою (табл. 43).

43. Градації ґрунтів за ступенем солонцюватості

Ступінь солонцюватості ґрунту	Ступінь ілювійованого профілю, %
Несолонцюватий	<4
Слабкосолонцюватий	4-12
Середньосолонцюватий	12-19
Дуже солонцюватий	19-27
Солонець	> 27

Для оцінки інтенсивності солонцевого процесу в ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії НААН України» запропоновано визначати співвідношення активності іонів Na і Ca у ґрунтовому розчині. За даним показником ґрунти поділяють на 6 градацій (табл. 44).

44. Межі інтенсивності солонцевого процесу за співвідношенням активності іонів Na і Ca

Інтенсивність розвитку солонцевого процесу	$\frac{aNa}{\sqrt{aCa}}$
Процес не розвивається	$< 0,5$
Розвивається дуже повільно	0,5–1,5
Розвивається повільно	1,5–3,0
Розвивається прискорено	3,0–6,0
Розвивається інтенсивно	6,0–10,0
Розвивається дуже інтенсивно	> 10

Гіпсування ґрунтів проводять при вмісті увібраного нагрію понад 5% від МКО. Розрахунки доз гіпсу здійснюють за такими формулами:

для нейтральних ґрунтів:

$$D = 0,086 \times (Na - 0,05 \times E_o) \times d_y \times h,$$

для слаболужних ґрунтів:

$$D = 0,086 \times (Na - 0,05 \times E_o) + (S - 0,7) \times d_y \times h,$$

для дуже лужних (содових) ґрунтів:

$$D = 0,086 \times [(Na - 0,05 \times E_o) + (C - 0,7)] \times d_v \times h,$$

для магнієвих (малонатрієвих) солонців:

$$D = 0,086 \times [(-0,1 \times E_o) + (Mg - 0,3 \times E_o)] \times d_v \times h$$

де D – доза гіпсу ($CaSO_4 \times 2H_2O$), т/га; Na – вміст увібраного натрію мг-екв на 100 г ґрунту; E_o – місткість катіонного обміну, мг-екв на 100 г ґрунту; d_v – щільність ґрунту, г/см³; h – глибина шару ґрунту, що підлягає меліорації, см; 0,086 – міліеквіваленти гіпсу; S – вміст токсичної лужності ($HCO_3^- - Ca^{2+}$) у водній витяжці, мг-екв на 100 г ґрунту; C – вміст карбонату натрію ($CO_3^{2-} - Na^+$) у водній витяжці, мг-екв на 100 г ґрунту; Mg – вміст увібраного магнію, мг-екв на 100 г ґрунту.

6.2.2. Визначення дози гіпсу за порогом коагуляції

Хід аналізу. 100 г розтертого для аналізу повітряно-сухого ґрунту в декількох повторностях висипають у мірні циліндри місткістю 500 мл, в які послідовно вносять зростаючі наважки гіпсу (наприклад 50, 100, 150, 200 мг). Потім циліндри заливають дистильованою водою до риски, ретельно перемішують і лишають на ніч. Мінімальна кількість гіпсу, при якій освітлюється розчин у циліндрі, є доза для його меліорації. Розрахунки здійснюють за формулою:

$$D_{CaSO_4} = M \times h \times d_v \quad (97)$$

де D_{CaSO_4} – доза гіпсу, т/га; M – кількість гіпсу, внесеного в циліндр з освітленим розчином, г; h – глибина шару, який меліорується, см; d_v – щільність ґрунту, г/см³.

Фізичну норму меліоранту обчислюють з урахуванням вмісту гіпсу та води в матеріалі за формулою:

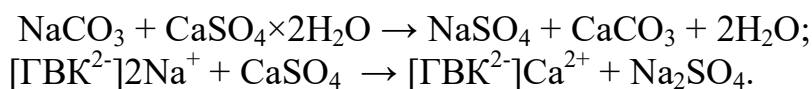
$$H_{\phi} = \frac{D_{CaSO_4} \times 100 \times 100}{C \times (100 - W)} \quad (98)$$

де H_{ϕ} – фізична норма меліоранту, т/га; D_{CaSO_4} – рекомендована доза $CaSO_4 \times 2H_2O$, т/га; C – вміст $CaSO_4 \times 2H_2O$ в матеріалі, %; W – вміст води в матеріалі, % на суху наважку.

Норми внесення гіпсу змінюються від 2–3 т на солонцюватих ґрунтах до 8–10 т/га і більше на солонцях.

6.2.3. Взаємодія гіпсу з ґрунтом

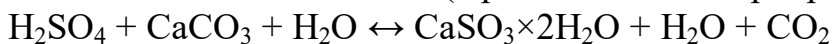
При внесенні гіпсу в ґрунт іони кальцію нейтралізують соду ґрунтового розчину і витісняють увібраний натрій з ГВК:



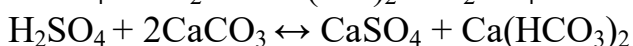
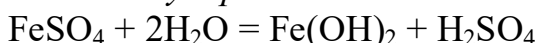
При невеликих кількостях Na_2SO_4 , який утворюється при гіпсуванні, він не шкодить рослинам. При гіпсуванні багатонатрієвих солонців у ґрунті утворюється надмірна кількість Na_2SO_4 , котрий необхідно видаляти з кореневмісного шару промиванням. В умовах богарного землеробства цей захід можна здійснювати снігозатриманням та акумуляцією поверхневого стоку.

Крім гіпсу та фосфогіпсу, для меліорації солонців застосовують сірку, сірчану кислоту, залізний купорос, пірит та інші меліоранти. При внесенні їх у ґрунт відбуваються наступні реакції:

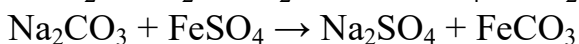
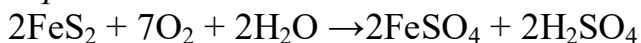
Сірка (сірчана кислота):



Залізний купорос:



Пірит:



Хімічні реакції можуть відбуватися в той чи інший бік, тому солі натрію, які утворюються, необхідно вилучати за межі ґрунтового профілю.

6.2.4. Строки, способи та місце внесення гіпсу в сівозмінах

Хімічні меліоранти не вирішують усіх питань докорінного поліпшення солонців. Їх треба застосовувати в комплексі з агротехнічними, гідротехнічними і біологічними методами. Лише за таких умов реалізується максимальна ефективність хімічної меліорації.

При гіпсуванні ґрунтів важливо враховувати солонцестійкість рослин, які за даним показником поділяють на чотири групи (табл. 45).

**45. Групи солонцестійких сільськогосподарських культур
(О.Ф. Гнатенко та інші, 2000)**

Міра стійкості	Культури
Дуже сильна	Буркун білий та жовтий, гірчиця
Сильна	Волосянець ситніковий, пирій безкореневищний, сизий, повзучий та солончаковий, регнерія волокниста, ячмінь, буряк кормовий і цукровий
Середня	Строкатогібридна, сильногібридна і жовтогібридна люцерна, житняк гребенчатий і ширококолосьий, костець безостий, суданська трава, просо зернове, овес, жито
Слабка	Еспарцет, озима пшениця, сорго

Згідно з рекомендаціями наукових установ України на солонцевих ґрунтах лісостепової зони з невеликою кількістю плям солонців доцільно вводити п'ятипільні сівозміни з таким чергуванням культур: цукрові або кормові буряки – ярі зернові з підсівом люцерни – люцерна – люцерна – озима пшениця.

На площах з великою кількістю содових солонців доцільно вводити чотирипільні сівозміни з наступним чергуванням культур: цукрові буряки – просо або овес з підсівом буркуну – буркун – озима пшениця.

Щоб досягти високої ефективності хімічних меліорантів необхідно підвищити їх розчинність і забезпечити добре перемішування з ґрунтом. У польових сівозмінах меліоранти слід вносити під просапні культури, що сприяє нагромадженню вологи і додатковому перемішуванню меліоранта з ґрунтом при міжрядних обробітках.

У степовій зоні та зоні сухого степу України найкращим місцем внесення гіпсу чи іншого меліоранта в богарних умовах є парове поле або поле просапних культур. На зрошуваних землях гіпс можна вносити під першу культуру при зяблевій оранці або навесні під культивуацію.

На природних кормових угіддях меліоранти вносять на початку освоєння земель під найсолонцестійкіші та солевитривалі культури: буркун, сорго, просо, суданську траву. Високі дози меліорантів вносять у два прийоми: половину під основний обробіток ґрунту восени, решту – навесні під дискування або культивуацію.

На солонцюватих ґрунтах, (чорноземах звичайних, південних та каштанових), де солонцевий шар не виноситься на поверхню під час оранки, всю норму меліоранта загортають під оранку, на зрошуваних землях – вносять після оранки і загортають боронами. На корково-стовпчатих солонцях, де при оранці виноситься на поверхню значна частина солонцевого шару, половину норми гіпсу вносять під оранку, а другу половину – під культивуацію.

Отже, комплекс заходів з меліорації солонців і солонцюватих ґрунтів повинен включати:

- хімічні заходи – внесення меліорантів;
- обробіток ґрунту чизельними розпушувачами на глибину

15–45 см, чи плантажну оранку на 60–70 см;

- планування (вирівнювання) поверхні поля;
- створення за рахунок зрошення, снігозатримання, регулювання поверхневого стоку і влаштування дренажу, промивного водного режиму;
- використання органічних та мінеральних добрив, як засобів, що прискорюють хімічну меліорацію і підвищують родючість ґрунтів;
- створення після меліорації сприятливого агробіологічного фону висівом солестійких рослин (у перші роки – буркуна, суданки, люцерни, а в міру окультурення – ячменю, озимої пшениці, сорго, цукрових буряків).

Завдання: обґрунтувати необхідність гіпсування, розрахувати дозу і фізичну норму гіпсу, визначити місце, строки і способи внесення.

Хід роботи: 1. Проаналізуйте план і картограму лужності ґрунтів з метою встановити необхідність у гіпсуванні.

2. Розрахуйте дози гіпсу.
3. Скоректуйте дозу гіпсу на оптимальну величину для конкретного ґрунту з урахуванням культур сівозміни і зрошення.
4. Підберіть необхідний меліорант і розрахуйте його фізичну норму.
5. Складіть план гіпсування ґрунтів.

6.3. КИСЛОТНІСТЬ ҐРУНТУ, МЕТОДИ ЇЇ ВИЗНАЧЕННЯ І РЕГУЛЮВАННЯ

6.3.1. Поняття про кислотність ґрунту

Під **кислотністю** розуміють здатність ґрунту підкислювати воду і розчини нейтральних солей. Обумовлена кислотність наявністю головним чином вуглецевої та органічних кислот, гідролітично-кислих солей, вільних іонів H^+ у ґрунтовому розчині та обмінних катіонів H^+ і Al^{3+} у ґрунтовому вбирному комплексі. **Реакція ґрунтового розчину** визначається співвідношенням концентрацій вільних іонів H^+ та OH^- . Якщо концентрація іонів водню дорівнює концентрації гідроксильних іонів – реакція нейтральна; коли концентрація іонів H^+ більша концентрації іонів OH^- – кисла; якщо концентрація іонів H^+ менша концентрації іонів OH^- – лужна.

Залежно від величини рН водної витяжки або суспензії реакція ґрунту має наступну назву (табл. 46).

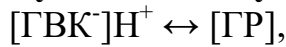
46. Назва реакції ґрунту залежно від величини рН

Реакція ґрунтового розчину	рН	Концентрація H^+ в 1 л розчину
Дуже кисла	3–4	10^{-3} – 10^{-4}
Кисла	4–5	10^{-4} – 10^{-5}
Слабокисла	5–6	10^{-5} – 10^{-6}
Нейтральна	7	10^{-7}
Слаболужна	7–8	10^{-7} – 10^{-8}
Лужна	8–9	10^{-8} – 10^{-9}
Дуже лужна	9–10	10^{-9} – 10^{-10}

Концентрацію іонів водню в розчині прийнято виражати символом рН, який є від’ємний десятковий логарифм концентрації іонів водню в

розчині: $pH = -\lg [H^+]$.

Кисла реакція властива підзолистим, дерново-підзолистим, сірим лісовим і болотним ґрунтам; нейтральна – чорноземам; лужна – каштановим ґрунтам і солонцям. Розрізняють два види кислотності ґрунту: **активну** і **потенційну** між ними існує рухома рівновага:



але у всіх ґрунтах переважає кислотність твердої фази.

Активна кислотність ґрунту – це кислотність ґрунтового розчину. Обумовлена вона іонами H^+ , які знаходяться в рідкій фазі ґрунту, вимірюється в одиницях pH і позначається pH_{H_2O} або pH водний. Активна кислотність безпосередньо впливає на ріст рослин та життєдіяльність мікроорганізмів. У таблиці наводяться інтервали pH, сприятливі для росту і розвитку сільськогосподарських культур та ґрунтових мікроорганізмів.

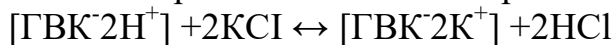
Отже, для одних рослин оптимальним є pH в інтервалі 4,0–5,5, для інших – від 7,0 до 8,0, азотфіксуючі бактерії найкраще розвиваються при реакції, яка близька до нейтральної, а грибна мікрофлора – при кислій.

Іони H^+ , які присутні в ґрунтовому розчині, складають незначну частину від водневих іонів, які знаходяться у ввібраному стані. Крім того, активна кислотність дуже змінюється протягом вегетаційного періоду. Тому величина активної кислотності не може бути надійним показником потреби ґрунту у вапнуванні для нейтралізації кислотності.

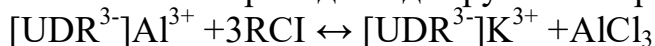
Потенційна кислотність – це кислотність твердої фази ґрунту і ґрунтового розчину. Обумовлена вона іонами H^+ і Al^{3+} , які увібрані ГВК. Потенційна кислотність завжди більша активної, бо складається з кислотності ґрунтового розчину і кислотності, яка утворюється за рахунок увібраних іонів алюмінію. Потенційну кислотність умовно ділять на дві форми: обмінну і гідролітичну.

Обмінна кислотність – виявляється при взаємодії ґрунту з розчином нейтральної солі (тобто солі сильного лугу і сильної кислоти): KCl , $BaCl_2$ і т.п.

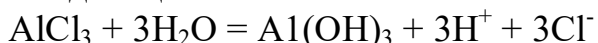
У водну витяжку іони обмінного водню не переходять, але легко витісняються нормальним сольовим розчином:



Обмінна кислотність позначається індексом pH_{KCl} або $pH_{\text{сольовий}}$ і вимірюється в одиницях pH. Титрована обмінна кислотність вимірюється в мг-екв на 100 г ґрунту. Залежить вона від кількості обмінних іонів H^+ і наявності в ГВК обмінних іонів Al^{3+} , які здатні витіснятися катіонами нейтральної солі і переходити до ґрунтового розчину за схемою:



Хлористий алюміній – сіль слабого лугу і сильної кислоти, у водних розчинах дисоціює за схемою:



$Al(OH)_3$ як слабкий луг у водному розчині майже не розпадається, а HCl у слабких розчинниках дисоціює на іони H^+ та Cl^- , що призводить до підвищення кислотності.

Окремі сільськогосподарські культури добре розвиваються на кислих

грунтах, але при підвищенні рухомого алюмінію різко знижують урожайність. По відношенню до вмісту алюмінію в ґрунті рослини розподіляють на чотири групи:

1. Стійкі до високого вмісту – тимофіївка, овес, кукурудза;
2. Середньостійкі – люпин, горох, вика, квасоля;
3. Чутливі – ячмінь, льон, озиме жито;
4. Дуже чутливі – люцерна, конюшина, цукрові буряки, озима пшениця.

**47. Оптимальна реакція ґрунтового середовища для
сільськогосподарських культур, плодових насаджень і мікроорганізмів
(О.Ф. Гнатенко та інші, 2000)**

Культура	pH	Культура	pH
Пшениця озима	6,3-7,7	М'ятлик	5,3 -6,0
Пшениця яра	6,0-7,5	Вівсяниця лугова	5,3 - 6,0
Ячмінь	6,8-7,5	Грястиця збірна	6,0-8,0
Жито озиме	5,5-7,5	Льон	5,5-6,5
Овес	5,0-7,5	Коноплі	7,1 - 7,4
Кукурудза	6,0-7,0	Тютюн	6,5-8,0
Рис	4,0-6,0	Морква	5,5-7,0
Просо	5,5-7,5	Капуста	6,5 -7,4
Гречка	4,7-7,5	Огірки	6,4-7,0
Горох	6,0-7,0	Цибуля	6,4- 7,9
Соя	6,5-7,1	Томати	6,3 -6,7
Квасоля	7,0-8,0	Салат	6,0 -6,5
Вика	5,7-6,5	Щавель	4,5-5,0
Люпин	4,5-6,0	Селера	5,8-7,5
Боби кормові	6,0-7,0	Цикорій	6,0-6,5
Соняшник	6,0-6,8	Гарбузи	5,3-6,0
Буряки цукрові	7,0-7,5	Яблуна	6,5-7,5
Картопля	5,0-5,5	Груша	4,5-6,0
Буряки кормові	6,2-7,5	Абрикос	7,0-8,5
Бруква	4,8-5,5	Слива	6,5-8,0
Турнепс	6,0-6,5	Вишня	6,5-8,5
Люцерна	7,0-8,0	Виноград	7,0-8,7
Конюшина	6,0-7,0	Гриби ґрунту	3,5-6,0
Буркун	7,0-8,7	Азотобактер	6,7-6,8
Житняк	7,0-8,5	Нітрифікатори	6,0-8,0
Райграс	6,8-7,5	Денітрифікатори	7,0-8,0
Тимофіївка	5,0-7,5	Бульбочкові бактерії конюшини	6,0 -7,0

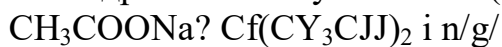
Урожайність чутливих культур починає знижуватись при вмісті рухомого алюмінію 1,5–2,0 мг, а середньостійких при 3,5–4,0 мг-екв на 100 г ґрунту.

Вміст рухомого алюмінію в ґрунті залежить від реакції середовища: чим нижче значення рН, тим більше в ґрунті рухомого алюмінію. При $pH_{кл}$ понад 5 рухомість алюмінію різко знижується і його вміст стає значно меншим критичних значень.

При внесенні в ґрунт великої кількості фізіологічно кислих мінеральних добрив у формі нейтральних солей (NH_4Cl ; $(NH_4)_2SO_4$; KCl та ін.) іон водню переходить у ґрунтовий розчин і підкислює його. За таких умов він збагачується шкідливими для рослин іонами Al^{3+} та Mn^{2+} . Тому обмінна кислотність є найшкідливішою для рослин формою кислотності ґрунту.

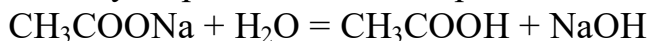
Підкислення ґрунту може відбуватися за рахунок життєдіяльності мікроорганізмів. Наприклад, у процесі нітрифікації утворюється HNO_3 .

Гідролітична кислотність – виявляється при взаємодії ґрунту з розчином гідролітично-лужної солі (сіль сильної основи і слабкої кислоти):

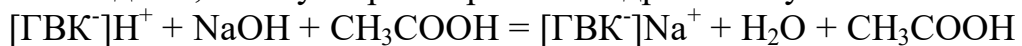


Встановлено, якщо ґрунт обробити нормальним розчином оцтовокислого натрію, то кислотність буде підвищуватись, бо з ГВК у ґрунтовий розчин буде переходити іон водню, який нейтральною сіллю не витісняється.

При визначенні гідролітичної кислотності застосовують оцтовокислий натрій. Внаслідок гідролізу CH_3COONa лужна реакція обумовлена утворенням $NaOH$ за реакцією:



Оцтова кислота дисоціює дуже слабо, а луг, що утворився, реагує з обмінним воднем, який утворює в розчині гідролітичну кислотність:



При визначенні гідролітичної кислотності враховують усі види кислотності: активну (іони водню ґрунтового розчину), обмінну (увібрані водень та алюміній, які обмінюються на катіони нейтральної солі) і гідролітичну. Співвідношення видів кислотності можна зобразити за схемою:



$[ГВК^-]H_7 | Na_6 Na_5 | | Na_4 Na_3 | | Na_2 Na_1 | + 6CH_3COOH$, де H_7 – іон водню, який не витісняється.

Іон водню H_7 знаходиться в першому шарі колоїдної частки і може бути витіснений при взаємодії з розчином 0,1 н $NaOH$, тобто більш лужним розчином, ніж 1,0 н CH_3COONa .

У практиці визначати іони водню, які не витісняються катіонами оцтовокислого натрію, немає необхідності, бо добрив з такою реакцією не застосовують. Отже, ці іони не є небезпечними при внесенні добрив у ґрунт, бо будуть у ввібраному стані.

При відсутності обмінної кислотності – гідролітична не шкідлива для рослин, бо іони H^+ гідролітичної кислотності малорухомі. Вимірюють гідролітичну кислотність в мг-екв на 100 г ґрунту і позначають індексом H_r . За величиною гідролітичної кислотності розраховують дози вапна, необхідного для нейтралізації всіх присутніх у ґрунті іонів водню та

алюмінію.

За ступенем кислотності розрізняють ґрунти: дуже-, сильно-, середньо-, слабокислі, близькі до нейтральних і нейтральні. Групування ґрунтів за ступенем кислотності, прийняте в Україні, наведено в табл. 48.

48. Групування ґрунтів за ступенем кислотності

Ступінь кислотності	Показник кислотності		Ґрунт
	pH _{КСІ}	H _г , мг-екв на 100 г ґрунту	
Дуже сильнокислий	< 4,0	> 6,0	Торфово-болотний, болотно-підзолистий, бурозем кислий, підзолисто-буроземний
Сильнокислий	4,1–4,5	5,9–5,1	Дерново-підзолисті оглеєні, торфянисто- і торфовоглейові, дерново-буроземні кислі
Середньокислий	4,6–5,0	5,0–4,1	Дерново-підзолисті, підзолисто-дернові, ясно-сірі лісові оглеєні
Слабокислий	5,1–5,5	4,0–3,1	Ясно- і сірі лісові, темно-сірі лісові оглеєні, дерново-борові
Близький до нейтральних	5,6–6,0	3,0–2,1	Темно-сірі лісові, чорноземи опідзолені, вилужені та реградовані, дернові
Нейтральний	> 6,0	< 2,0	Чорноземи типові та звичайні, лучно-чорноземні, коричневі

6.3.2. Методи визначення кислотності ґрунту

6.3.2.1. Визначення активної кислотності ґрунту потенціометричним методом

Потенціометричний метод визначення концентрації іонів водню в розчинах заснований на вимірюванні електрорушуючої сили, яка виникає при занурюванні в розчин індикаторного та допоміжного електродів. Робочою частиною індикаторного (скляного) електроду є скляна мембрана. При вимірюванні pH між мембраною і розчином виникає різниця потенціалів, яка залежить від активності іонів водню. За різницею потенціалів на скляному електроді та електроді порівняння визначають pH. Використання скляного електроду дозволяє визначати pH у широкому діапазоні. На результати вимірювань не впливають відновники колоїдів грубих суспензій та забарвлення розчинів.

Для визначення pH необхідно:

- підготувати ґрунт або суспензію для вимірювання;
- підготувати прилад для вимірювання (детальний опис і схема устрою подана в інструкції, яка надається до кожного приладу);
- підготувати електроди до вимірювання.

Хід аналізу. 20 г повітряно-сухого ґрунту, розтертого і просіяного крізь сито з отворами діаметром 1 мм, зважують на технічних терезах з

точністю до 0,1 г і переносять у плоскодонну колбу місткістю 100 мл. Приливають мірною колбою або мірним циліндром 50 мл дистильованої води щоб співвідношення «грунт : вода» становило 1:2,5, закривають пробкою, ретельно збовтують протягом 5 хвилин і залишають на добу. Після відстоювання прозору частину зливають у скляний стаканчик і вимірюють pH_{H_2O} потенціометричним методом.

У торфах і лісових підстилках співвідношення грунт : вода повинно становити 1:25. При масових визначеннях застосовують таку методику: 10 г ґрунту зважують на технічних терезах в точність до 0,1 г і переносять у колбу на 50–100 мл. До наважки приливають мірним циліндром або мірною колбою таку кількість дистильованої води, щоб співвідношення грунт : вода становило 1:2,5, тобто 25 мл. Колбу закривають пробкою і збовтують 5 хвилин.

У чистий стаканчик після відстоювання зливають освітлену частину суспензії і вимірюють pH_{H_2O} потенціометричним методом.

Прилади, посуд і реактиви. рН-метр. Колба плоскодонна місткістю 50–100 мл. Мірний циліндр на 50 мл або мірна колба на 25 та 50 мл. Скляний стакан місткістю 50 мл.

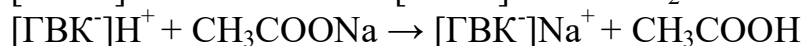
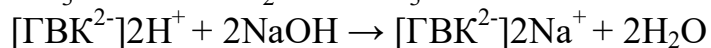
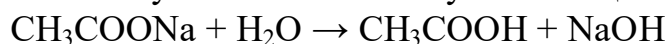
6.3.2.2. Визначення обмінної кислотності потенціометричним методом

Даний метод застосовують при масових аналізах, а обмінну кислотність ґрунту вимірюють в одиницях pH_{kcl} .

Хід аналізу. 20 г повітряно-сухого ґрунту, розтертого і просіяного крізь сито з діаметром отворів 1 мм, зважують на технічних терезах з точністю до 0,1 г і переносять у плоскодонну колбу місткістю 100 мл. Мірною колбою приливають 50 мл 1,0 Н розчину KCl (pH 5,6–6,0). Колбу закривають пробкою і періодично збовтують протягом 1 години. Після відстоювання в чистий скляний стаканчик зливають прозору частину суспензії і вимірюють pH_{kcl} потенціометричним методом.

6.3.2.3. Визначення гідролітичної кислотності за методом Г. Каппена

Дана форма кислотності обумовлена іонами водню, які міцніше зв'язані з ГВК і проявляється при взаємодії ґрунту з розчинами гідролітично-лужних солей або лугів. Реакція може відбуватися у дві стадії:



За таких умов у розчин переходить більша кількість іонів водню, ніж при взаємодії ґрунту з нейтральною сіллю (KCl). Гідролітично-лужна сіль взаємодіє як з ГВК, так і з ґрунтовим розчином, тому гідролітична кислотність являє собою суму активної і потенційної кислотності. Даний показник використовують у практиці для розрахунку доз вапна на кислих ґрунтах.

Хід аналізу. На технічних терезах зважують з точністю до 0,1 г 40 г повітряно-сухого ґрунту, розтертого і просіяного крізь сито з отворами

діаметром 1 мм. Наважку вміщують у колбу місткістю 250–300 мл, приливають 100 мл розчину CH_3COONa (рН 8,3-8,4), закривають пробкою і збовтують 1 год. на ротаторі. Часове збовтування можна замінити 3-хвилинним з наступним відстоюванням протягом доби і періодичним (5-6 разів) збовтуванням.

Суспензію фільтрують крізь сухий складчастий фільтр (діаметром 11–12,5 см) середньої щільності (біла стрічка). Перед титруванням вміст склянки збовтують від руки і переносять на фільтр більшу частину ґрунту. Перші 10–20 мл фільтрату відкидають, щоб видалити домішки, які перейшли в нього. В подальшому, якщо фільтрат мутний, його перефільтровують крізь той же фільтр.

Відбирають піпеткою 50 мл прозорого фільтрату, вміщують у конічну колбу місткістю 250 мл, прибавляють 2-3 краплі фенолфталеїну і титрують 0,1 н розчином NaOH до слабо-рожевого забарвлення, яке не зникає протягом одної хвилини. Якщо фільтрат забарвлений, то титрування здійснюють у присутності “свідка”. За кількістю витраченого на титрування луґу розраховують величину гідролітичної кислотності в мг-екв на 100 г ґрунту за формулою:

$$H_z = \frac{a \times n \times K_{\text{NaOH}} \times 2 \times 100 \times K_{\text{H}_2\text{O}}}{P} \times 1.75 \quad (99)$$

де a - кількість мл розчину NaOH , який пішов на титрування 50 мл фільтрату; n - нормальність розчину NaOH ; K_{NaOH} - поправочний коефіцієнт на нормальність розчину NaOH ; 2 - число перерахунку проби, яка титрується (50 мл) на весь об'єм розчину (100 мл); 100 - коефіцієнт перерахунку результатів аналізу на 100 г повітряно-сухого ґрунту; P - наважка повітряно-сухого ґрунту, г; 1,75 - умовний коефіцієнт для введення поправки на повноту витіснення всього водню при однократній обробці ґрунту розчином CH_3COONa ; $K_{\text{H}_2\text{O}}$ - коефіцієнт гігроскопічності.

Приклад розрахунків. Наважка повітряно-сухого ґрунту 40 г, витрачено на титрування 50 мл фільтрату 0,1 н розчину NaOH - 3,14 мл, $K_{\text{NaOH}} = 1$, $K_{\text{H}_2\text{O}} = 1,02$.

Гідролітична кислотність у мг-екв на 100 г ґрунту буде становити:

$$H_z = \frac{3.14 \times 0.1 \times 1 \times 2 \times 100 \times 1.02}{40} \times 1.75 = 2.80 \quad (100)$$

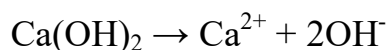
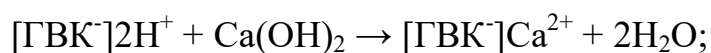
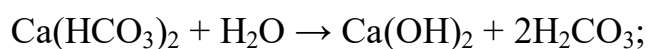
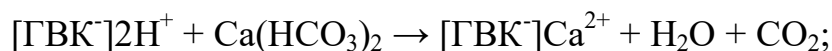
Посуд і реактиви. Колби плоскодонні на 200–250 мл – 2 шт. Колба конічна на 100-150 мл. Колба мірна на 100 мл. Піпетка на 50 мл. Бюретка на 25 або 50 мл. Фільтри середньої щільності. Розчин 1,0 н CH_3COONa (рН 8,3-8,4). Титрований розчин 0,1 н NaOH . Індикатор – фенолфталеїн.

6.3.3. Методи хімічної меліорації кислих ґрунтів

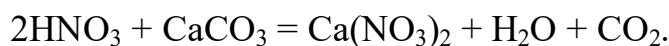
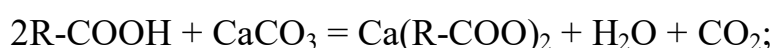
6.3.3.1. Взаємодія вапна з ґрунтом

Для регулювання кислотності ґрунту застосовують різні меліоранти. Найчастіше це осадові породи, які складаються переважно з кальциту (CaCO_3), доломіту ($\text{CaCO}_3\text{CaMgCO}_3$) тощо.

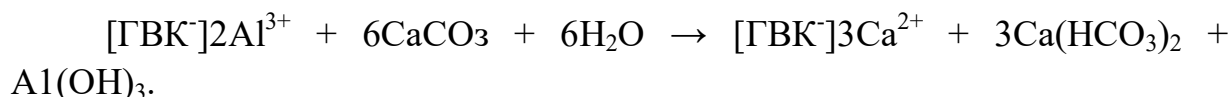
При взаємодії вапна з ґрунтом відбуваються наступні реакції:



Вапно взаємодіє також з вільними органічними кислотами і азотною, яка утворюється внаслідок нітрифікації, нейтралізуючи їх:

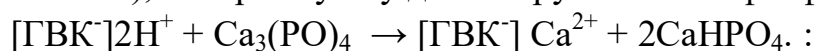


На кислих ґрунтах, які містять алюміній в обмінній формі, з вуглекислим кальцієм відбувається наступна реакція:



Кальцій переходить у ввібраний стан, а ґрунтовий розчин збагачується на бікарбонат кальцію.

На ґрунтах з гідролітичною кислотністю понад 5 мг-екв на 100 г (сильно кислі), нейтралізуючу дію на ґрунт чинить фосфоритне борошно:



Фосфорит переходить у більш розчинну сполуку, чим досягається краще живлення рослин фосфором.

6.3.3.2. Визначення потреби ґрунтів у вапнуванні

Потреба ґрунтів у вапнуванні визначається комплексом показників: ступенем та величиною кислотності ґрунту, ступенем насиченості його основами, гранулометричним складом, вмістом органічної речовини та відношенням культур сівозміни до реакції середовища тощо.

За мірою кислотності та потребою у вапнуванні ґрунти України поділяють на 5 груп (табл. 49).

49. Потреба ґрунтів України у вапнуванні залежно від $\text{pH}_{\text{КСІ}}$

Міра кислотності	$\text{pH}_{\text{КСІ}}$	Потреба у вапнуванні
Дуже сильна	< 4,0	Потребує першочергового вапнування в усіх типах сівозмін

Сильна	4,1-4,5	Потребує першочергового вапнування в усіх типах сівозмін
Середня	4,6-5,0	Першочергова потреба вапнування в овочевих сівозмінах та кормових на супіщаних та суглинкових ґрунтах; середня потреба у польових сівозмінах на піщаних ґрунтах
Слабка	5,1-5,5	Велика потреба у вапнуванні супіщаних і суглинкових різновидностей, особливо в сівозмінах з травами, кормових та овочевих. В останню чергу вапнують піщані та глинисто-піщані ґрунти
Близька до нейтральної	5,6-6,0	Вапнуються вибірково супіщані та суглинкові ґрунти і в першу чергу в сівозмінах з вимогливими до вапна культурами. Не потребують вапнування ґрунти з pH_{KCl} понад 6,5, незалежно від зони їх поширення

Для визначення потреби ґрунтів у вапнуванні за величиною гідролітичної кислотності користуються шкалою, наведеною в табл. 50.

За ступенем насиченості основами та потребі у вапнуванні ґрунти поділяють на 4 групи:

< 50% – необхідно;

50% – необхідно вапнувати в першу чергу;

50-70% – є потреба у вапнуванні;

70–90% – вапнування проводять з урахуванням набору культур у сівозміні та рівня внесення мінеральних добрив;

> 90% – вапнування не потрібне.

За реакцією на вапнування сільськогосподарські культури також поділяють на 4 групи:

1. Конюшина, люцерна, столові, кормові та цукрові буряки, капуста, коноплі, ріпак – дуже позитивно реагують на вапнування;

2. Пшениця, кукурудза, ячмінь, горох, соняшник, огірки, цибуля – добре реагують на вапнування;

3. Жито, овес, гречка, льон, томати – позитивно реагують на вапнування;

4. Картопля, люпин, бруква, середела – мають слабку реакцію на вапнування.

50. Потреба ґрунтів України у вапнуванні залежно від гідролітичної кислотності

Гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту	Потреба у вапнуванні
> 4	Ґрунти потребують першочергового вапнування в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України
4–3	Ґрунти потребують першочергового вапнування в зонах Полісся та Лісостепу. Середня потреба у

	вапнуванні ґрунтів Прикарпаття та Західного Лісостепу, слабка – в гірських районах Карпат
3-2	Середня потреба ґрунтів у вапнуванні в зонах Полісся та Лісостепу, слабка – в Прикарпатті, відсутня – в гірських районах Карпат
2-1,8	Доцільне вапнування опідзолених ґрунтів Лісостепу; необхідне – на Поліссі на супіщаних, піщаних та глинисто-піщаних ґрунтах
1,8–1,5	Слабка потреба у вапнуванні піщаних та глинисто-піщаних ґрунтів
< 1,54	Вапнування не потребують

Примітка. Якщо в чорноземах Лісостепу лінія скипання карбонатів знаходиться на глибині понад 50 см, а гідролітична кислотність перевищує 2 мг-екв/100 г ґрунту, то в зерно-бурякових сівозмінах вапно слід вносити раз на ротацію під цукрові буряки чи багаторічні трави.

Важкі за гранулометричним складом кислі ґрунти легше переносять підвищені норми вапна. На легких ґрунтах доцільно вносити менші дози.

Реакція ґрунтового середовища має особливо важливе значення для плодкових насаджень. Нормальною реакцією вважається pH_{H_2O} 6–8. На кислих ґрунтах при pH нижче 5 для сім'ячкових і при pH нижче 6 для кісточкових порід необхідне вапнування. При виборі ділянок під сади і визначенні потреби ґрунтів у вапнуванні користуються шкалою, наведеною в табл. 51.

51. Оцінка реакції ґрунтового середовища під плодові насадження
(за В.Ф.Вальковим)

pH_{H_2O}	Придатність під сади і потреба ґрунту у вапнуванні
< 3,5	Під сади не придатні
3,5-4,5	Придатні під плодові насадження лише після вапнування
4,5-6,0	Придатні під плодові насадження, бажане вапнування для кісточкових порід
6,0-8,0	Придатні під сади без меліорацій
8,0-8,5	Добрі ґрунти для кісточкових і задовільні для зерняткових порід
> 8,5	Під сади не придатні

6.3.4. Методи визначення доз вапна

В Україні в усіх зонах поширення кислих ґрунтів, незалежно від вирощуваних культур, дозу вапна визначають за величиною гідролітичної кислотності ґрунту

$$Д = \frac{0,5 \times H_r \times S \times h \times d^V}{1000} \quad (101)$$

де Д – доза CaCO_3 , т/га; 0,5 – кількість грамів CaCO_3 , необхідних для нейтралізації 1 мг-екв кислотності в 1 кг ґрунту; H_r – гідролітична кислотність, мг-екв. на 100 г ґрунту; S – 10000 м² (площа 1 га); h – глибина шару ґрунту, в який вносять вапно, м; d^V – щільність ґрунту, г/см³.

Останнім часом для розрахунку доз вапна в Україні використовується нормативний метод (Грінченко та ін.). У даному методі враховують нормативи витрат CaCO_3 для зміщення $\text{pH}_{\text{ккл}}$ на 0,1 (табл. 52), а дозу розраховують за формулою:

$$Д = 10 \times \Delta \text{pH} \times x \quad (102)$$

де Д - доза CaCO_3 , т/га; ΔpH – різниця між оптимальним і фактичним значенням $\text{pH}_{\text{ккл}}$; x – норма витрат CaCO_3 на зміщення $\text{pH}_{\text{ккл}}$ на 0,1, т/га; 10 – коефіцієнт перерахунку на весь діапазон зміни pH.

52. Нормативи витрат вапна для кислих ґрунтів України

(за Т.О. Грінченко)

Гранулометричний склад ґрунту	Група ґрунтів за ступенем кислотності	Норматив витрат CaCO_3 для зміни $\text{pH}_{\text{ккл}}$ на 0,1, т/га
Дерново-підзолисті ґрунти		
Піщаний та супіщаний	Сильнокислі (pH 4,5)	0,45
	Середньокислі (pH 4,6–5,0)	0,61
	Слабокислі (pH 5,1–5,5)	0,63
Легко- і середньосуглинкові	Сильнокислі (pH 4,5)	0,71
	Середньокислі (pH 4,6–5,0)	0,81
	Слабокислі (pH 5,1–5,5)	0,84
Сірі опідзолені ґрунти і чорноземи опідзолені		
Піщаний та супіщаний	Сильнокислі (pH 4,5)	0,48
	Середньокислі (pH 4,6–5,0)	0,62
	Слабокислі (pH 5,1–5,5)	0,65
Легко- і середньосуглинкові	Сильнокислі (pH 4,5)	0,66
	Середньокислі (pH 4,6–5,0)	0,80
	Слабокислі (pH 5,1–5,5)	0,91

Важкосуглинковий	Сильнокислі (рН 4,5)	0,68
	Середньокислі (рН 4,6–5,0)	0,81
	Слабокислі (рН 5,1–5,5)	0,93

Оптимальні показники pH_{kcl} для ґрунтів Полісся і Лісостепу України наведено в табл. 53.

53. Оптимальні значення pH_{kcl}

Грануло-метричний склад ґрунту	Сівозміна					Культурні пасовища та сінокоси	
	польова з високою питомою вагою льону	польова з травами, льоном, картоплею	з цукровими буряками та люцерною	кормова прифермська	овочево-кормова	злакові	бобово-злакові
Поліська зона підзолистих та дерново-підзолистих ґрунтів							
Піщаний та супіщаний	5,0	5,3	—	5,5	5,6	5,2	5,4
Легко- та середньосуглинковий	5,2	5,4	6,2	5,8	6,0	5,4	5,6
Важко-суглинковий та глинистий	5,4	5,5	6,4	6,0	6,2	5,6	6,0
Торфовий	—	4,8	—	5,0	5,2	5,0	5,2
Лісостепова зона сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених, вилугуваних, типових							
Піщаний та супіщаний	—	5,6	6,0	5,8	6,0	5,5	5,8
Легко- та середньосуглинковий	5,4	5,6	6,5	6,0	6,4	5,7	6,2
Важко-суглинковий та глинистий	5,6	5,8	6,7	6,2	6,6	5,9	6,4
Торфовий	—	5,0	—	5,0	5,2	5,0	5,2

За І.С. Шатіловим та ін. (1986), дози вапна для дерново-підзолистих ґрунтів з вмістом гумусу в межах 1–5% при pH_{kcl} 3,8–5,5 з урахуванням гранулометричного складу слід визначати за такими рівняннями:

піщані: $D = -0,85Г\ pH - 1,08pH + 4,32Г + 7,8;$

супіщани: $D = -0,85\Gamma \text{ рН} - 1,08\text{рН} + 4,32\Gamma + 8,0$;

легкосуглинкові: $D = -0,55\Gamma \text{ рН} - 1,23\text{рН} + 3,17\Gamma + 9,5$;

середньосуглинкові: $D = -0,55\Gamma \text{ рН} - 1,23\text{рН} + 3,17\Gamma + 9,9$;

важкосуглинкові: $D = -0,65\Gamma \text{ рН} - 1,88\text{рН} + 3,42\Gamma + 1,43$;

глинисті: $D = -0,65\Gamma \text{ рН} - 1,88\text{рН} + 3,42\Gamma + 1,46$;

де D - доза CaCO_3 , т/га; рН – показник кислотності ($\text{рН}_{\text{ксі}}$); Γ – вміст гумусу, %.

Допускається визначати дози вапна за показниками $\text{рН}_{\text{ксі}}$ і гранулометричним складом для кислих ґрунтів Полісся, а також піщаних та супіщаних кислих ґрунтів західних регіонів України. Вони приблизно відповідають 0,5–0,75 доз, які встановлюють за показниками гідролітичної кислотності (табл. 54).

54. Орієнтовні дози CaCO_3 залежно від $\text{рН}_{\text{ксі}}$ і гранулометричного складу ґрунтів Полісся та західних районів України, т/га

Грануло- метричний склад ґрунту	$\text{рН}_{\text{ксі}}$							
	≤ 4	4,5	4,6	4,7–4,8	4,9–5,0	5,1–5,3	5,4–5,5	5,65–7,0
Піщаний та глинисто- піщаний	4,0	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	1,0	0,5
Супіщаний	4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,5	1,0
Легко- суглинковий	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,0

Однак результати досліджень і практика агрохімічної служби показали, що дози вапна, визначені за табл. 52 не дають повного ефекту. При вапнуванні такими дозами не досягаються задані параметри реакції ґрунтового розчину, а позитивний вплив на урожайність культур обмежується 4–5 роками.

При застосуванні підвищених доз мінеральних азотних добрив кислотність ґрунтового розчину збільшується. Тому на кожний центнер фізіологічних кислих добрив необхідно додатково вносити вапно (табл. 55).

55. Дози CaCO_3 для нейтралізації 1 ц фізіологічно кислих добрив

Назва добрива	Хімічна формула	Доза CaCO_3 , ц
Хлористий амоній	NH_4Cl	1,40
Сульфат амонію	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1,20
Сульфат амонію-натрію	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times \text{Na}_2\text{SO}_4$	0,90
Амонійна селітра	NH_4NO_3	0,75
Амонійна вода	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0,40

Аміак безводний	NH ₃	2,90
Сечовина	CO(NH ₂) ₂	0,80
Амофос	NH ₄ H ₂ PO ₄	0,65

Повні дози вапна, визначені за гідролітичною кислотністю, не завжди доцільно вносити. Згідно з дослідженнями, проведеними ННЦ «Інститут землеробства НААН України» та іншими науково-дослідними установами України, визначено відповідні оптимальні дози (т/га) за величиною гідролітичної кислотності (табл. 56).

56. Оптимальні дози CaCO₃ для вапнування кислих ґрунтів Полісся та Лісостепу України

Ґрунт	Доза CaCO ₃ по відношенню до повної, визначеної за Н _г	Примітки
Дерново-підзолистий піщаний та глинисто-піщаний	0,75	При внесенні підвищених доз мінеральних добрив доза вапна може підвищуватись до повної
Дерново-підзолистий супіщаний	1,0	Норма може бути знижена до 0,75 у сівоzmінах з льоном, люпином і картоплею при середньому рівні внесення мінеральних добрив (5-6ц/га)
Дерново-підзолистий суглинковий	1,0	
Дерново-підзолистий глейовий	1,0	
Дерново-підзолистий поверхнево оглеєний	0,5	У тих випадках, коли гідролітична кислотність нижче 4 мг-екв на 100 г ґрунту, дозу вапна доцільно підвищити до 0,75–1,0 по відношенню до повної
Сірі та темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені та вилугувані	1,0	
Буроземного типу (гірські райони Карпат)	0,5–0,25	На ґрунтах з гідролітичною кислотністю від 4,5 до 8 мг-екв на 100 г ґрунту необхідно вносити 0,5 дози, а при більших значеннях кислотності (8–16)-0,25

Якщо для вапнування ґрунтів застосовують матеріали, які містять крім CaCO₃, інші форми кальцію та магнію, наприклад, доломітове

борошно, гідроксид кальцію, магнію, чи їх оксиди (CaO, MgO), то при розрахунках доз їх потрібно переводити в CaCO₃.

Коефіцієнти переводу становлять: MgCO₃ – 1,20; CaO – 1,78; MgO – 2,50; Mg(OH)₂ – 1,72; Ca(OH)₂ – 1,35.

Приклад: якщо вапняковий матеріал містить 50% CaCO₃ і 40% MgCO₃ вміст вапна у перерахунку на CaCO₃ складає не 90, а 98% (50+40×1,2).

При вапнуванні ґрунтів слід розрізняти дози CaCO₃ і фізичні норми вапнякових матеріалів. При розрахунку фізичної норми необхідно вводити поправки на вміст води, домішок і недіяльних (надто великих) часток CaCO₃:

$$H_{\phi} = \frac{D_{CaCO_3} \times 100^3}{(100 - W) \times (100 - B) \times C} \quad (103)$$

де H_ф – фізична норма вапнякового матеріалу, т/га; D_{CaCO₃} – рекомендована доза вапна, т/га; W – вміст води у матеріалі, %; B – вміст недіяльних часток матеріалу, розміром понад 3 мм, %; C – сума карбонатів (CaCO₃ і MgCO₃) в матеріалі, %.

Для визначення потреб ґрунтів у повторному вапнуванні проводиться додаткове агрохімічне обстеження. При цьому визначають показники, які характеризують ступінь та величину кислотності. Отримані дані порівнюють з показниками, наведеними у табл. 57.

Строки повторного вапнування можна визначати і за балансовими розрахунками. За даними Українського науково-дослідного інституту землеробства, баланс кальцію та магнію в кислих ґрунтах Полісся складається таким чином, що при внесенні 5,5–6 ц/га мінеральних добрив повторне вапнування слід провести через 7–8 років після першого; при внесенні щорічно 10–12 ц/га мінеральних добрив – через 6–7 років, а в окремих районах – через 4–5. Середня періодичність вапнування ґрунтів України наведена в табл. 58.

**57. Показники кислотності ґрунтів (pH_{KCl}),
при яких доцільне повторне вапнування**

Грануло- метричний склад ґрунту	Сівозміна					Культурні пасовища та сінокоси	
	польова з високою питомою вагою	польова з травами, льоном, картопле	з цукровими буряками та	кормов а при- фер- мська	ово- чево- кор- мова	зла- кові	бобово - злакові

	льону	ю	люцерною				
Піщаний та супіщаний	4,8	5,0	5,3	5,2	5,2	4,8	5,0
Легко- та середньо-суглинковий	5,0	5,2	5,6	5,4	5,4	5,0	5,2
Важко-суглинковий та глинистий	5,2	5,4	5,8	5,5	5,6	5,2	5,4
Торфовий	4,4	4,6	5,2	5,0	5,0	4,3	4,6

58. Періодичність вапнування кислих ґрунтів України

Зона і область	Строк повторного вапнування, років
<i>Полісся</i>	
Волинська	6
Рівненська	6
Житомирська	6–7
Чернігівська	6–7
<i>Лісостеп</i>	
Київська	6
Тернопільська	6–7
Вінницька	7
Сумська	7
Хмельницька	7
Черкаська	7–8
Полтавська	8–9
<i>Передкарпаття, Карпати, Закарпаття</i>	
Закарпатська	4–5
Івано-Франківська	5–6
Чернівецька	5–6
Львівська	6

6.3.5. Строки, способи та місце внесення вапна в сівозмінах

Оптимальні умови реакції ґрунтового розчину для розвитку сільськогосподарських культур у сівозмінах регулюють агротехнічними заходами: дозою вапнякового матеріалу, його видом і якістю, місцем, строками та способом внесення.

Враховуючи різне відношення сільськогосподарських культур до реакції ґрунтового розчину, вапно в ґрунт вносять з таким розрахунком, щоб його максимальна дія проявилась на культурах першої і другої груп та меншою мірою – на культурах третьої і четвертої.

За даними науково-дослідних установ України на Поліссі, місце внесення вапна в сівозміні має значення там, де вирощують картоплю, льон і люпин. Виходячи з того, що картопля найкраще росте при pH_{KCl} 5,0–5,5, люпин – 4,5, льон – 5,5–6,5, вапнування слід проводити так, щоб не змінювати ці значення. Виходячи з цього в зерно-льоно-картопляних сівозмінах усі види помелених вапнякових матеріалів у рекомендованих дозах вносять при вирощуванні картоплі: восени – під зяблеву оранку або навесні – під переорювання зябу чи культивацію; при вирощуванні льону та люпину – восени під зяблеву оранку.

Недоцільно вносити вапно під картоплю, льон та люпин у формі оксиду і гідрооксиду кальцію, які різко змінюють реакцію ґрунту. Кращою формою вапна для цих культур є доломітове борошно.

У Лісостепу вапно вносять під попередники тих культур, які найкраще реагують на вапнування (цукрові буряки, люцерна, конюшина, капуста, ріпак, горох). Добрі результати дає внесення вапна безпосередньо під цукрові перед луценням стерні попередника з наступним заорюванням.

У західних районах України у 9–10-пільних сівозмінах з льоном та люпином, вапно доцільно вносити по півдози у два прийоми – на початку і в середині ротації, враховуючи чергування культур.

При внесенні вапна в ґрунт незалежно від зони і поля сівозміни необхідно добиватись максимального переміщення його з усією масою орного шару шляхом застосування всіх технологічних прийомів обробітку ґрунту.

З організаційних причин не завжди вдається провести вапнування в теплу пору року. Допускається внесення вапна взимку по зябу чи неораному полю на рівних за рельєфом площах або пологих (до 4–5°) схилах у безвітряні дні, по неглибокому свіжому снігу (до 20 см) під вимогливі до вапна культури або їх передники, на вперше освоєних землях, луках і пасовищах. Не рекомендується проводити вапнування взимку на землях, які затоплюються навесні, а також в період відлиг та бездоріжжя.

У практиці рекомендується використовувати календар робіт по вапнуванню (табл. 59). При складанні його необхідно брати до уваги міру потреби ґрунтів у вапнуванні, особливості дії вапнякових матеріалів на окремі культури і враховувати технології їх вирощування.

59. Календар робіт по вапнуванню кислих ґрунтів

Місяць	Місце проведення робіт
Квітень-травень	Під культури ярого посіву і перш за все під покрив багаторічних трав
Червень-серпень	Після збирання парозаймаючих культур і трав

	першого та другого років використання під озимі
Вересень-жовтень	Після збирання озимих, ярових і просапних культур
Листопад-березень	По мерзлому ґрунту або снігу на полях, під усі ярі культури (крім льону і картоплі), на вперше освоєних землях, луках та пасовищах

Завдання: обґрунтувати необхідність вапнування ґрунту, розрахувати дозу і фізичну норму вапна, визначити місце, строки і способи його внесення.

Хід роботи: 1. Проаналізуйте план ґрунтів і картограму кислотності з метою встановлення необхідності у вапнуванні.

2. Розрахуйте дозу вапна (CaCO_3).

3. Скоректуйте дозу вапна на оптимальну величину для певного ґрунту з урахуванням культур сівозміни і застосуванням мінеральних добрив.

4. Підберіть необхідний меліорант і розрахуйте фізичну норму вапнякового матеріалу.

5. Складіть план вапнування ґрунтів.

Розділ 7. ЗАСОЛЕНІ ҐРУНТИ, МЕТОДИ ЇХ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МЕЛІОРАЦІЇ

При наявності в ґрунтовому профілі легкорозчинних солей у концентрації 0,2–0,3% ґрунти відносять до засолених. Це солончаки, солонці та різні за ступенем солончакуватості ґрунти.

На території України засолені ґрунти поширені в зонах Сухого Степу, Степу та Лісостепу. Природно засолені ґрунти приурочені до території з близьким заляганням соленосних порід та мінералізованих підґрунтових вод. Вторинно-засолені ґрунти поширені в районах зрошувального землеробства, як наслідок застосування бездренажного зрошення або зрошення мінералізованими водами.

З водорозчинних солей у засолених ґрунтах найчастіше зустрічаються: Na_2CO_3 , NaHCO_3 , NaCl , MgCl_2 , CaCl_2 , Na_2SO_4 , MgSO_4 . Найтоксичнішими для рослин є карбонати натрію та хлориди, а найменш токсичні – сульфати. Такі солі, як CaCO_3 , MgCO_3 і CaSO_4 – для рослин не шкідливі.

7.1. АНАЛІЗ ВОДНОЇ ВИТЯЖКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАСОЛЕНОСТІ ҐРУНТІВ

Застосовуючи аналіз водної витяжки з ґрунту можна дуже швидко і досить точно визначити тип і ступінь його засолення, необхідність промивок, а при аналізі природних вод – можливість використання їх для зрошення. Даний аналіз є обов'язковим для всіх лужних ґрунтів.

Результати аналізу водної витяжки повинні дати відповіді на наступні питання:

1. Яка величина загального вмісту легкорозчинних солей у ґрунті і який ступінь засолення даного ґрунту?
2. Який якісний і кількісний склад цих солей?
3. Чи присутні серед солей токсичні солі та яка їх концентрація?
4. Які типи засолення із встановлених властиві досліджуваним ґрунтам і якої стадії засолення вони зазнають?

У водній витяжці визначають:

1. Сухий залишок, тобто загальну кількість водорозчинних речовин, яка дає уявлення про концентрацію ґрунтового розчину;
2. Залишок після прожарювання, тобто загальну кількість мінеральних водорозчинних речовин;
3. Показник рН;
4. Катіони (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) та аніони (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}).

При скороченому аналізі обмежуються визначенням сухого залишку, катіонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , аніонів HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} .

Отримані дані виражають у відсотках з точністю до 0,001 та міліеквівалентах з точністю до 0,01.

7.1.1. Приготування водної витяжки

На технічних терезах зважують 100 г повітряно-сухого ґрунту, просіяного крізь сито з діаметром отворів 1 мм. Переносять його у колбу місткістю 750 мл, приливають 500 мл дистильованої води (співвідношення ґрунт:вода 1:5), яка не містить CO_2 , а також домішок кальцію, магнію та міді (свіжеперегнана або прокип'ячена).

Вуглекислий газ обумовлює перехід карбонатів кальцію та магнію у легкорозчинні форми і дані аналізу будуть неточні. Збільшується загальна лужність та сухий залишок ($\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$).

Колбу закривають пробкою, збовтують три хвилини і відразу фільтрують, переносячи на простий складчастий фільтр як можна більше ґрунту. Для фільтрації застосовують лійки 12–15 см. Перші мутні порції фільтрату знову на фільтр, поки фільтрат не стане прозорим.

Краї фільтру, який вміщено в лійку, повинні бути вище країв лійки приблизно на 1 см, а витяжка, яка фільтрується, у свою чергу на 1–1,5 см не повинна доходити до країв лійки.

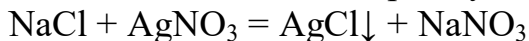
Після закінчення фільтрування фільтрат добре перемішують і колбу закривають пробкою; щоб запобігти випаровуванню витяжки і не забруднити її різними газами (HN_3 , пари HCl та ін.), які можуть бути в лабораторії. Аналіз водної витяжки проводять відразу ж після закінчення фільтрування, бо вона через 1–2 доби після отримання легко загниває.

Водні витяжки з торфів та лісових підстилок готують при відношенні 1:20, тобто беруть 25 г повітряно-сухого торфу і 500 мл дистильованої води.

7.1.2. Якісне визначення вмісту іонів

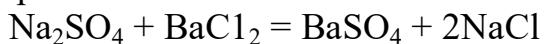
1. **Визначення хлор-іону.** Беруть у пробірку 5 мл водної витяжки і підкислюють її двома краплями 10%-ного розчину H_2SO_4 . Прибавляють кілька крапель 5%-ного розчину AgNO_3 і вміст пробірки перемішують.

Про наявність хлор-іону судять по осаду, що утворився, або по муті AgCl . Реакцію осадження хлор-іону можна представити рівнянням:



За кількістю осаду, що утворився, відмічають: мало, багато, дуже багато.

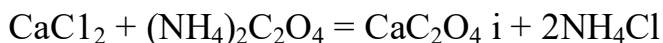
2. **Визначення сульфат-іону.** Беруть у пробірку 10 мл водної витяжки, приливають 1 мл 10%-ного розчину BaCl_2 і кип'ятять 1 хв. Якщо у розчині знаходяться солі сірчаної кислоти, то випадає біла муть – осад сірчаноокислого барію. Реакцію осадження сульфат-іону можна представити таким рівнянням:



За кількістю осаду, що утворився, відмічають: мало, багато, дуже багато.

3. **Визначення кальцій-іону.** Беруть у пробірку 5 мл водної витяжки, приливають 5 мл 4%-ного розчину щавлевокислого амонію. Доводять вміст пробірки до кипіння.

Про наявність кальцію-іону судять по осаду, що утворився, або по муті CaC_2O_4 . Реакцію осадження кальцій-іону можна представити рівнянням:



За кількістю осаду, що утворився, відмічають: мало, багато, дуже багато.

7.1.2.1. Визначення загальної кількості водорозчинних речовин (сухий залишок)

Беруть піпеткою або мірною колбою 100 мл водної витяжки, випаровують на водяній бані у попередньо висушеній і зваженій на аналітичних терезах фарфоровій чашці. Сухий залишок висушують у сушильній шафі при 105°C протягом 3 годин і після охолодження в ексікаторі зважують на аналітичних терезах. За різницею маси пустої чашки і сухим залишком визначають масу сухого залишку у взятому об'ємі витяжки. Кількість сухого залишку в процентах до маси ґрунту розраховують за формулою:

$$A_c = \frac{a \times V \times 100 \times K_{\text{H}_2\text{O}}}{V_1 \times p} \quad (104)$$

де a – маса сухого залишку, г; V – загальний об'єм води, взятий для приготування водної витяжки, мл; 100 – коефіцієнт для переводу в

проценти; V_1 – об'єм витяжки, взятий на випарювання, мл; p - наважка ґрунту; g ; K_{H_2O} – коефіцієнт гігроскопічності.

7.1.2.2. Визначення загальної кількості мінеральних водорозчинних речовин (залишок після прожарювання)

Для визначення загальної кількості мінеральних водорозчинних речовин фарфорову чашку з висушеним і зваженим сухим залишком прожарюють протягом 1–2 годин у муфельній печі або на газовому пальнику при температурі не вище 600°C.

Після охолодження в ексикаторі чашку зважують і знову прожарюють протягом 30 хв, охолоджують і знову зважують. Прожарювання і зважування повторюють до встановлення постійної маси.

Залишок при прожарюванні в процентах до маси ґрунту розраховують за формулою для сухого залишку. Різниця між сухим залишком і залишком після прожарювання дає величину втрат при прожарюванні, тобто суму органічних водорозчинних речовин.

7.1.2.3. Визначення рН водної витяжки потенціометричним методом

У чистий сухий стакан місткістю 50 мл відлити 15-20 мл водної витяжки і за допомогою рН-метра визначити рН до другого знаку.

7.1.2.4. Визначення лужності водної витяжки

Лужність ґрунтового розчину залежить від наявності в ньому вільних гідроксильних іонів (OH^-). Обумовлена вона головним чином карбонатами і гідрокарбонатами лужних та лужноземельних металів, що знаходяться в ґрунтовому розчині і при взаємодії з водою утворюють слабкі кислоти та сильні луги, які саме і визначають лужну реакцію. Лужність ґрунтового розчину може визиватись також гідролітично-лужними солями кремневої та органічних кислот. У зв'язку з тим, що різні солі викликають неоднаковий ступінь лужності водної витяжки, прийнято виділяти: а) лужність від нормальних карбонатів і б) загальну лужність.

Лужність від нормальних карбонатів створюється головним чином при наявності в ґрунті соди (Na_2CO_3), яка добре розчинна у воді. При її взаємодії з водою утворюється сильний луг ($NaOH$) і слабка кислота (H_2CO_3):



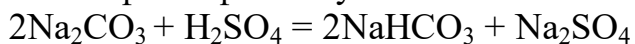
Луг добре дисоціює, створюючи у розчині велику концентрацію іонів OH^- . Лужність витяжок досягає величин рН 8,5–10.



Лужність від нормальних карбонатів виявляється у водних витяжках солончаків і солонців, які мають содове засолення.

Встановлення лужності необхідне для розробки заходів щодо її усунення. Слід зазначити, що в ґрунтах з рН менше 8,3 карбонат-іони CO_3^{2-} відсутні і лужність від нормальних карбонатів не визначають.

Суть методу визначення лужності від нормальних карбонатів полягає у титруванні певного об'єму водної витяжки сірчаною кислотою у присутності фенолфталеїну:



В результаті даної реакції з'явлення в розчині іону HCO_3^- приводить до зниження рН нижче 8,3 і знебарвлення фенолфталеїну. Згідно з рівнянням реакції, сода відтитровується лише наполовину, тобто до утворення бікарбонату. Отже, загальна кількість CO_3^{2-} (лужність від нормальних карбонатів) буде дорівнювати подвійній кількості кислоти, яка пішла на титрування. Це необхідно враховувати при розрахунках.

Хід аналізу. У дві конічні колби, місткістю 100 мл, відібрати піпеткою на 25–50 мл водної витяжки і додати по дві краплі фенолфталеїну; якщо у витяжці є сода, вона забарвлюється у рожевий колір. У даному випадку витяжку титрують 0,05н розчином H_2SO_4 до повного знебарвлення. Титрування слід вести при "свідку" – друга колба з такою ж кількістю індикатора – фенолфталеїну. Спочатку титрують одну колбу, а потім більш точно другу.

Розрахунки лужності від нормальних карбонатів у мг-екв на 100 г сухого ґрунту здійснюють за формулою:

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{2 \times a_1 \times n \times K_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times V \times 100 \times K_{\text{H}_2\text{O}}}{V_1 \times p} \quad (105)$$

де 2 – коефіцієнт перерахунку бікарбонатів у карбонати; a_1 – кількість розчину H_2SO_4 , який пішов на титрування 50 мл водної витяжки, мл; n – нормальність титрованого розчину H_2SO_4 ; $K_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ – поправочний коефіцієнт до нормальності H_2SO_4 ; V – загальний об'єм водної витяжки, мл; 100 – коефіцієнт переводу на 100 г ґрунту; $K_{\text{H}_2\text{O}}$ – коефіцієнт гігроскопічності; V_1 – об'єм фільтрату, взятий для титрування, мл; p – маса наважки ґрунту, г.

Вміст карбонатів у процентах розраховують за формулою:

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{\text{CO}_3^{2-} \text{ мг - екв/100г} \times 30}{1000} \quad (106)$$

де 30 – еквівалентна маса CO_3^{2-} ; 1000 – коефіцієнт для перерахунку в %. Отримані дані заносять в таблиці 60 і 61.

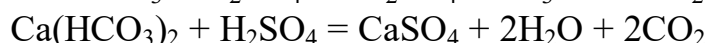
60. Форма запису результатів аналізу визначення лужності від нормальних карбонатів

№ ґрун- тового зразка	Маса повіт- ряно- сухого зразку ґрунту, г	Об'єм води, взятої для приготу- вання водної витяжки, мл	Кількість фільтрату, взятого для титрування, мл	Поправка на норма- льність H ₂ SO ₄	Кількість 0,05 н H ₂ SO ₄ , яка пішла на титру- вання, мл	Вміст нормальних карбонатів (CO ₃ ²⁻)	
						мг-екв на 100 г ґрунту	%
	p	V	V ₁	K _{H2SO4}	a ₁		

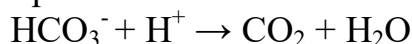
61. Форма запису результатів аналізу визначення загальної лужності

№ ґрун- тового зразка	Маса повіт- ряно- сухого зразку ґрунту, г	Об'єм води, взятої для приготу- вання водної витяжки, мл	Кількість фільтрату, взятого для титру- вання, мл	Кількість 0,05 н H ₂ SO ₄ , яка пішла на титрування при індикаторі, мл		Поправка на норма- льність H ₂ SO ₄	Загальна лужність (HCO ₃ ⁻)	
				фенол- фталеїну	метил- оранжі		мг-екв на 100 г ґрунту	%
	p	V	V ₁	a ₁	a ₂	K _{H2SO4}		

Суть методу визначення загальної лужності полягає у титруванні водної витяжки кислотою в присутності індикатора - метилоранжу, тобто до рН 4,4:



Отже, реакція в даному випадку відбувається до повного руйнування гідрокарбонатів:



Хід аналізу. В ту саму колбу, де правильно (без перетитрування) була визначена лужність від нормальних карбонатів (і в тому випадку, коли вона була відсутня) додати 2 краплі метилоранжу. Витяжка набуває світло-жовтого забарвлення.

Вміст колби відтитрувати 0,05 н розчином H₂SO₄ до появи стійкого слабо-рожевого забарвлення. Титрування слід проводити при "свідку", яким служить колба з таким же об'ємом водної витяжки та індикатором. Спочатку титрують одну колбу, а потім більш точно другу. Розрахунки загальної лужності у мг-екв на 100 г ґрунту проводять за формулою:

$$\text{HCO}_3^- = \frac{(a_1 + a_2) \times n \times K_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times V \times 100 \times K_{\text{H}_2\text{O}}}{V_1 \times p} \quad (107)$$

де a_1 – кількість розчину H_2SO_4 , затраченого на визначення лужності, від нормальних карбонатів, мл; a_2 – кількість розчину H_2SO_4 , затраченого на визначення лужності, яку визивають бікарбонати, мл; n – нормальність титрованого розчину H_2SO_4 ; $K_{H_2SO_4}$ – поправка до нормальності H_2SO_4 ; V – загальний об'єм водної витяжки, мл; 100 – коефіцієнт перерахунку на 100 г ґрунту; K_{H_2O} – коефіцієнт гігроскопічності; V_1 – об'єм фільтрату, взятий для титрування, мл; p – наважка повітряно-сухого ґрунту, г. Вміст гідрокарбонатів у процентах розраховують за формулою:

$$HCO_3^- = \frac{HCO_3^- \text{ мг-екв/100г} \times 61}{1000} \quad (108)$$

де 61 – еквівалентна маса HCO_3^- ; 1000 – коефіцієнт перерахунку в %.

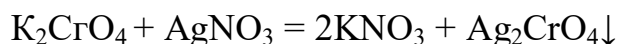
7.1.2.5. Визначення хлор-іонів методом Мора

Суть методу полягає у титруванні водної витяжки азотнокислим сріблом у присутності хромовокислого калію. За рахунок меншої розчинності $AgCl$ та більшої Ag_2CrO_4 іони хлору з'являються раніше, а кінець титрування встановлюють, коли в осад починає випадати хромовокисле срібло.

Хід аналізу. В ту саму колбу, де правильно (без перетитрування) визначено загальну лужність, приливають 1 мл (10 крапель) 10%-ного розчину хромовокислого калію (K_2CrO_4) і титрують 0,5 н розчином $AgNO_3$ до з'явлення оранжево-червоного забарвлення. Для точного визначення кінця титрування дослід ведуть зі “свідком”. Поряд поміщають другу колбу, яка містять таку саму кількість водної витяжки і K_2CrO_4 . Реакція протікає за рівнянням:

$NaCl + AgNO_3 = NaNO_3 + AgCl \downarrow$ і супроводжується випаданням білого-осаду.

Коли весь хлор буде зв'язаний сріблом, останнє вступає «у реакцію» з K_2CrO_4 :



Хромовокисле срібло дає осад оранжево-червоного (червоно-бурого) забарвлення, появлення якого і служить моментом, який визначає кінець титрування.

Кількість вмісту хлор-іону у мг-екв на 100 г сухого ґрунту визначають за формулою:

$$Cl^- = \frac{a \times n \times K_{AgNO_3} \times V \times 100 \times K_{H_2O}}{V_1 \times p} \quad (109)$$

де a – кількість $AgNO_3$ затраченого на титрування, мл; n – нормальність $AgNO_3$; K_{AgNO_3} – поправка до нормальності $AgNO_3$; V – загальний об'єм водної витяжки, мл; 100 – коефіцієнт перерахунку на 100 г

грунту; K_{H_2O} – коефіцієнт гігроскопічності; V_1 – об'єм водної витяжки, взятої для титрування, мл; p – наважка повітряно-сухого ґрунту, г.

Вміст хлор-іону у процентах розраховують за формулою:

$$Cl^- = \frac{Cl^- \text{ мг - екв/100 г} \times 35,5}{1000} \quad (110)$$

35,5 – еквівалентна маса Cl^- ; 1000 – коефіцієнт для перерахунку в %.

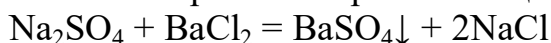
Отримані дані заносять в табл. 62.

62. Форма запису результатів аналізу визначення хлор-іонів

№ ґрун- тового зразка	Маса повіт- ряно- сухого зразку ґрунту, г	Об'єм води, взятої для приготу- вання водної витяжки, мл	Кількість фільтрату, взятого для титрування, мл	Поправка на норма- льність $AgNO_3$	Кількість 0,05 н $AgNO_3$, яка пішла на титру- вання, мл	Вміст хлор-іонів Cl^-	
						мг-екв на 100 г ґрунту	%
	p	V	V_1	$K_{H_2SO_4}$	a_1		

7.1.2.6. Визначення сульфат-іонів

Суть методу визначення іона SO_4^{2-} у водній витяжці ґрунту ґрунтується на здатності його утворювати з іоном Ba^{2+} нерозчинний осад сірчаноокислого барію ($BaSO_4$). За масою осаду судять про кількість сульфат-іонів. Осаджують їх хлористим барієм. Реакція відбувається за рівнянням:



Хід аналізу. Об'єм витяжки, необхідної для аналізу, встановлюють попередньою пробою на сульфат-іон. За величиною осаду і ступенем помутніння визначають об'єм витяжки для аналізу. До уваги беруть такі показники:

а) якщо помутніння відсутнє, SO_4^{2-} в розчині немає і аналіз не проводиться;

б) при помутнінні розчину, яке вказує на малий вміст SO_4^{2-} , для аналізу беруть 50 мл витяжки;

в) при випаданні осаду при кількісному визначенні SO_4^{2-} беруть від 5 до 20 мл витяжки;

г) якщо осад дуже великий, витяжку беруть в об'ємі 5–10 мл і розбавляють до 50 мл дистильованою водою.

Витяжку певного об'єму вміщують у термостійкий хімічний стакан місткістю 100 мл. Фільтрат нейтралізують 10%-ним розчином аміаку, підкислюють 10%-ним розчином HCl до яскраво-рожевого забарвлення метилового червоного, після чого додають ще 1 мл HCl .

Підкислений фільтрат нагрівають до кипіння і осаджують SO_4^{2-} гарячим 10%-ним розчином $BaCl_2$, прибавляючи його по краплях з піпетки у кількості 1–5 мл, ретельно розмішуючи.

Закривши стакан з осадом годинниковим склом, кип'ятять 2-3 хв. і лишають на 2-3 години в теплом місці, після чого осад відфільтровують крізь маленьку лійку зі щільним беззольним фільтром, переносячи осад на фільтр лише в кінці фільтрації. Осад на фільтрі та стакан ретельно промивають гарячою дистильованою водою, злегка підкисленою 10%-ною HCl, до повного зникнення реакції на барій (проба з 10%-ною H₂SO₄).

Фільтрат з осадом просушують на лійці і фільтр переносять у прожарений і зважений на аналітичних терезах фарфоровий тигель, обвуглюють під тягою на газовому пальнику, а потім ставлять у муфельну піч і прожарюють при температурі не вище 600–700°C протягом 20–25 хв. При температурі понад 800°C осад розкладається.

Виймають тигель з муфельної печі, охолоджують в екзикаторі, зважують на аналітичних терезах, потім повторно його прожарюють до сталої маси 30 хв за різницею між масою осаду з тиглем і масою пустого тигля визначають масу прожареного BaSO₄. Кількість SO₄²⁻ розраховують за формулою у мг-екв на 100 г сухого ґрунту:

$$SO_4^{2-} = \frac{a \times V \times 0.4114 \times 100 \times K_{H_2O}}{V_1 \times p} \quad (111)$$

де а – маса осаду BaSO₄, г; V – загальна кількість води, яку взято для приготування водної витяжки, мл; 0,4114 – коефіцієнт переводу BaSO₄ у SO₄²⁻; 100 – коефіцієнт перерахунку на 100 г ґрунту; K_{H₂O} – коефіцієнт гігроскопічності; V₁ – об'єм витяжки, взятої для визначення SO₄²⁻, мл; p – наважка повітряно-сухого ґрунту, г.

Вміст сульфат-іонів у відсотках розраховують за формулою:

$$SO_4^{2-} = \frac{SO_4^{2-} \text{ мг-екв} / 100 \text{ г} \times 48,03}{1000} \quad (112)$$

де 48,03 – еквівалентна маса SO₄²⁻; 1000 – коефіцієнт для перерахунку у відсотки.

Отримані дані заносять до таблиці 63.

63. Форма запису результатів аналізу визначення сульфат-іонів

№ ґрун- тового зразка	Маса пові- тряно-сухого зразку ґрунту, г	Об'єм води, взятої для приготування водної витяжки, мл	Об'єм витяжки, взятої для визначення SO ₄ ²⁻ , мл	Маса осаду, г	Вміст сульфат- іонів (SO ₄ ²⁻)	
					мг-екв на 100 г ґрунту	%
	p	V	V ₁	a		

7.1.2.7. Визначення кальцію та магнію трилонометричним методом

Для визначення беруть піпеткою 5-25 мл водної витяжки залежно від величини осаду при якісному визначенні Ca²⁺ в колбу на 200 мл, розбавляють дистильованою водою в 3–5 разів і проводять визначення Ca²⁺

комплексометричним методом з трилоном-Б, як вказано в розділі 6.

Потім визначають суму Ca^{2+} і Mg^{2+} . Кількість магнію розраховують за різницею між другим (Ca^{2+} і Mg^{2+}) і першим (Ca^{2+}) визначеннями.

При визначенні Ca^{2+} розрахунки ведуть за формулою:

$$\text{Ca}^{2+} = \frac{a \times 0,05 \times K_{\text{ТР-Б}} \times 100 \times K_{\text{H}_2\text{O}}}{V_1 \times p} \quad (113)$$

де Ca^{2+} – вміст іонів кальцію, мг-екв на 100 г сухого ґрунту; а – кількість 0,05 н трилону-Б, який пішов на титрування, мл; 0,05 – нормальність розчину трилону-Б; $K_{\text{ТР-Б}}$ – поправка до нормальності трилону-Б; V – кількість дистильованої води, приливої до наважки ґрунту, мл; 100 – для перерахунку на 100 г ґрунту; $K_{\text{H}_2\text{O}}$ – коефіцієнт гігроскопічності; V_1 – об'єм фільтрату взятого для титрування, мл; p – наважка повітряно-сухого ґрунту, г.

Для переводу вмісту іонів кальцію у відсотки застосовують формулу:

$$\text{Ca}^{2+} = \frac{\text{Ca}^{2+} \text{ мг-екв/100г} \times 20}{1000} \quad (114)$$

де 20 – еквівалентна маса Ca^{2+} ; 1000 – коефіцієнт для перерахунку у відсотки. Отримані дані заносять до таблиці 64.

64. Форма запису результатів аналізу визначення іонів кальцію

№ ґрун- тового зразка	Маса повіт- ряно- сухого зразку ґрунту, г	Об'єм води, взятої для приготу- вання водної витяжки, мл	Кількість фільтрату, взятого для титру- вання, мл	Поправка на норма- льність трилону-Б	Кількість 0,05 н трилону-Б, яка пішла на титру- вання, мл	Вміст Ca^{2+}	
						мг-екв на 100 г ґрунту	%
	p	V	V_1	$K_{\text{ТР-Б}}$	a		

Вміст суми іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} в мг-екв на 100 г ґрунту розраховують за формулою

$$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = \frac{a \times 0,05 \times K_{\text{ТР-Б}} \times V \times 100 \times K_{\text{H}_2\text{O}}}{V_1 \times p} \quad (115)$$

де значення показників такі, як у формулі 113.

Отримані дані заносять до таблиці 65.

65. Форма запису результатів аналізу визначення іонів кальцію та магнію

№ ґрун- тового зразка	Маса повітряно- сухого зразку ґрунту, г	Об'єм води, взятої для приго- тування водної витяжки, мл	Кількість фільтрату взятого для титру- вання, мл	Поправка на норма- льність трилону-Б	Кількість 0,05 н трилону-Б, яка пішла на титрування, мл	Вміст іонів Ca ²⁺ та Mg ²⁺ , мг-екв на 100 г ґрунту
	p	V	V ₁	K _{ТР-Б}	a	

Для визначення вмісту іону магнію у мг-екв на 100 г ґрунту від суми Ca²⁺ та Mg²⁺ необхідно відняти вміст іонів Ca²⁺ у мг-екв на 100 г ґрунту.

Для переведення вмісту іонів магнію у відсотки користуються формулою:

$$Mg^{2+} = \frac{Mg^{2+} \text{ мг - екв} / 100 \text{ г} \times 12}{1000} \quad (116)$$

де 12 – еквівалентна маса Mg²⁺; 1000 – коефіцієнт для перерахунку у відсотки. Отримані дані заносять до табл. 66.

66. Підсумкова таблиця результатів аналізу водної витяжки

№ ґрун- тового зразка	Сухий зали- шок, %	Міне- раль- ний зали- шок, %	Аніони					Катіони					Загальна сума іонів отриманих при аналізі
			CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Сума	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сума	

7.1.2.8. Визначення іонів натрію та калію

Суть методу. Вміст іонів Na⁺ та K⁺ визначають у водній витяжці за допомогою полуменевого фотометра. Для визначення натрію використовують світлофільтр з довжиною хвилі 589, для калію – 766 нм.

Хід аналізу. Приготовляють шкалу зразкових розчинів для калібрування полуменевого фотометра. Для цього в мірну колбу місткістю 250 мл вливають з бюретки таку кількість зразкового розчину:

67. Шкала зразкових розчинів для визначення іонів Na і K

Номер зразкового розчину	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Об'єм вихідного зразкового розчину, мл	0	1	3	5	7	10	15	20	25	30
Вміст натрію, мг- екв на 100 г	0	1	3	5	7	10	15	20	25	30

грунту										
Вміст калію, мг-екв на 100 г грунту	0	0,5	1,5	2,5	3,5	5	7,5	10	12,5	15

Об'єм розчинів у колбах доводять до риски водою і добре перемішують. За допомогою шкали зразкових розчинів калібрують полуменевий фотометр. Знаючи вміст натрію, калію і показники шкали гальванометра, будують калібрувальні графіки.

Водну витяжку фотометрують аналогічно. Потім обчислюють вміст натрію та калію у мг-екв на 100 г ґрунту за допомогою калібрувального графіка.

Для переводу отриманих даних у відсотки застосовують такі формули:

$$Na^{+} = \frac{Na^{+} \text{мг} - \text{екв}/100 \text{ г} \times 23}{1000} \quad (117)$$

$$K^{+} = \frac{K^{+} \text{мг} - \text{екв}/100 \text{ г} \times 39,1}{1000} \quad (118)$$

де 23 – еквівалентна маса Na^{+} ; 39,1 – еквівалентна маса K^{+} ; 1000 – коефіцієнт для перерахунку в %.

Отримані дані заносять у таблицю 66.

7.1.2.9. Визначення суми натрію та калію розрахунковим методом

При аналізі водної витяжки часто Na^{+} і K^{+} безпосередньо не визначають, а розраховують. Розрахунковий метод визначення суми Na^{+} і K^{+} заснований на тому, що у розчині сума аніонів еквівалентна сумі катіонів.

У водній витяжці визначають аніони CO_3^{2-} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{2-} та катіони Ca^{2+} , Mg^{2+} . Різницю між сумою еквівалентів аніонів та катіонів приймають як еквівалентну кількість Na^{+} і K^{+} .

При таких розрахунках допускають, що всіх інших аніонів та катіонів у водній витяжці мало і їх можна не враховувати. Проте в деяких ґрунтах засоленого ряду такі аніони, як NO_3^{-} та NO_2^{-} інколи зустрічаються в значних кількостях, тому визначення Na^{+} , K^{+} за різницею не завжди дає добрі результати і має відносне значення.

Дані для визначення сухого і прожареного залишку по всіх аніонах та катіонах заносять у підсумкову таблицю 66.

7.1.3. Перевірка точності аналізу водної витяжки

У зв'язку з тим, що для визначення тих або інших іонів застосовуються різні методи, які мають різну точність, а звідси і помилки, отримані результати аналізу водної витяжки потребують перевірки.

Існує декілька шляхів перевірки імовірності результатів:

1. Співставленням суми солей (аніонів та катіонів), виражене у процентах, з величиною сухого залишку (в ґрунтах, де багато водорозчинних органічних речовин, краще з величиною мінерального залишку).

Сума солей (катіонів та аніонів) у процентах повинна дорівнювати сухому залишку (також у процентах), тобто

$(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) + (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) = \text{сухий залишок, \%}$

Коли підсумовується процент аніонів, HCO_3^- береться у половинній кількості, бо при випаровуванні в процесі одержання сухого залишку половина CO_2 бікарбонатів випаровується:



Звичайно величина сухого залишку більша суми іонів. Це може бути пов'язано з наявністю кристалізаційної води в солях сухого залишку, а також з присутністю в сухому залишку водорозчинних органічних сполук.

Аналіз водної витяжки вважається виконаним вірно при умові, що розходження між величинами сухого залишку і сумою аніонів та катіонів не перевищує 5%.

2. Співставленням аніонної та катіонної частин між собою (тобто суми аніонів та суми катіонів), які виражені у мг-екв на 100 г сухого ґрунту.

Сума міліеквівалентів аніонів і сума міліеквівалентів катіонів повинні бути рівні між собою

$$\sum (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) \text{ мг-екв} = \sum (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) \text{ мг-екв}$$

Гранично допустиме розходження між аніонною і катіонною частинами, вираженими у мг-екв, не повинно перевищувати 7%.

3. Помилку аналізу водної витяжки, коли визначені головні аніони (HCO_3^- ; Cl^- ; SO_4^{2-}) і катіони (Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ ; K^+), можна розрахувати за формулою:

$$\Delta = \frac{(\sum \text{катіонів} - \sum \text{аніонів}) \times 100}{(\sum \text{катіонів} + \sum \text{аніонів})} \quad (119)$$

де Δ - відносна помилка аналізу, %.

Основною причиною розходження між аніонною та катіонною частинами є помилки, які виникають при визначенні кожного з іонів (відносна помилка визначення окремого іона дорівнює 1%), звідси відносна помилка суми головніших іонів (HCO_3^- ; Cl^- ; SO_4^{2-} ; Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ ; K^+) дорівнює 7 %.

Розходження може бути обумовлено наявністю у водній витяжці іонів, які не визначаються аналізом: Fe^{2+} ; Fe^{3+} ; Al^{3+} ; Mn^{2+} ; HSO_3^- ; NO_3^- ; HPO_4^{2-} та ін.

7.2. ВСТАНОВЛЕННЯ ТИПУ І СТУПЕНЯ ЗАСОЛЕННЯ ҐРУНТУ

У зв'язку з тим, що різні солі неоднаково токсичні для рослин, засолені ґрунти розрізняють за складом солей. Перш ніж встановити ступінь засолення ґрунту, необхідно визначити хімізм (тип) засолення. Останній визначається аналізом водних витяжок і заснований на співвідношенні аніонів та катіонів. Класифікація ґрунтів за хімізмом засолення, розроблена Інститутом ґрунтознавства ім. В.В. Докучаєва, наведена в таблиці 68.

68. Класифікація ґрунтів за хімізмом засолення

За аніонним складом	Відношення аніонів, мг-екв			Відношення катіонів і аніонів, мг-екв	За катіонним складом, мг-екв	Відношення катіонів, мг-екв		
	$\frac{\text{Cl}^-}{\text{SO}_4^{2-}}$	$\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{Cl}^-}$	$\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{SO}_4^{2-}}$			$\frac{\text{Na}^+}{\text{Mg}^{2+}}$	$\frac{\text{Na}^+}{\text{Ca}^{2+}}$	$\frac{\text{Mg}^{2+}}{\text{Ca}^{2+}}$
Хлоридний	>2,5	—	—		Натрієвий	>1	>1	—
Сульфатно-хлоридний	2,5–1	—	—		Натрієво-магнієвий	<1	>1	>1
Хлоридно-сульфатний	1–0,2	—	—		Магнієво-натрієвий	>1	>1	>1
Сульфатний	<0,2	—	—		Кальцієво-натрієвий	>1	>1	<1
Содово-хлоридний	>1	<1	>1	$\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	Кальцієво-магнієвий	<1	<1	>1
Содово-сульфатний	<1	>1	<1	Те саме	Натрієво-кальцієвий	>1	<1	<1
Хлоридно-содовий	>1	>1	>1	Те саме	Магнієво-кальцієвий	<1	<1	<1
Сульфатно-содовий	<1	>1	>1	Те саме	Магнієвий	<1	—	>1
Сульфатно-хлоридно-гідрокарбонатний	—	>1	>1	$\text{HCO}_3^- > \text{Na}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{Mg}^{2+}$				

У водній витяжці можуть бути присутні наступні солі: легкорозчинні NaCl , Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , NaHCO_3 , MgCl_2 , CaCl_2 , MgSO_4 , слабкорозчинні – CaSO_4 , MgCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, важкорозчинні – CaCO_3 . До токсичних

відносяться всі легкорозчинні солі, а з слабкорозчинних — MgCO_3 , до нетоксичних — всі слабо- і важкорозчинні солі. Тому дуже важливо встановити, які та скільки токсичних і нетоксичних солей.

Розрахунки токсичних солей за даними аналізу водної витяжки проводять наступним чином. До токсичних відносяться: іони Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , CO_3^{2-} ; іони SO_4^{2-} та HCO_3^- зв'язані з Na^+ та Mg^{2+} ; іони Ca^{2+} , зв'язні з Cl^- . Залежно від складу водної витяжки можливі наступні варіанти розрахунку токсичних іонів:

1. Якщо вміст іона HCO_3^- менше Ca^{2+} , а вміст Ca^{2+} менше SO_4^{2-} розраховують лише токсичний іон SO_4^{2-} , зв'язаний з Na^+ та Mg^{2+} за формулою:

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ токс} = (\text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+}) - \text{Cl}^- ,$$

Наприклад, за даними водної витяжки вміст іонів становить: HCO_3^- - 0,44 мг-екв; Cl^- - 5,38; SO_4^{2-} - 5,99; Ca^{2+} - 2,30; Mg^{2+} - 1,65; Na^+ - 7,86 мг-екв на 100 г ґрунту.

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ токс} = (7,86 + 1,65) - 5,38 = 4,13 \text{ мг-екв.}$$

Кількість токсичних іонів у витяжці така: Cl^- - 5,38; SO_4^{2-} - 4,13; Mg^{2+} - 1,65; Na^+ - 7,86 мг-екв.

2. Якщо вміст HCO_3^- менше Ca^{2+} , а Ca^{2+} більше SO_4^{2-} , розраховують токсичний Ca^{2+} , зв'язний з Cl^- , за формулою:

$$\text{Ca}^{2+} \text{ токс} = \text{Cl}^- - (\text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+})$$

3. Якщо вміст іона HCO_3^- більше Ca^{2+} , розраховують токсичний HCO_3^- за формулою:

$$\text{HCO}_3^- \text{ токс} = \text{HCO}_3^- \text{ заг.} - \text{Ca}^{2+}$$

Вміст іонів, виражений у міліеквівалентах перемножують на міліеквівалентну масу, яка дорівнює: Ca^{2+} - 0,02; Mg^{2+} - 0,012; Na^+ - 0,023; K^+ - 0,039; Cl^- - 0,035; HCO_3^- - 0,061; CO_3^{2-} - 0,031; SO_4^{2-} - 0,053; отримуємо вміст токсичних у відсотках від маси сухого ґрунту. Сума їх дає суму токсичних солей у відсотках.

Сума токсичних солей (%) при вмісті токсичних іонів, як у нашому прикладі, буде становити:

$$\text{Cl}^- 5,38 * 0,035 = 0,18870$$

$$\text{SO}_4^{2-} 4,13 * 0,053 = 0,21889$$

$$\text{Mg}^{2+} 1,65 * 0,012 = 0,01980$$

$$\text{Na}^+ 7,86 * 0,023 = 0,18078$$

$$\text{Сума } 0,60817 = 0,61 \%$$

Враховуючи, що за співвідношенням іонів у даному ґрунті тип засолення хлоридно-сульфатний, за даними таблиці 69 встановлюємо ступінь засолення, який відповідає градації сильнозасолений. Отже, в нашому прикладі маємо сильнозасолений ґрунт з хлоридно-сульфатним типом засолення.

Користуючись табл. 70 встановлюємо, що на такому ґрунті слід очікувати сильне пригнічення і випаді рослин, яке супроводжується зниженням урожаю на 50–80%.

69. Класифікація ґрунтів за ступенем засолення (солончакуватості) залежно від складу солей (за Н.І. Базилевич, Е.І. Панковою)

Ступінь засоленості	Хімізм (тип) засолення, сухий залишок (сума солей), %						
	Хлоридний	Сульфатно-хлоридний	Хлоридно-сульфатний	Сульфатний	Содово-хлоридний, хлоридно-содовий, содовий	Содово-сульфатний, сульфатно-содовий	Сульфатно- або хлоридно-гідрокарбонатний
Незасолені	< 0,05	< 0,1	< 0,2	< 0,3	< 0,1	< 0,15	< 0,2
Слабко-засолені	0,05–0,15	0,1–0,2	0,2–0,4	0,3–0,4	0,1–0,2	0,15–0,25	0,2–0,4
Середньо-засолені	0,15–0,3	0,2–0,4	0,4–0,6	0,4–0,8	0,2–0,3	0,25–0,4	0,4–0,5
Сильно-засолені	0,3–0,7	0,4–0,8	0,6–0,9	0,8–0,12	0,3–0,5	0,4–0,6	Не зустрічаються
Дуже засолені (солончаки)	>0,7	> 0,8	> 0,9	> 1,2	> 0,5	>0,6	Те саме

70. Ступінь засолення і стан польових культур

Ступінь засолення ґрунтів	Стан середньостійких рослин
Незасолені	Добрий ріст і розвиток (рослини не випадають, врожай нормальний)
Слабкозасолені	Слабке пригнічення (спостерігаються випаді рослин, зниження врожаю на 10-20%)
Середньозасолені	Середнє пригнічення (випаді рослин, зниження врожаю на 20-50%)
Сильнозасолені	Сильне пригнічення (випаді рослин, зниження врожаю на 50-80%)
Дуже сильнозасолені	Виживають поодинокі рослини (врожай практично відсутній)

Про направленість сольового режиму ґрунтів (відбувається процес засолення чи розсолення) можна судити за характером аніонного складу водної витяжки. Хлоридний тип засолення характерний для ґрунтів з прогресивним соленакопиченням, хлоридно-сульфатний – ґрунтам проміжного ряду, а сульфатний – ряду розсолення (при наявності акумуляції гіпсу).

7.3. ЕЛЕМЕНТИ МЕЛІОРАЦІЇ ЗАСОЛЕНИХ ҐРУНТІВ

Боротьба з засоленням включає комплекс профілактичних заходів, які направлені на регулювання сольового режиму ґрунтів залежно від потреб рослин до складу ґрунтів. Оптимальна концентрація легкорозчинних солей в ґрунтових розчинах не повинна перевищувати 5-6 г/л. Граничнодопустимий вміст солей залежно від типу засолення ґрунту наведено в таблиці 71. За рахунок дренажу та інших заходів необхідно забезпечити зниження рухомих солей у кореневмісному шарі до наведених значень.

Враховуючи, що одним з основних джерел засолення ґрунтів є неглибоко залягаючі мінералізовані підґрунтові води – їх рівень необхідно підтримувати на глибині, близькій до критичної, для створення умов, щоб водообмін ґрунту підґрунтовими водами за вегетаційний період був від’ємним і були відсутні висхідні токи води в зоні аерації.

71. Верхня межа допустимого вмісту солей у ґрунті залежно від типу засолення, % на суху наважку (за даними аналізу водної витяжки, ґрунт: розчин 1:5)

Параметри	Тип засолення						
	Хло- рид- ний	Суль- фатно- хлорид- ний	Хло- ридно- суль- фатний	Суль- фат- ний	Содово- хлоридний, хлоридно- содовий	Содово- сульфатний, сульфатно- содовий	Сульфатно - або хлоридно гідрокарбо- натний
Загальний вміст солей (сухий залишок)	0,15	0,20	0,4 (1,2)*	0,6 (1,2)*	0,20	0,25	0,40
Сума токсичних солей	0,10	0,12	0,25	0,30	0,15	0,25	0,30
Токсичний сульфат-іон	0,02	0,04	0,11	0,14	—	0,07	0,10
Хлор-іон	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	—	0,03
Рухомий натрій-іон	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
Гідрокарбонат-іон	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10
pH у суспензії 1:2,5	8,3	8,3	8,3	8,3	8,5	8,5	8,5
Ввібраний натрій	У високогумусних та мало гумусних ґрунтах верхня межа не повинна перевищувати відповідно 10 і 5% від суми катіонів						
• Цифри без дужок відповідають вмісту гіпсу в ґрунтах до 0,5%, у дужках – понад 0,5%							

Критична глибина залягання підґрунтових вод для лесових ґрунтів залежно від ступеня їх мінералізації за А.М. Костяковим становить (табл. 72).

72. Критична глибина залягання підґрунтових вод для лесових ґрунтів (за А.М. Костяковим)

Мінералізація, г/л	Критична глибина, м
3	1,7–2,2
3–5	2,2–3,0
5–7	3,0–3,5

На важких ґрунтах критична глибина на 20% більша, ніж наведені дані. В залежності від кліматичних умов місцевості критичну глибину залягання ґрунтових вод ($H_{кр,м}$) можна розрахувати за формулою В.А. Ковди:

$$H_{кр} = 170 + 8 t^{\circ} \quad (119)$$

де t° – середньорічна температура повітря, $^{\circ}\text{C}$.

При освоєнні засолених ґрунтів дуже важливо підбирати рослини, враховуючи їх солестійкість. Відносна солестійкість рослин наведена в таблиці 73.

73. Відносна солестійкість рослин

Нестійкі	Середньостійкі	Стійкі
Польові культури		
Квасоля, горох	Жито, пшениця, сорго, соя, боби кінські, кукурудза, льон, соняшник	Ячмінь, цукровий і кормовий буряк, ріпак
Кормові трави		
Конюшина повзуча, шведська, лучна, лисохвіст	Буркун білий і жовтий, райграс багаторічний, кострець, канаркова трава, суданська трава, люцерна, вівсяниця лугова, лядвенець, грястиця збірна	Споробулус, безкильниця, пирій високий і американський, вівсяниця висока, мятлик
Овочеві культури		
Редис, селера, квасоля на зелені боби	Томати, капуста кочанна та цвітна, кукурудза цукрова, картопля, перець, морква, цибуля, горох, гарбузи столові, огірки	Буряк столовий, капуста листова, спаржа, шпинат, ріпа
Плодові культури		
Груша яблуня,	Гранат, виноград	Відсутні

слива, абрикос, полуниці	мигдаль, персик,		
--------------------------------	---------------------	--	--

Плодові культури взагалі не слід розміщувати на засолених ґрунтах. Навіть глибокозасолені ґрунти (солі на глибині 150–200 см) несприятливі для росту і плодоношення саду, здебільшого викликаючи його передчасну загибель.

За дією на плодові дерева розрізняють дві групи шкідливих солей: нейтральні та лужні. Кількість нейтральних солей (MgSO_4 , MgCl_2 , Na_2SO_4 , NaCl , CaCl_2) в кореневмісному шарі не повинна перевищувати для яблуні і ґрунті 3,5–4, для абрикоса 4,0–4,5 мг-екв на 100 г ґрунту. Лужні солі (Na_2CO_3 , NaHCO_3 , $\text{M}(\text{HCO}_3)_2$) більш отруйні, їх гранично допустимий вміст не повинен перевищувати 1 мг-екв на 100 г ґрунту.

Для плодових культур запропоновано межу солестійкості визначати кількістю солей, яка дозволяє збирати 50% урожаю порівняно з незасоленими ґрунтами. Дані про гранично допустимі концентрації солей під плодові культури наведено в таблицях 74 і 75.

74. Гранично допустимі концентрації солей у ґрунтах, які відводиться під плодові насадження, мг-екв на 100 г ґрунту (за С.Ф. Неговєловим)

Група ґрунтів	Шкідливі солі	Глибина шарів ґрунту, см				Придатність ґрунтів під плодові насадження
		0-100	100-160	160-200	200-300	
I	Сульфати	2,0	2,0	2,0	2,0	Добрі для всіх плодових культур
II	Хлориди Сульфати	0,3 2,0	0,3 2,0	0,3 2,0	0,3 2,0-3,0	Задовільні для всіх плодових культур
III	Хлориди Сульфати	0,3 2,0	0,3 2,0-2,5	0,3 2,0-3,0	0,3-0,5 3,0-3,5	Задовільні для кісточкових порід, крім черешні; незадовільні для зерняткових
IV	Сульфати	2,0	3,0	5,0	5,0	Непридатні під плодові насадження

75. Гранично допустимі концентрації лужних солей у ґрунтах, які відводяться під плодові насадження в шарі 50-100 см (за В.Ф. Івановим)

Порода	Підщепа	Вміст лужних солей, мг-екв на 100 г ґрунту			
		Загальна лужність (HCO_3^{2-})	Na_2CO_3	NaHCO_3	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Черешня	Черешня	0,60	не допустимо		< 0,20

Яблуня	Дика лісова яблуня	0,80	те саме	< 0,20	< 0,20
Груша	Дика лісова груша	0,80	те саме	< 0,20	< 0,20
Слива	Алича	1,00	< 0,05	< 0,25	< 0,25

Отже, боротьба із засоленням ґрунтів включає систему профілактичних заходів: спорудження зрошувальних систем з проведенням протифільтраційних робіт, будову дренажу, підбір солестійких культур і дотримання технологій їх вирощування, оптимізацію поливного режиму, періодичну промивку ґрунтів та ін.

Розділ 8. ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕГРАДАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ҐРУНТІВ

8.1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ДЕГРАДАЦІЮ ҐРУНТУ

Під деградацією ґрунтів слід розуміти погіршення властивостей родючості і якості ґрунту внаслідок впливу природних або антропогенних факторів. У більш широкому розумінні поняття деградація ґрунтів включає себе як погіршення основних якісних показників родючості без помітних ознак руйнування або зникнення генетичних ознак ґрунтів, так і фізичне руйнування ґрунтових горизонтів аж до втрати ґрунтом не лише своїх функцій як середовища існування, а й повного фізичного зникнення як біокосного природно-історичного тіла.

Останніми роками у зв'язку з катастрофічним скороченням обсягів виробництва й застосування органічних і мінеральних добрив, а також значним обробітком ґрунту глобальних масштабів набула агрохімічна і агрофізична деградації земель, внаслідок яких сильно прогресують такі негативні явища як дегуміфікація, втрата структури ґрунтів та їх переущільнення, що в кінцевому результаті призводить до виснаження ґрунтів на основні поживні речовини.

Найбільш поширеними деградаційними процесами ґрунтового покриву України є ерозія, декальцинація (підкислення), осолонцювання, дегуміфікація, агровиснаження, забруднення радіонуклідами, важкими металами, залишками пестицидів, агрофізична деградація та інші, що призводять до погіршення не тільки екологічного стану ґрунтів, зниження їх родючості, продуктивності сільськогосподарських культур та якості продукції, але й агросфери в цілому.

Стосовно виявлення деградаційних процесів ґрунтового вкриття України проводяться наукові дослідження у багатьох Інститутах НААНУ. У своїх працях акад. В.В. Медведєв із співробітниками (ННЦ «Інститут агрохімії і ґрунтознавства ім. О.Н. Соколовського») виділяють такі типи деградації ґрунтів:

1. **Фізичну** – ерозія, агрофізична деградація (переущільнення, втрата структури), зміна режиму вологості (аридизація – посухостійкість чи гідроморфізм – підтоплення ґрунтів);

2. **Хімічну** – дегуміфікація та забруднення ґрунтів;

3. **Фізико-хімічну** – процеси погіршення властивостей ґрунтів внаслідок проходження різноманітних обмінних реакцій (декальцинація, підкислення, підлучення, осолонцювання);

4. **Біологічну** – комплекс процесів, які призводять до істотної зміни мікробіологічного пулу чи перевтоми ґрунту.

Масштаби основних деградаційних процесів ґрунтового укриття України представлені в таблиці 76.

76. Поширення деградації ґрунтів в Україні
(за В.В. Медведєвим, Т.Н. Лактіоною, Н.М. Бреус)

Тип деградації	Ступінь деградації, % від загальної площі			
	легкий	середній	сильний	всього
Втрата гумусу і поживних речовин	12	30	1	43
Переущільнення	10	28	1	39
Замулення і кіркоутворення	12	25	1	38
Площинна водна ерозія	3	13	1	17
Водна ерозія, утворення ярів	0	1	2	3
Побічна дія водної ерозії (замулення водоймищ та ін.)	1	1	1	3
Підкислення	5	9	0	14
Заболочування	6	6	2	14
Забруднення радіонуклідами	5	6	0,1	11,1
Вітрова ерозія, втрати верхнього шару ґрунту	1	9	1	11
Забруднення пестицидами та іншими органічними речовинами	2	7	0,3	9,3
Забруднення важкими металами	0,5	7	0,5	8
Засолення, підлучування	1	3	0,1	4,1
Зниження рівня земної поверхні	0,05	0,15	0,15	0,35
Деформація земної поверхні вітром	0,04	0,23	0,08	0,35
Аридизація ґрунту	0,04	0,18	0	0,21

Оцінку ступеня деградації ґрунтів проводять трьома шляхами, а саме:

1. Порівнюючи деградований ґрунт з еталоном. Еталон – це значення певного показника або параметр, характерний для цілинних ґрунтів, сформованих у типових для цієї місцевості умовах;

2. Порівнюючи параметри ґрунтів, що досліджуються, з аналогічними фоновими параметрами. Фон – це середнє значення певного показника, характерне для недеградованих ґрунтів вибраної території.

3. За абсолютними показниками якості ґрунту (незважаючи на природні властивості ґрунтів), використовуючи розроблені та стандартизовані нормативи якості ґрунтів.

77. Характеристика найпоширеніших видів антропогенної деградації ґрунтів

(О.Ф. Гнатенко, М.В. Капитик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвіцький, 2005)

Причина деградації	Показники погіршення властивостей ґрунтів	Морфологічні ознаки погіршення ґрунтів
Водна ерозія		
Нераціональна господарська діяльність (повсюдне розорювання земель, вирубка лісів, інтенсивний випас худоби, промислове будівництво та ін.); прямолінійна організація території, застосування на схилі землях рівнинної агротехніки (полицевої оранки, обробітку і посівів вздовж схилів, вирощування просапних культур)	Змив верхнього шару ґрунту; втрати дрібнозему; зменшення ґрунтової товщі; втрати гумусу і поживних речовин; несприятливі зміни структурного, мікроагрегатного та гранулометричного складу; падіння потенційної родючості.	Поява на поверхні ґрунту вимоїн, розмивів, ярів; зменшення або повна втрата верхнього гумусовоаккумулятивного горизонту; вкорочення профілю; наближення до поверхні внутріґрунтових горизонтів; освітлення, побуріння верхнього генетичного горизонту.
Дефляція		
Повсюдне розорювання земель, невідповідність способів обробітку і технологій вирощування сільськогосподарських культур, тривалий час відсутність рослинності,	Знесення вітром дрібнозему, зменшення ґрунтової товщі, зміни мікроагрегатного гранулометричного складу ґрунтів, втрати гумусу і поживних речовин, падіння	Вкорочений ґрунтовий профіль, зменшення або повна втрата верхнього гумусового і перехідних горизонтів, наявність наносів дрібнозему.

переосушення земель, втрата ґрунтами протиерозійної здатності (дегуміфікація, розпилення структури та ін.).	родючості, утворення наносів дрібнозему і похованих ґрунтів.	
Дегуміфікація		
Недостатнє внесення органічних добрив; інтенсивний обробіток ґрунту; необґрунтоване поглиблення орного шару; відчуждження з поля нетоварної частини врожаю; внесення високих норм фізіологічно-кислих добрив; підсилення процесів ерозії та дефляції; необґрунтована структура посівних площ; недостатні площі посівів багаторічних трав і ін.	Зменшення вмісту і запасів гумусу в ґрунті; зниження протиерозійної стійкості, падіння потенційної та ефективної родючості.	Освітлення верхнього гумусовоакумулятивного горизонту; розпилення структурних окремостей; ущільнення ґрунту.
Кислотна деградація (декальцинація)		
Випадання кислих атмосферних опадів; довгострокове внесення фізіологічно кислих мінеральних добрив; низький рівень застосування органічних добрив та хімічних меліорантів.	Зміни у складі ґрунтового вбирного комплексу; підвищення вмісту обмінних катіонів H^+ та Al^{3+} ; втрати гумусу; зниження рН ґрунту.	Освітлення верхнього горизонту ґрунту; поява борошнистої крем'янки на структурних окремостях; зниження лінії скипання від 10% HCl.

Вторинне осолонцювання		
Тривале зрошення слабомінералізованими лужними водами, які містять вільну соду або мають несприятливе співвідношення між натрієм і сумою кальцію та магнію у сольовому складі.	Содонагромадження (карбонати та бікарбонати натрію і магнію); зміни в складі увібраних катіонів; накопичення обмінного натрію; втрати гумусу; підвищення рН ґрунту.	Освітлення верхнього горизонту; поява брилистості, злитизація горизонтів; підвищення щільності та твердості ґрунту, здатності до набрякання і прилипання; поява глянцевих плівок по гранях структурних окремоностей.
Вторинне засолення		
Підняття рівня мінералізованих підґрунтових вод вище критичного; полив мінералізованими водами.	Соленогромадження (сульфати і хлориди натрію, магнію, кальцію).	Вицвіти солей на поверхні ґрунту або поверхні структурних окремоностей; утворення ґрунтової кірки та брилистої структури.
Агрофізична деградація		
Повсюдне застосування глибокої полицевої оранки без врахування генетичних особливостей ґрунтів; застосування важкої техніки; колісних тракторів на сільськогосподарських роботах; недостатня кількість органічних добрив; порушення технологій вирощування сільськогосподарських культур.	Втрата агрономічно-цінної структури; розпилення ґрунту; утворення плужної підшви; зниження водопроникності; ущільнення ґрунту; погіршення водно-повітряного режиму; зменшення протиерозійної здатності; зниження родючості.	Поява брилистості; наявність плужної підшви; підвищена щільність орного шару; застоювання води на поверхні ґрунту після опадів; утворення кірки.

Підтоплення прісними водами (заболочування)		
Підтоплення земель; підняття рівня прісних підґрунтових вод вище критичних значень.	Збільшення вологонасиченості ґрунтів; оглеєння генетичних горизонтів; оторфовування рослинних решток; розвиток відновних процесів.	Високий рівень підґрунтових вод; застоювання води на поверхні ґрунту; злитизація; поява ознак оглеєння генетичних горизонтів; утворення оторфованого горизонту на поверхні ґрунту.
Забруднення важкими металами		
Забруднення навколишнього середовища промисловими викидами і відходами.	Нагромадження в ґрунтах важких металів; втрати гумусу; погіршення агрегатного стану ґрунтів; водного і повітряного режимів; падіння біологічної активності; втрата протиерозійної здатності.	Наявні руйнування ґрунтових агрегатів; розпилення ґрунтів.

8.2. ДІАГНОСТИЧНІ КРИТЕРІЇ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТІВ

Для вибору найбільш ефективних заходів поліпшення чи підтримання властивостей ґрунтів у сприятливому інтервалі значень необхідно визначити ступінь їх деградації. З цією метою використовують діагностичні критерії ступеня деградації (табл. 78).

78. Діагностичні критерії ступеня деградації ґрунтів
(О.Ф. Гнатенко, М.В. Капитик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвіцький, 2005)

Показники	Ступінь деградації ґрунтів, недобір врожаю, %			
	Слабка, до 10	Середня, 10–50	Сильна, 50–90	Повна, 90–100
Водна ерозія і дефляція				

Відсутні генетичні горизонти	змито або дефльовано 1/2 Н чи НЕ	змито або дефльовано понад 1/2 або весь Н чи НЕ	Н, НР чи НЕ, Е і частково Ph чи І	змито або дефльовано Н, НР, Ph чи НЕ, Е, І
Дегуміфікація				
Зменшення вмісту гумусу, % від вихідного	до 20	20–40	40–60	> 60
Вторинне підкислення				
pH _{KCl}	5,5–5,0	5,0–4,5	4,5–4,0	< 4,0
H _г , мг-екв на 100г ґрунту	3–4	4–5	5–6	>6,0
Сума увібраних катіонів, мг-екв на 100г ґрунту	20–15	15–10	10–5	< 5
Агрофізична деградація				
Структурно-агрегатний склад, %, повітряно-сухі агрегати розміром 0,25–10 мм водостійкі агрегати розміром понад 0,25 мм	75–60	60–50	50–30	< 30
	45–35	35–25	25–15	< 15
Рівноважна щільність, г/см ³ піщані та супіщані суглинкові та глинисті	1,4	1,4–1,6	1,6–1,8	>1,8
	1,3	1,3–1,5	1,5–1,7	>1,7
Водопроникність за першу годину, мм	100–50	50–30	30–10	< 10
Забруднення важкими металами				
Валовий вміст металів, мг на кг ґрунту				
Кадмій	1–2	2–5	5–10	> 10
Нікель	100–150	150–300	300–600	> 600

Цинк	150–200	200–500	500–1000	> 1000
Мідь	100–150	150–250	250–500	> 500
Свинець	100–150	150–500	500–1000	> 1000
Ртуть	1–2	2–5	5–10	> 10

Основні напрями боротьби із деградаційними процесами

- **Профілактичний** – заходи щодо попередження розвитку деградаційних процесів на недеградованих і слабкодеградованих ґрунтах (протиерозійне облаштування території, конструювання екологічно-сталих агроландшафтів, нормування навантаження на ґрунти);

- **Оперативний** – заходи щодо попередження розвитку деградації ґрунтів, що здійснюються постійно в процесі їх використання (дотримання розроблених норм та правил щодо технологій обробітку ґрунту, якості та кількості зрошуваних вод, якості і технологій внесення добрив, меліорантів та інших агрохімікатів, упровадження протиерозійних заходів, ґрунтозахисних сівозмін, тощо).

- **Регенеративний** – заходи відтворення деградованих і порушених земель (виведення малопродуктивних земель із ріллі, консервація та рекультивація земель, детоксикація забруднених ґрунтів, розсолоння вторинно-засолених ґрунтів).

8.3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ ҐРУНТУ ВНАСЛІДОК ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ

В Україні **водна ерозія** проявляється на площі 13,5 млн. га. Це руйнування поверхні ґрунту під впливом падаючих крапель дощу або стікаючої води із схилів. Інтенсивність ерозії залежить від певних факторів: рельєфу території, величини дощів, протиерозійної стійкості ґрунту, а також ступеня розораності схилів. Основними причинами процесів змиву ґрунту є порушення протиерозійної організації території, знищення полезахисних лісових смуг, надмірна розораність земель, дегуміфікація.

За даними акад. В.Ф. Сайко (2002) щорічні збитки від ерозії сягають 15–18 млрд. грн., а недобір зерна в середньому становить 7–8 млн. т.

8.3.1. Визначення змиву ґрунту методом стокових майданчиків

Найпоширенішим методом визначення втрат ґрунту від водної ерозії є метод стокових майданчиків, запропонований В.М. Соболевим.

Стоковий майданчик (рис. 5) – це певна територія ділянки на схилі, що має довжину і ширину та ізольована від іншої частини схилу земляними валами, або дерев'яними чи металевими щитами.

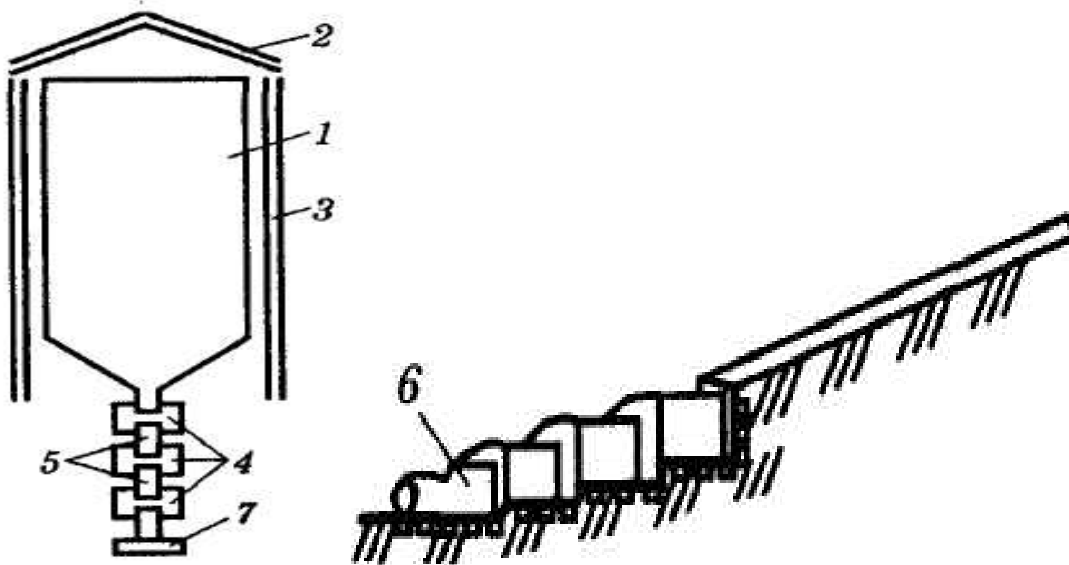


Рис. 5. Стоковий майданчик:

1 – стоковий майданчик; 2 – вловлювальні канали; 3 – загороджувальні канали; 4 – відстійники; 5 – водовідливи; 6 – розділювальний лоток; 7 – водозбірна посудина.

Для обліку твердого стоку (змиву ґрунту) внизу майданчика споруджують відстійники (у яких осідають грубі наноси), водозливи (на яких враховують загальний стік води) і розділювальний лоток, який відводить невелику, визначену частину потоку води із завислими в ній частинками ґрунту у спеціальний приймач.

Хід роботи. Масу змитих часточок визначають шляхом зважування. Для цього відстійники очищають від ґрунту після кожного дощу або танення снігу. Коли відома маса посудини з водою і ґрунтом $P_{г.в.}$, маса порожньої посудини P , маса посудини з водою P_B і щільність твердої фази ґрунту D_T , то різниця між $P_{г.в.} - P_B$ є масою абсолютно сухого ґрунту у посудині $P_г$ за відніманням маси води P_1 , яка міститься у ґрунті за умови заповнення всіх пор водою:

$$P_{г.в.} - P_B = P_г - P_1 \quad (120)$$

Знаючи, що маса ґрунту дорівнює добутку об'єму на його питому масу, знайдемо:

$$P_г = VD_T, \text{ а } P_1 = VD_B, \quad (121)$$

де V – об'єм твердої фази ґрунту, що дорівнює об'єму води; D_B – густина води.

Підставивши ці значення у рівняння, знаходимо:

$$P_{г.в.} - P_B = VD_T - VD_B, \text{ звідси } (122)$$

$$P_{г.в.} - P_B = V(D_T - D_B), \text{ тоді}$$

$$V = \frac{P_{Г.В} - P_B}{D_T - D_B} \quad (123)$$

Оскільки густина води D_B за температури 4°C дорівнює 1 г/см^3 , формула для визначення об'єму твердої фази ґрунту така:

$$V = \frac{P_{Г.В} - P_B}{D_T - 1} \quad (124)$$

Маса змитого ґрунту в цьому зразку дорівнюватиме:

$$P_3 = DV \quad (125)$$

Підставивши значення V у цю формулу, отримаємо:

$$P_3 = (P_{Г.В} - P_B) \times \frac{D_T}{D_T - 1} \quad (126)$$

Крім того обчислюють такі показники:

1. Масу ґрунту, змитого із стокового майданчика. Якщо в об'ємі розділювального лотка $A \text{ см}^3$ міститься $B \text{ г}$ сухого ґрунту, то в загальному об'ємі стоку $C \text{ см}^3$ буде міститися $X \text{ г}$ твердого стоку (сухого ґрунту). Звідси

$$X = \frac{BC}{A} (г) \quad (127)$$

2. Загальну масу змитого ґрунту з облікової площі $P_{Г.П}$. Вона дорівнює масі ґрунту у відстійниках $P_{Г.ВС}$ плюс маса ґрунту, змитого рідким стоком X :

$$P_{Г.П} = P_{Г.ВС} + \frac{BC}{A} \quad (128)$$

3. Масу ґрунту, змитого з 1 га ріллі P_3 . Якщо з облікового майданчика S_M було зрито $P_{Г.П} \text{ г (кг)}$ ґрунту, то з 1 га ріллі S буде зрито $P_{Г.Г}$ ґрунту. Звідси

$$P_{Г.Г} = \frac{SP_{Г.П}}{S_M} \quad (129)$$

Розрахунки можна провести також іншим методом. Для цього із загального стоку води з ґрунту відбирають зразок певного об'єму (наприклад, 1 л), фільтрують, а залишок на фільтрі висушують і зважують. Якщо відомий загальний стік води і ґрунту A з облікового майданчика, об'єм зразка, взятого для аналізу B , а також маса сухого ґрунту в зразку C , твердий змив розраховують за формулою:

$$P_T = \frac{A \times C}{B}, \quad (130)$$

Твердий змив на 1 га ріллі перераховують описаним вище методом.

8.3.2. Облік змиву ґрунту від водної ерозії за об'ємом водорійн за В.М. Соболевим

Уздовж схилу закладають пронівельований профіль таким чином, щоб він перетинав горизонти по можливості під прямим кутом. На ньому закладають облікові майданчики 1 м завширшки і 25-100 м завдовжки довгими сторонами вздовж горизонталей (перпендикулярно до напрямку схилу) так, щоб вони охоплювали всі частини схилу. Відстань між обліковими

майданчиками на рівних (однорідних) схилах 50 м, на перегінах схилів 20–25 м.

На виділених майданчиках після танення снігу і сильних злив вимірюють глибину h і ширину L кожної промоїни (водорієни) з точністю до 0,5 см (рис. 6). Розраховують площу поперечного перерізу водорієни і об'єм змитого ґрунту (на обліковій довжині промоїни).

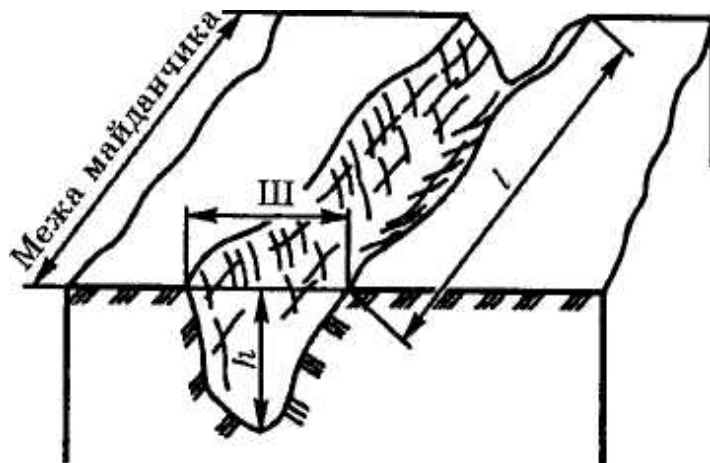


Рис. 6. Схема замірів водорозмиву

Об'єм змитого ґрунту (V) на кожному обліковому профілі обчислюють за формулою:

$$V = \frac{Lh}{2} l, (\text{см}^3) \quad (131)$$

де l – довжина водорієни на обліковому профілі, 1 м (100 см), L – ширина водорієни, м або см, h – глибина, м або см.

Якщо, наприклад при замірі (водорієни) на першому і другому облікових профілях отримано $L_1 = 12$ см; $L_2 = 11$ см; $h_1 = 5$ см; $h_2 = 7$ см, то об'єм змитого ґрунту на облікових профілях буде.

$$V_1 = \frac{L_1 h_1}{2} l = \frac{15 \times 5}{2} \times 100 = 3750 \text{ см}^3; \quad V_2 = \frac{11 \times 7}{2} \times 100 = 3850 \text{ см}^3$$

Об'єм змитого ґрунту між двома сусідніми профілями обчислюється за формулою:

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2} l, \quad (132)$$

де l – відстань між першим і другим обліковими профілями, в нашому випадку візьмемо 25 м. Тоді

$$V = \frac{3750 + 3850}{2} \times 25 = 95000 \text{ см}^3 \quad (133)$$

Об'єм змитого ґрунту між профілями визначають по кожній водорієні, а загальний змив ґрунту з облікової площі – як суму між усіма обліковими профілями. Отримані результати перераховують на 1 га ріллі в метрах квадратних або тоннах і оцінюють за шкалою (табл. 79).

79. Шкала інтенсивності втрат ґрунту внаслідок водної ерозії

(М.К. Шичула та ін.)

Інтенсивність втрат ґрунту, т/га за рік	Оцінка ерозії
Менша за швидкість ґрунтоутворення, що становить 2-3 т/га за рік	Ерозія відсутня

3–6	Слабка ерозія
6–12	Середня ерозія
12–24	Сильна ерозія
24–60	Дуже сильна ерозія
Понад 60	Катастрофічна ерозія

Окрім **лінійної (яружної) ерозії** існує також і **площинна ерозія**, тобто зменшення потужності ґрунту на схилових агроландшафтах.

Небезпеку від такої ерозії (S) визначають за формулою:

$$S = \frac{H}{P} \quad (134)$$

де H – потужність генетичного горизонту ґрунту, т/га; P – змив ґрунту за рік, т/га.

Величина S вказує, за скільки років горизонт H буде втрачений. Нормування ерозійної небезпеки ґрунтів здійснюють за даними (табл. 80).

80. Нормування ерозійної небезпеки

Значення S, років	Ступінь небезпеки ерозії ґрунту	Характеристика ступеня небезпеки від ерозії
> 1000	1	Небезпека від ерозії ґрунту відсутня
600	2	Виявлено початок еродування ґрунту
300	3	Передкризовий стан ґрунту Ерозійні процеси реально загрожують збереженню ґрунту
150	4	Кризовий стан ґрунту Відбувається прискорене зменшення потужності ґрунту
< 150	5	Катастрофічний стан ґрунту

8.3.3. Визначення втрат ґрунту від ерозії і дефляції методами фітоіндикації за В.І. Тарасовим

Методи фітоіндикації ґрунту ґрунтуються на тому положенні, що кожен вид рослин, особливо у агроландшафтах являється своєрідним природним репером, який має інформацію про ерозійні і дефляційні процеси впродовж свого віку. Так, на території сільськогосподарських підприємств України створені системи захисних лісових насаджень, землі с.-г. призначення поділені на клітини полів, а це являється основою, на якій можна виконувати моніторинг втрат ґрунту з полів. Лісосмуги у цьому випадку є контрольними створами, у яких впродовж їх віку формуються контури відкладень ґрунту.

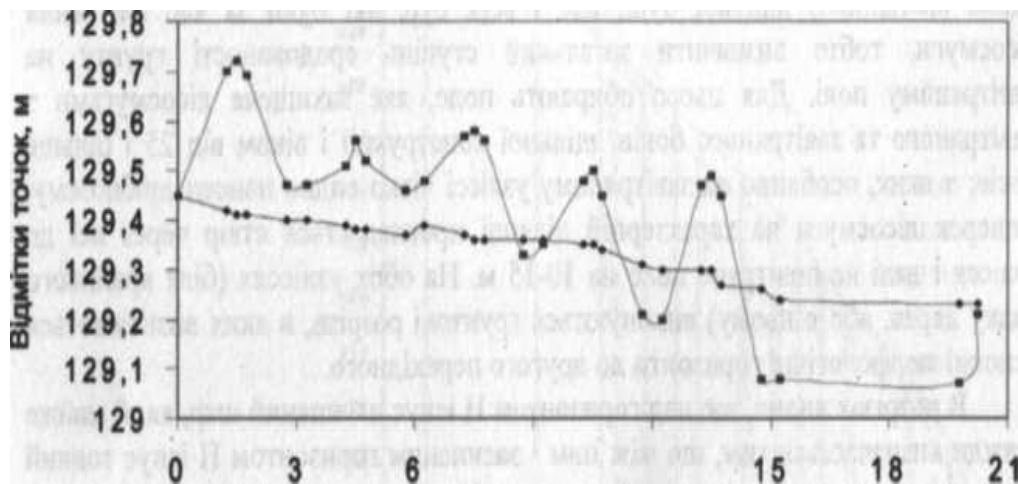
На цьому побудований метод визначення еродованості ґрунтів за

потужністю наносів дрібнозему у лісосмугах (Методики і нормативи обліку прояву і небезпеки ерозії ... 2000). Даний метод дає змогу визначити не тільки інтенсивність однієї (останньої) пилової бурі, але і всіх бур, які були за час існування лісосмути, тобто визначити загальний ступінь еродованості ґрунту на навітряному полі. Для цього обирають поле, яке захищене лісосмугами навітряного та завітряного боків, щільної конструкції і віком від 25 і більше років, в яких, особливо на завітряному узліссі чітко видно наноси дрібнозему. Поперек лісосмути на характерній ділянці прокладається ствір через неї до узлісся і далі на повітряне поле на 10-15 м. На обох узліссях (біля крайнього рядку дерев, або в ньому) виконуються ґрунтові розрізи, в яких визначаються основні морфологічні горизонти до другого перехідного.

В розрізах видно, що над горизонтом Н існує насипаний шар, який майже завжди визначається тим, що між ним і засипаним горизонтом Н існує тонкий прошарок з останців лісової підстилки або войлоку трав'янистої рослинності товщиною від 1-2 мм і більше на вертикальній стінці розрізу. Треба заміряти товщину нанесеного шару з точністю до 1 мм в 3-4 місцях і записати до журналу. Туди також записують глибину горизонтів Н і H_p (H_{pi}).

Далі вибирається точка на наміченому створі, де наноси дрібнозему найбільші і на цьому місці викопується третій розріз з такою ж глибиною – до другого генетичного горизонту. Слід уважно стежити, щоб не проминути в ньому всі прошарки між можливими наносами, які відкладені в минулі роки. Їх може бути 2 і більше. Наявність їх визначається за прошарками останців лісової підстилки та войлоку (буруватого кольору розмиті горизонтальні смужки з листяними та трав'янистими рештками), а також по кольору, структурі та щільності насипаного ґрунту. Всі еолові наноси утворюють, як правило, перевернутий профіль, чи частину його з того ґрунту, з якого він здутий. Таким чином, нижня частина його складається частіше з надутого гумусового горизонту чорного або темно-сірого кольору, далі після сильних бур починають відкладатись перехідні горизонти, більш освітлені. Структурний склад наносів відповідає структурі неораних відповідних генетичних горизонтів. Однак і в чорноземах звичайних та південних може виникати не тільки зерниста, а горіховидна і горохувата структура. В наносах, які утворені з перехідних і елювійованих горизонтів, щільність складення досягає до 1,26-1,35 г/см³.

При описі профілю відмічаються товщина кожного окремо виділено нанесеного шару, його колір, структурний склад, щільність, а також наявність прошарків між наносами різних років. В дослідному господарстві ЛІАПВ даний метод використали в сполученні з геометричним нівелюванням впоперек лісосмути, розташованої з навітряного боку поля з довжиною пилосбірної площі понад 800 м. Результати показали, що впродовж віку лісосмути (23 роки) під її пологом сформувався хвилеподібний мікрорельєф з наносів дрібнозему (рис. 7).



Довжина лінії, м

**Рис. 7. Профіль поверхні ґрунту поперечників
крізь полежахисну лісосмугу**

_____ поверхня ґрунту в лісосмузі на момент 2009 р.
_____ поверхня ґрунту в лісосмузі на момент 1986 р.

При цьому з поля впродовж віку лісосмуги виносилось під дією східних вітрів 1,5 т/га кожен рік. Лісосмуга розташована вздовж схилу крутизною 2°, її ширина становить 15 м, а на східному узліссі розташована польова дорога (на східному узліссі спостерігаємо зниження сучасної поверхні ґрунту). Завдяки такому розташуванню лісосмуги в міжряддях у перші роки після створення лісосмуги мав місце обробіток ґрунту і невеликий змив, переважно у міжряддях, що і придало хвилястість мікрорельєфу.

Даний метод дає позитивні результати для визначення характеру і величини ерозійних і дефляційних процесів за довготривалий термін. Для щорічного моніторингу дефляційних процесів можна використати метод визначення видутого ґрунту за кількістю дрібнозему накопиченого в опаді лісосмуг, які розташовані на підвітряному боці полів, з урахуванням площі пилозбору.

Оскільки полежахисні лісосмуги являються бар'єрами на шляху повітряних мас, то більша частина винесеного з полів дрібнозему відкладається під їх пологом. Акумуляючим субстратом при цьому є лісовий опад. Кожній лісосмузі відповідає та або інша пилозбірна площа з боку дефляційно-небезпечних вітрів. Для визначення кількості винесеного з полів дрібнозему використовується система лісових насаджень як система контрольних створів.

У кожному створі періодично виконується відбір зразків лісового опаду не менше як у п'яти повтореннях, розмірами не менш, ніж 25х25 см. Далі з зразків відмивається твердий осад, який спочатку перераховується на одиницю площі, а потім на всю площу лісосмуги.

Втрати ґрунту від дефляції з прилеглого з боку шкідливих вітрів поля розраховують за формулою:

$$B = d \times S_{\text{л}} / S_{\text{п}} \quad (135)$$

де B – витрати дрібнозему з поля, т/га;

d – відкладення дрібнозему на одиницю площі в лісосмузі, т/га;

S – площа лісосмуги, га;

S – площа поля з боку дефляційно-небезпечних вітрів, га.

Залежно від мети досліджень відбір зразків виконується у різні терміни. Для визначення кількості перенесеного з поля дрібнозему у зимово-весняний період виконується відбір зразків осіннього опаду і у квітні-травні наступного року, при визначенні кількості перенесеного дрібнозему за вегетаційний період, відбір зразків виконується з початку і в кінці вегетаційного періоду, різниця між даними твердого осаду в указаних строках визначить кількість винесеного з поля дрібнозему за цей період. В старих насадженнях можна визначити відкладення пилу в лісовому опаді за багаторічний період. Для цього необхідно визначити вік лісового опаду будь-яким із існуючих методів з використанням високоточних приборів або розробити найбільш надійний і простий метод. При відсутності даних, можна приймати вік лісового опаду в насадженнях понад 40 річного віку в середньому 3-5 років.

За лісосмугами більш стабільним фоном являються кормові угіддя і багаторічні трави. При спостереженні за змивом ґрунту в них важко визначити систему водоріччя і зробити заміри. Основою методу фітоіндикації є улаштування контрольних профілів упоперек тальвегу, через визначені відстані в залежності від розмірів улоговини, частіше за все, через 25 або 50 м. На цих профілях за допомогою розкопок визначається глибина старих вузлів кушення трав від вододілу до вододілу не менш як у 10 точках. Еталоном служить глибина вузла кушення на вододільних ділянках кожного профілю. Глибини вузлів кушення на схилах улоговин визначеної експозиції порівнюються з аналогічними показниками на прилеглих вододілах. Різниця між указаними величинами на різних точках профілю визначає змив або відкладення дрібнозему на водозборі улоговини за період функціонування кормових угідь.

Цим способом були виконані дослідження на кормових угіддях протиерозійного комплексу в колишньому дослідному господарстві Інституту охорони ґрунтів «Ударник». Результати показали, що за період функціонування кормових угідь (8 років) з одного га при крутизні схилу 3–5° щорічно змивалось 1,51 т.

8.4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ ҐРУНТУ ВНАСЛІДОК ВІТРОВОЇ ЕРОЗІЇ

Руйнування (видування) ґрунту під впливом вітру **називають вітровою ерозією або дефляцією**. Досить часто вітрова ерозія – це **пилові бурі** (коли сила вітру перевищує 25 м/с). Сила вітру, структурно-агрегатний

і гранулометричний склад ґрунту, вологість і стан поверхні ґрунту, вплив антропогенного фактора – основні складові, від яких залежить інтенсивність вітрової ерозії.

8.4.1. Кількісні методи обрахунку втрат ґрунту внаслідок вітрової ерозії

Часточки ґрунту, які зазнали впливу вітрової ерозії, переносяться трьома шляхами:

1. Перекочуванням або ковзанням по поверхні ґрунту;
2. Переміщенням стрибкоподібно;
3. Перенесенням у завислому стані повітрям.

Відповідно до способів перенесення часточок розроблено прилади для кількісного обліку знесеного ґрунту вітром.

Для обліку часточок, що перекочуються по поверхні ґрунту застосовують метод вловлювання. **Вловлювач-циліндр** є металевим циліндром, який встановлюють таким чином, щоб його краї були на одному рівні з поверхнею ґрунту (рис. 8). **Вловлювач-кювет** – це довгий ящик з прямокутним або трикутним поперечним перерізом (рис. 8).

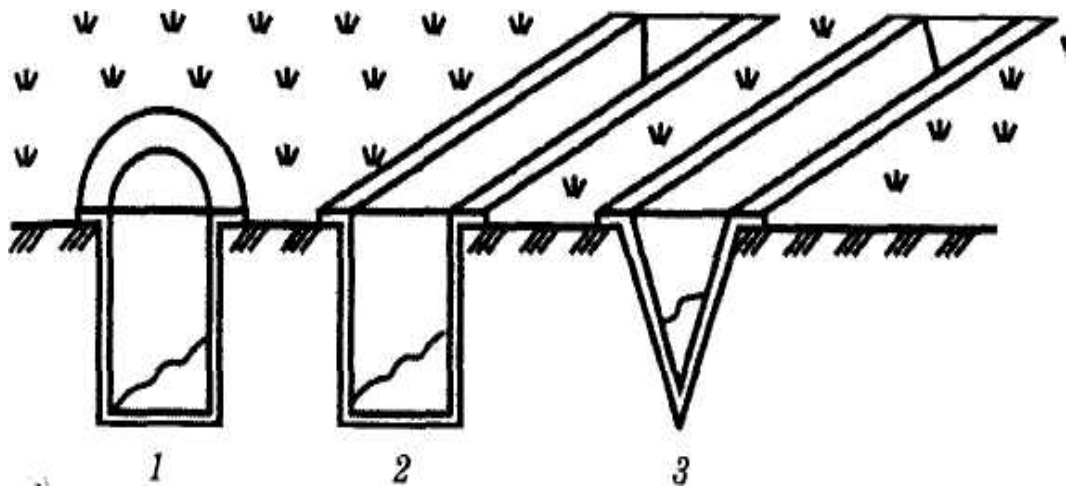


Рис. 8. Вловлювачі ґрунту:

1 – вловлювач-циліндр; 2-3–вловлювачі-кювети

У попередньо викопану канавку перпендикулярно до напрямку вітру встановлюють вловлювачі, краями на одному рівні з поверхнею ґрунту. Ґрунтові часточки, які перекочуються по поверхні ґрунту, потрапляють у вловлювачі і заповнюють їх. Після припинення пилової бурі або при зміні напрямку руху вітру вловлювачі очищають від ґрунту і зважують. Якщо відома площа вловлювачів і маса ґрунту, який у них зібрався, визначають кількість знесеного вітром ґрунту. Розрахунок спочатку проводять на площу вловлювача, а потім на 1 га поля (в тоннах або кубічних метрах).

Також облік втрат ґрунту, що перекочується по його поверхні, можна проводити за допомогою **пиловловлювача Дюніна**, що має вигляд аеродинамічного крила, в якому є щілина розміром 20Ч100 мм (рис. 9).

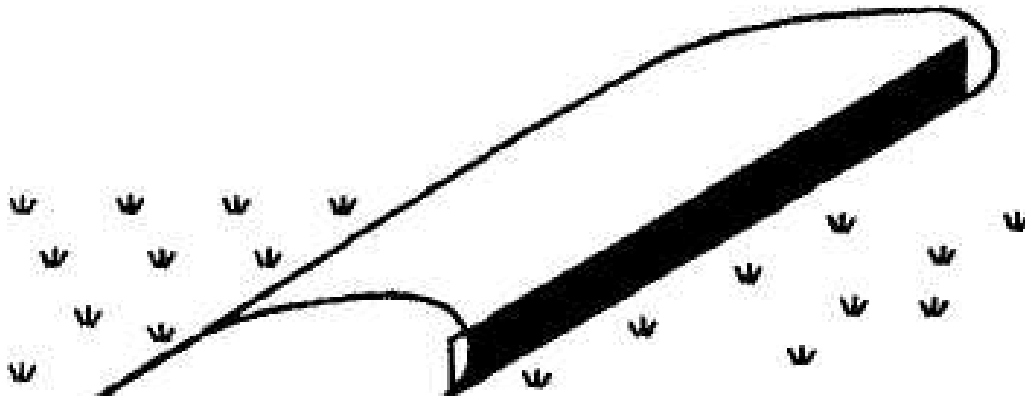


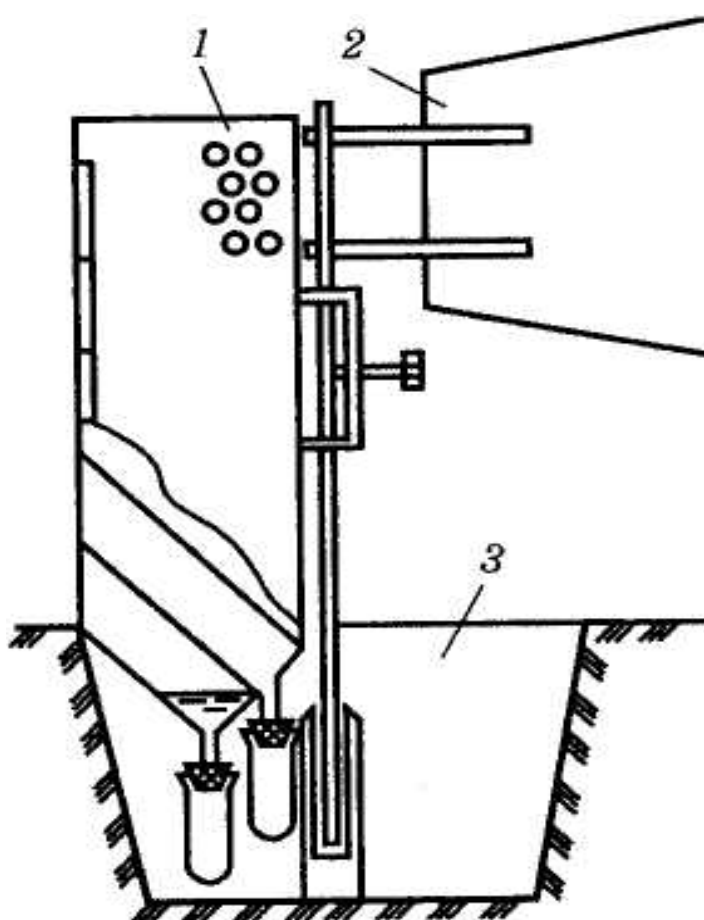
Рис. 9. Пиловловлювач Дюніна

Всередині крила є місце для збирання пилу. Крило вдавлюють у ґрунт таким чином, щоб нижній край щілини перебував на рівні поверхні ґрунту. Потім на певний період часу відкривають щілину. Дослідження проводять при швидкості вітру 7–8, 8–10, 10–14 і 14 м/с. Час спостереження – 15, 10, 7 і 5 с. Зібраний у пиловловлювачі ґрунт зважують, проводять перерахунок на площу приймальної щілини, а потім – на 1 га ріллі з урахуванням тривалості експозиції приладу і пилової бурі.

Негативні екологічні наслідки в агросфері через прояви дефляції:

- видування ґрунту і засипання дрібноземом культурних земель;
- втрати органічної речовини і елементів живлення;
- погіршення фізичних властивостей ґрунтів та зниження їх родючості;
- зменшення орних площ, сіножатей і пасовищ;
- загибель посівів та зниження врожаю культур.

Серед основних заходів захисту ґрунтів від ерозії є **лісомеліоративні насадження**, як заходи постійної дії. Вони є багатофункціональними за своїми властивостями, оскільки послаблюють силу вітрів і поліпшують мікроклімат полів, сприяють снігозатриманню і перешкоджають здуванню снігу у гідрографічну мережу, затримують і регулюють стік талих і зливових вод, перетворюють у кращу сторону гідрологічний режим території і підвищують вологість ґрунту на полях, захищають ґрунти від змиву і розмиву, а також дефляції, створюють стійкі форми агроландшафту, які є направляючими для проведення обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур. Комплекс протиерозійних лісових насаджень утворюють вітроломні та водорегулюючі полезахисні лісові смуги,



розташовані з урахуванням рельєфу місцевості та основного напрямку пануючих вітрів; прибалкові, приружні та прибережні лісові смуги; суцільні та куртинні лісові насадження на сильноеродованих, деградованих та інших непридатних для сільськогосподарського виробництва землях.

Рис. 10. Пиловловлювач УПЗ-50
(1 – пиловловлювач, 2 – флюгер, 3 – резервуар)

8.4.2. Облік знесеного вітром ґрунту за методом Годунова

Втрати ґрунту завдяки дефляційним процесам визначають за допомогою вловлювачів, зокрема пиловловлювача Годунова. Він складається із металевого циліндра-пиловловлювача, який може повертатися залежно від напрямку вітру, нерухомого пилозбірника (вловлювача) і флюгера. В пиловловлювачі з одного боку розміщена приймальна щілина розміром 30×150 мм, а з другого боку – вихідне вікно 80×130 мм, закрите густою металевою сіткою. Зверху пилозбірник має опорну пластинку, а в центрі – стрижень, на якому розміщено трубчасту вісь пиловловлювача.

Хід роботи

Прилад встановлюють у викопане в ґрунті заглиблення таким чином, щоб опорна пластинка пилозбірника прилягала до поверхні ґрунту. Після закінчення пилової бурі або через певний період часу (один чи кілька разів на добу) пилозбірник очищають від ґрунту, який зібрався у ньому, зважують і перераховують спочатку на площу пилоприймальної щілини, а потім на 1 га, розраховуючи кількість знесеного ґрунту в т. або м³/га за весь період тривалості пилової бурі або за певний проміжок часу.

Вимірювання втрат ґрунтових часточок, які були знесені вітром і рухалися в шарі повітря 50 см завтовшки, можна також проводити за допомогою **пиловловлювача УПЗ-50** (рис. 10).

Складається цей прилад із корпусу пиловловлювача 1, флюгера 2, резервуара 3, штативу з трубчастою віссю і стрижнем, який може обертатися. У верхній частині пиловловлювача є ежекторні отвори. Пило-вловлювач

виконаний у вигляді щілини розміром 1×50 см, яка розділена на п'ять рівних частин, що переходять у п'ять прямокутних каналів. До кожної частини прикріплені пластинки, які змінюють напрямок руху пилових частинок. Останні збираються окремо по кожній секції в мішечки або пробірки. Тобто облік вловлених частинок ґрунту здійснюється пошарово через кожні 10 см.

81. Оцінка інтенсивності прояву вітрової ерозії для основних типів ґрунтів України

Ґрунти	Норма ерозії, т/га за рік	Класи інтенсивності ерозії (перебільшення норми ерозії, рази)					
		відсутня	слабка	середня	сильна	дуже сильна	катастро- фічна
Дерново- підзолисті піщані і супіщані	1,5	1–1,5	1,5–15	15–45	45– 150	150–450	> 450
Чорноземи типові всіх видів	4,0	1–4	4–40	40–120	120– 400	400– 1200	> 1200
Темно- каштанові, солонцюваті ґрунти, солонці і солончаки	2,0	1–2	2–20	20–60	60– 200	200–600	> 600
Лучно-болотні, болотні та торфовища	2,0	1–2	2–20	20–60	60– 200	200–600	> 600

8.5. ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕГРАДАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСУШУВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТАХ

На Україні в складі сільгоспугідь знаходиться 3300 тис. га осушених земель. Серед гідроморфних значна частина (близько 1 млн.) припадає на торфові і торфово-болотні ґрунти, обстеження яких має ряд особливостей.

Якщо переважна частина мінеральних ґрунтів зазнає відносно менш відчутного негативного впливу на їх стан від проведення осушуваних робіт, то торфові ґрунти належать до екологічно дуже вразливих і процеси їх деградації залежно від режиму водорегулювання і напряду використання розвиваються досить інтенсивно. Займаючи пониження у рельєфі, торфові ґрунти відіграють у ландшафтах дуже важливі екологічні функції, перш за все гідрологічну, геохімічну, мікрокліматичну, флористичну та інші. У зв'язку із їх осушенням гідроморфні ґрунти трансформуються у напівгідроморфні. При цьому відбувається поступове спрацювання торфу, ущільнення торфової маси та зменшення запасів органічної речовини.

В геохімічному аспекті при осушенні часто проявляється озалізнення торфових ґрунтів, що діагностується не тільки в лабораторних, а і у польових умовах. Можливе окарбоначення, а також забруднення нітратами та радіонуклідами.

Обстеженню підлягають торфові ґрунти трьох категорій:

- а) заплановані до освоєння;
- б) освоювані;
- в) освоєні для використання під сільгоспугіддя.

Перед польовим обстеженням необхідно ознайомитись з книгою історії полів, провести об'їзд територій осушених торфових ґрунтів, оцінити стан осушувальної мережі та встановити глибину залягання ґрунтових вод.

На територіях з відкритою осушувальною системою елементарні ділянки розміщують між канавами (дренами). Площа елементарної ділянки на освоєних торфовищах не може бути більше 3 га, під овочами та ягідниками 1–2 га, а на запланованих під освоєння – 5–10 га.

Діагностика торфових ґрунтів проводиться на основі польового морфологічного опису торфів де окрім всього визначають потужність торфового шару, ступінь мінералізації та ботанічний склад органічного ґрунту.

Розрізи закладають на 20–30 см глибше залягання рівня ґрунтових вод, якщо поклади торфу потужні, до материнської породи дістають шляхом буріння спеціальними бурами. Ґрунт для аналізів беруть із стінок шурфу по генетичних горизонтах знизу до верху, особливо добре аналізують 0–50 см шар торфу. Відбирають також зразки породи, ґрунтових і дренажних вод, об'єм ґрунтового зразка не менше 500 см³, води – 0,5 л. за допомогою ріжучих кілець відбирають торф з непорушеною будовою для визначення щільності, повної вологості та шпаруватості.

Ретельно досліджуються новоутворення в торфовій масі (залізисті сполуки, вівіанітові, сольові, карбонатні), які відбирають в окремі стаканчики для аналізу і вказують їх місцезнаходження.

Ступінь розкладу та ботанічний склад торфу визначається за діагностичними ознаками візуально, з уточненням в лабораторії методом **мікроскопіювання**.

Слаборозкладені – не більше 20%, рослинні рештки видно, вода при здавлюванні світла або ж світло-коричнева;

Середньорозкладені – 20–40%, рослинні рештки помітні, вода коричнева, при здавлюванні руку майже не замазує;

Гуміфікований – 40–60% – рослинні рештки неясні, торфова маса продавлюється між пальцями вода і торф темно-коричневого кольору.

Перегнійний – рослинних решток не видно, ступінь розкладу понад 50%, аморфна темно-коричнева землиста маса, добре продавлюється через пальці, майже руку.

Ступінь розкладання точніше визначається хімічним методом шляхом обробки зразка торфу 6% перекисом водню (H₂O₂) з наступним висушуванням і спалюванням.

На окремих ділянках поблизу розрізів досліджуються водно-фізичні властивості торфовищ (фільтрація, повна і найменша вологоємність, водовіддача).

Дослідження осушуваних земель, що мають свої особливості займають чільне місце у моніторингу ґрунтового вкриття.

Моніторинг осушуваних ґрунтів та їх оцінка здійснюється згідно нормативних параметрів агроекологічного стану осушуваних земель (табл. 82).

82. Нормативна оцінка агроекологічного стану осушених земель
(Трускавецький Р.С., 2008)

Деградація		Оціночні критерії, показники, одиниці виміру	Нормативи оцінки стану				
Групи	Види		сприятливого	передкризового			кризового
				Слабо-вираженого	Середньо-вираженого	Сильно-вираженого	
1	2	3	4	5	6	7	8
Механічна	Вітрова і водна ерозія	Зменшення глибини гумусових (торфових) горизонтів, в :% від вихідної	<10	10–20	20–40	40–60	>60
	Ущільнення мінеральних ґрунтів	Об’ємна маса, г/см ³ для суглинкових ґрунтів супіску піску. Загальна шпаруватість	<1, 2 <1, 5 >55	1,2–1,3 1,5–1,6 55–50	1,3–1,4 1,6–1,7 50–45	1,4–1,5 1,7–1,9 45–40	>1,5 >1,9 <40
	Осадка торфовищ	Зменшення глибини торфового шару, см/рік	<0,1	0,1–0,5	0,5–1,0	1,0–5,0	>5
Біохімічна	Дегуміфікація мінеральних ґрунтів	Щорічне зменшення вмісту гумусу, %	<0, 2	0,2–0,5	0,5–0,7	0,7–1,0	>1,0

	Спрацювання торфовищ	Втрати органічних речовин через мінералізацію торфу, т/га, в середньому за рік Накопичення (вихід) перегнійних речовин у 0-50 см шарі на 1 т мінералізованого (втраченого) торфу, кг/га	<3,0 >400	3–7 400–300	7–12 300–200	12–20 200–100	>20 <100
Хімічна	Озалізнєння торфових ґрунтів	Вміст валових сполук заліза (Fe_2O_3), %	<4	4–8	8–15	15–30	>30
	Окарбоначення	Вміст карбонатів кальцію (CaCO_3), %	<10	10–15	15–30	30–40	>40
	Декальцинація і підкислення	Вапняний потенціал (pH -0,5 pCa), одиниць	<4,5	4,5–3,5	3,5–3,0	3,0–2,5	>2,5
	Забруднення торфових ґрунтів міддю	Вміст міді, %	<10	10–20	20–30	30–40	>40
Радіологічна	Забруднення радіонуклідами мінеральних Торфових ґрунтів	Щільність забруднення, Ки/км^2	<0,4 <0,2	0,4–1,0 0,2–0,5	1,0–5,0 0,1–5,0	5,0–15 0,1–5,0	>15 >5,0
	Вторинне заболочення осушених земель	Рівень залягання підґрунтових вод в середньому за рік, см у весняний період, см	>70 >45	60–70 45–35	50–60 35–30	40–50 30–20	<40 <20

8.6. ОЦІНКА РОЗВИТКУ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТІВ ПІД ВПЛИВОМ ЗРОШЕННЯ

Масштаби зрошення та площі зрошуваних земель у світі безперервно зростають. За даними ФАО (1986) у світі зрошувалось понад 200 млн. га, що становить 16% загальної площі ріллі. Проте не завжди зрошувальні сільськогосподарські меліорації супроводжується позитивним ефектом.

Прорахунки у проектуванні, недостатнє врахування екологічних чинників, низька якість зрошувальних вод при дефіциті водних ресурсів у багатьох випадках негативно впливає на ґрунтовий покрив. Особливо швидко негативні зміни відбуваються у ґрунтах степової зони, де в умовах зрошення утворюються мінералізовані підґрунтові води, які стрімко піднімаються до критичного рівня. Інтенсивно розвиваються процеси заболочування, осолонцювання та засолення.

Зрошення мінералізованими водами спричинює екологічні негаразди. Наявність соди у зрошувальній воді обумовлює складні фізико-хімічні, мінералогічні та фізичні наслідки, що негативно впливають на ґрунтовий покрив. Ґрунтовий вбирний комплекс насичується обмінним натрієм на 50-70% ємності катіонного обміну. Реакція ґрунтового розчину зростає до рН 9-11. Грудочкувато-зерниста структура трансформується у брилисту, швидко розпорошується. З'являються пептизовані гідрофільні, органічні і мінеральні колоїди, активізуються вискодисперсні глинисті мінерали, що надають ґрунті зцементованості, глибокої тріщинуватості, у сухому стані та драглистого характеру – у вологому.

Площа зрошуваних земель в Україні становить 2,6 млн. га. При цьому вони розташовані практично по всіх природних зонах і підзонах, але найбільше 84% їх зосереджено в степовій зоні. В структурі ґрунтового покриву на зрошуваних землях переважають чорноземи (61%) і каштанові (15%) ґрунти від загальної площі зрошення. За даними С.А. Балюка (1997) довготривалі стаціонарні спостереження показали, що еволюція ґрунтів при зрошенні може йти як шляхом збереження властивостей без істотних змін, так і шляхом розвитку деградаційних процесів. Напрямок і швидкість ґрунтових процесів визначається при цьому якістю поливних вод, кліматичними та гідрогеологічними умовами регіонів, рельєфом, початковими властивостями ґрунтів, технікою і технологією зрошення та культурою землеробства.

Найчастіше при зрошенні проявляються такі деградаційні процеси:

- підйом рівня ґрунтових вод (РГВ) і розвиток процесів підтоплення;
- активізація галохімічних процесів, перерозподіл і винос солей;
- підвищення вмісту водорозчинного і вв'язаного натрію визначається якістю поливних вод, глибиною залягання та мінералізацією ґрунтових вод;
- агрофізична деградація зрошуваних ґрунтів проявляється у дезагрегації і ущільненні, розвитку злитизації.

Виходячи з направленості та інтенсивності розвитку ґрунтових процесів при зрошенні для **оцінки стану зрошуваних земель необхідно проводити комплекс досліджень таких показників:**

- якість зрошувальних вод;
- глибина залягання ґрунтових вод;
- мінералізація ґрунтових вод;

- ступінь засолення верхнього метрового шару ґрунтів та підґрунтя;
- ступінь солонцюватості ґрунтів;
- ступінь забруднення ґрунтів фтором, важкими металами та іншими забруднювачами;
- склад і вміст гумусу;
- щільність складення і структурно-агрегатний склад ґрунтів

Відбір змішаних зразків ґрунту на зрошуваній ріллі становить в Поліссі на дерново-підзолистих ґрунтах 2 га, на півдні України – 5 га. Глибина відбору зразків з орного 0–20 см і підорного – 20–40 см при 20 індивідуальних пробах ґрунту.

З метою здійснення контролю за можливим засоленням на зрошуваних землях закладають свердловини глибиною 3 м і відбирають зразки ґрунту через кожні 20 см до 1 метра, нижче через 50 см до 3 м. Якщо води ближче до поверхні то відбирають і їх пробу для визначення аніонно-катіонного складу.

Оскільки на зрошуваних землях зміни ґрунтового вкриття та його властивості більш динамічні то повторні дослідження проводять через три роки. Ретельному дослідженню підлягають фізичні показники зрошуваних ґрунтів їх щільність (можлива злитизація і ущільнення), а також структурно-агрегатний склад (диспергація ґрунтових агрегатів, утворення кірки). Відбуваються суттєві зміни і органічної речовини ґрунтів (гумусу та його складу). Обов'язковим є дослідження водопроникності зрошуваних ґрунтів, оскільки від інфільтрації залежить ефективність цього агрозаходу. Критерії деградації зрошуваних ґрунтів приведені в таблиці 83.

83. Діагностичні критерії деградації зрошуваних ґрунтів
(за С.А. Балюком, 2000)

№	Показники	Недеградований ґрунт	Ступінь деградації		
			слабкий	середній	сильний
1	Засоленість ґрунтів, вміст солей	незасолені	Слабко-засолені	Середньо-засолені	Сильно-засолені
2	Осолонцювання ґрунтів	Несолонцюваті	Слабо-солонцюваті	Середньо-солонцюваті	Сильно-солонцюваті
3	Підлуження ґрунтів	немає	Слабко-лужні	Середньо-лужні	Сильно-лужні
4	Гумусний стан ґрунтів. Зменшення вмісту гумусу, % від початкового	немає	до 5	5–20	> 20

5	Агрофізичний стан ґрунтів: Структурно-агрегатний склад, % Повітряно-сухі агрегати (0,25-10,0 мм) Водостійкі агрегати (>0,25 мм)	> 70 >45	60–70 35–45	40–60 25–35	< 40 <25
6	Рівноважна щільність, г/см ³ Важкі ґрунти Легкі ґрунти	< 1,3 < 1,3	1,3–1,4 1,3–1,5	1,4–1,6 1,5–1,6	>1,6 >1,6
7	Сумарний показник ступеня забруднення ґрунтів важкими металами (Zc)	< 16	16–32	32–128	> 128
8	Вміст водорозчинного фтору, мг/кг ґрунту	< 6	6–10	10–20	> 20

Розділ 9. БОНІТУВАННЯ ҐРУНТІВ І ЯКІСНА ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ*

9.1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ З БОНІТУВАННЯ ҐРУНТІВ

Бонітування ґрунтів (від латинського – bonitas – доброякісність) – це спеціалізована генетико-виробнича класифікація ґрунтів, побудована на їх об'єктивних природних і стійко набутих у процесі сільськогосподарського використання ознаках та властивостях, які мають найбільше значення для росту сільськогосподарських культур, виражена в кількісних показниках-балах.

Головна мета бонітування ґрунтів – кількісне визначення відносної якості ґрунтів за їх родючістю, тобто наскільки один ґрунт краще чи гірше за інший здатний забезпечувати ріст і розвиток сільськогосподарських культур.

Будучи складовою частиною земельного кадастру, бонітування ґрунтів має велике самостійне значення, оскільки:

- дозволяє порівнювати і групувати ґрунти за продуктивністю;
- надає можливість виявляти найбільш сприятливі ґрунти для вирощування тих чи інших сільськогосподарських культур;
- допомагає найефективнішому використанню добрив, проведенню агротехнічних та меліоративних заходів;
- сприяє введенню зональних систем землеробства;
- ш ставить за мету підвищення продуктивності природних кормових угідь і лісових насаджень;
- має велике значення в охороні ґрунтів від деградації (ерозії, забруднення важкими металами, пестицидами, заболочення і т.п.).

Бонітет ґрунту – показник якості ґрунту і його продуктивності, який являє собою інтегральну величину різних властивостей та ознак ґрунту, вимірюваних різними мірами (мг, мг-екв, т, мм, % та ін.), хоча сам є безрозмірним.

З існуючих методик бонітування, які поширені в Україні, заслуговують на увагу методики розроблені в Національному аграрному університеті (А.І.Сірий, 1974), Інституті землеустрою УААН та Інституті ґрунтознавства і агрохімії УААН ім. О.Н. Соколовського (Л.Я. Новаковський, О.П. Канащ, В.В. Медведєв та інші) і Інституті садівництва УААН (М.В. Козак, 1996).

- – викладено за (О.Ф. Гнатенко, М.В. Капштик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвіцький, 2005)

-

9.2. МЕТОДИ БОНІТУВАННЯ ҐРУНТІВ

9.2.1 Агроекологічний метод бонітування ґрунтів

Завдання методу полягає в тому, щоб дати оцінку ґрунту як природно-історичному тілу, яке має істотну властивість – родючість, абстрагуючись від конкретних організаційно-господарських умов. Оцінку ґрунтів передбачається проводити на об'єктивних властивостях і ознаках, які притаманні самим ґрунтам.

Для проведення бонітування необхідні такі матеріали: план ґрунтів господарства у масштабі 1:10000 або 1:25000, ґрунтовий нарис, дані про забезпеченість ґрунтів елементами живлення (азотом, фосфором, калієм), рН сольової витяжки, довідкова література про водно-фізичні властивості ґрунтів України. Бонітування починається з оцінки агровиробничих груп ґрунтів. Для цього по кожній агровиробничій групі слід зібрати такі дані:

1. Вміст гумусу (в %) і його запаси (т/га) у шарі 0-100 см.

Запаси гумусу розраховують спочатку в окремих генетичних горизонтах за формулою:

$$M = a \times d_v \times h \quad (136)$$

де М - запаси гумусу, т/га для шару h; d_v – щільність ґрунту, г/см³; h – глибина шару, см.

Потім дані по горизонтах підсумовуються і одержують загальний запас гумусу (в т/га) у шарі 0–100 см.

2. Максимально можливі запаси продуктивної вологи (діапазон активної вологи) розраховують як різницю від найменшої вологості та вологості в'янення по шарах 0-10 см або генетичних горизонтах за формулою:

$$ДАВ = (НВ - ВВ) \times d_v \times h \times 0.1 \quad (137)$$

де ДАВ – діапазон активної вологи, мм; НВ – найменша вологості, %; ВВ – вологість в'янення, %; d_v – щільність ґрунту, г/см³; h – глибина шару, см; 0,1 – коефіцієнт для перерахунку в мм.

Дані по шарах підсумовують і одержують величину ДАВ у шарі 0-100 см. Дані для розрахунку ДАВ виписують з довідкової літератури.

3. Дані по вмісту в орному шарі ґрунту елементів живлення (азоту, фосфору і калію) і рН сольове вибирають включно з результатів агрохімічного обстеження ґрунтів. При цьому обов'язково вказують методи визначення елементів живлення.

4. Для оцінки негативних властивостей ґрунтів узагальнюються матеріали за ступенем солонцюватості (вміст обмінного натрію у % від ємності катіонного обміну, глибина залягання солонцевого горизонту); ступенем засолення (склад, концентрація і глибина залягання легкорозчинних солей і гідролітичною кислотністю, сумою обмінних основ, ступенем насиченості основами, ступенем оглеєння (глеюваті, глейові, сильноглейові, поверхнею оглеєні), глибиною залягання, складом і ступенем мінералізації ґрунтових вод, скелетністю ґрунту (%), завалуненістю, наявністю чагарників, кущів, пнів (у % від площі, які вони займають).

5. Дані діагностичних ознак служать основою для встановлення балу бонітету ґрунтів, його розраховують таким чином: для кожного діагностичної показника, який виступає в ролі одного з основних (типових) критеріїв, спочатку розраховують бал бонітету, як процентне відношення фактичного значення ознаки до еталону за формулою:

$$B_{oz} = \frac{\Phi \times 100}{E} \quad (138)$$

де B_{oz} - бал типової діагностичної ознаки, %; Φ - фактичне значення ознаки; E - еталонне значення ознаки.

Так абсолютні значення ознак перераховуються на відносні.

6. Еталоном запасів гумусу служить величина 500 т/га у шарі 0-100 см. Такі його запаси характерні для найродючіших чорноземів типових і звичайних глибоких високогумусованих.

Для діапазону активної вологи еталоном є величина 200 мм засвоюваної вологи у шарі 0–100 см. Такий її запас повністю задовольняє потреби рослин у воді. В ґрунтах з таким запасом створюється найоптимальніший водно-повітряний режим.

Стандартами для елементів живлення служать наступні величини:

✓ для азоту сполук, які легко гідролізуються і визначаються за методом Тюріна-Конової – 10 мг на 100 ґрунту;

✓ для рухомих форм фосфору, визначених за: Кірсановим - 26, Чиріковим - 20, Мачигінім - 6 мг на 100 г ґрунту;

✓ для обмінного калію, що визначається за методом Кірсанова – 17, Чирікова - 20, Мачигіна - 40, Пейве - 25 і Маслової - 20 мг на 100 г ґрунту.

7. З усіх розрахованих типових критеріїв обчислюють для даного ґрунту середньозважений бал за формулою:

$$B_{cz} = \frac{B_1 U_1 + B_2 U_2 + \dots + B_n U_n}{\sum_n U_n} \quad (139)$$

де $B_{сз}$ - середньозважений бал з типових критеріїв; $B_1, B_2, \dots, B_n$ - бали типових критеріїв (гумусу, ДАВ, азоту, фосфору, калію); $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ - ціна балу критерію; $\sum \Pi_n$ - сума цін балів усіх критеріїв.

Приклад розрахунку середньозваженого балу ($B_{сз}$): ґрунт оцінено за запасами гумусу в 40 балів, ДАВ – 86, за вмістом азоту сполук, що легкогідролізуються – 28, рухомого фосфору і обмінного калію за Кірсановим – 25 і 70 балів відповідно.

Визначаємо ціну балу (Π) з кожного критерію шляхом ділення значень еталону на 100. Тоді ціна балу по запасах гумусу, ДАВ, вмісту азоту, фосфору і калію буде становити: $500:100 = 5,0$; $200:100 = 2,0$; $10:100 = 0,1$; $25:100 = 0,25$; $17:100 = 0,17$.

Сума цін балів усіх критеріїв ($\sum \Pi_n$), буде становити $5,30+2,0+0,1+0,25+0,17=7,52$.

Середньозважений бал з типових критеріїв буде дорівнювати

$$B = \frac{40 \times 5 \times 86 \times 2 \times 28 \times 0,1 + 25 \times 0,25 + 70 \times 0,17}{7,52} \quad (140)$$

8. Розрахований за типовими критеріями середньозважений бал потім корегується з урахування негативних властивостей ґрунтів, які обмежують урожайність сільськогосподарських культур (табл.), клімату і зрошення (табл. 82).

Корегування середньозважених балів здійснюється за формулою:

$$B_6 = B_{сз} \times K_n \quad (23) \quad (141)$$

де B_6 – бал бонітету ґрунтів; $B_{сз}$ - середньозважений бал типових критеріїв; K_n - коефіцієнт поправок на негативні властивості ґрунтів і клімату.

Отже, кінцевий бал бонітету ґрунту встановлюється шляхом послідовного множення середньозваженого балу ($B_{сз}$) на відповідні коефіцієнти поправок.

Врахування відхилень балу бонітету від типового шляхом множення на поправочні коефіцієнти дозволяє диференціювати оціночні бали залежно від конкретних умов місцевості і таким чином врахувати регіональні особливості ґрунтів (табл. 84).

Таблиця 84. Коефіцієнт поправок на негативні властивості ґрунтів

Ступінь вираженості негативних властивостей	Коефіцієнти поправок для зон			
	Полісся	Лісостепу	Степу	Сухого степу
I. Кислотність (рН КСІ)				
Близькі до нейтральних (рН 5,6–6,0)	1,00	0,96		
Слабокислі (рН 5,1–5,5)	0,92	0,89		
Середньокислі (рН 4,6–5,0)	0,85	0,81		
Сильнокислі (рН 3,5–4,6)	0,74	0,71		
II. Засолення				
Типи засолення:				
Содове і змішане				
Слабозасолені	0,88	0,88	0,85	0,85

Середньозасолені	0,78	0,78	0,70	0,70
Сильнозасолені	0,59	0,59	0,40	0,40
Солончаки	0,31	0,31	0,25	0,25
Сульфатне і хлоридно-сульфатне				
Слабозасолені			0,88	0,88
Середньозасолені			0,75	0,75
Сильнозасолені			0,45	0,45
Солончаки			0,29	0,29
Сульфатно-хлоридне і хлоридне				
Слабозасолені			0,90	0,90
Середньозасолені			0,72	0,72
Сильнозасолені			0,48	0,48
Солончаки			0,30	0,30
III. Солонцюватість				
Слабосолонцюваті	0,89	0,89	0,88	0,88
Середньосолонцюваті	0,71	0,71	0,68	0,68
Сильносолонцюваті	0,59	0,59	0,55	0,58
Солонці глибокі	0,55	0,55	0,55	0,58
Солонці середні	0,45	0,45	0,45	0,50
Солонці неглибокі	0,30	0,30	0,30	0,40
Солонці кіркові	0,15	0,15	0,15	0,25
IV. Гідроморфність				
Ґрунт	Глеюваті, глибина ґрунтових вод 1,5–2 м	Глейові, глибина ґрунтових вод 1,0–1,5 м	Глейові, глибина ґрун- тових вод 0,5–1 м	Болотні, глибина ґрун- тових вод до 0,5 м
1. Дерново-підзолистий і сірий опідзолений				
Піщаний і глинисто-піщаний	1,29	0,83	0,68	
Супіщаний і суглинковий	0,92	0,76	0,63	
2. Лучно-чорноземний	1,16			
3. Лучно-каштановий	1,24			
4. Торфово-болотний, торфовий, лучно-болотний, лучний		0,81	0,21	0,10
V. Щільність складення				
Градації	$d_v, \text{г/см}^3$		Попр. коефіцієнт	
Дуже сильно щільне	> 1,5		0,43	
Сильно щільне	1,5–1,4		0,68	
Щільне	1,4–1,3		0,80	
Ущільнене	1,3–1,2		0,91	
Оптимальне	1,2–1,0		1,00	

Пухке	< 1,0		0,97	
VI. Еродованість				
Ступінь еродованості	Ґрунт			
	Дерново- підзо- листий і сірий лісовий	Чорнозем типовий	Чор- нозем звича- йний і півде- нний	Кашта- новий
Змиті:				
слабо	0,75	0,85	0,80	0,70
середньо	0,60	0,68	0,63	0,55
сильно	0,35	0,47	0,41	0,30
намиті	1,81	1,17	1,21	1,28
Дефльовані:				
слабо			0,95	0,94
середньо			0,85	0,82
сильно			0,70	0,68

9. Для ґрунтових комплексів бал якісної оцінки спочатку вираховують для кожного ґрунту, а потім з них виводять середньозважений бал ґрунтового контуру на карті в цілому за формулою:

$$B_{\text{ок}} = \frac{B_{r1}S_1 + B_{r2}S_2 + \dots + B_{rn}S_n}{100} \quad (142)$$

де $B_{\text{ок}}$ - бал бонітету ґрунтового контуру, який складається з комплексу ґрунтів; B_r , B_{r2} , ..., B_{rn} - бал бонітету ґрунтів, які становлять комплекс; S_1 , S_2 , ..., S_n - відсоток площі ґрунтів, які становлять комплекс.

10. Оцінюючий бал округлюється до цілих цифр, які наносяться на відповідний контур ґрунту за його шифром, і стає кінцевою мірою оцінки бонітету даного ґрунту.

11. Після встановлення балів бонітету ґрунтів складають шкалу бонітування, в якій ґрунти господарства розміщують у генетичній послідовності згідно з номенклатурним списком.

Шкали повинні бути розгорнутими, тобто дані діагностичних ознак повинні бути представлені в них як в абсолютних величинах (т/га, мм, мг, %), так і в відносних балах.

Матеріали з бонітування ґрунтів подають у вигляді таблиці 86.

Шкали повинні бути розгорнуті, тобто похідні дані діагностичних ознак повинні бути представлені в них як в абсолютних мг, мм, % і т.н. і у величинах відносних балів (табл. 85).

85. Коефіцієнти поправок на клімат і зрошення

Агроґрунтова зона, адміністративна область	Коефіцієнт поправок		Агроґрунтова зона, адміністративна область	Коефіцієнт поправок	
	клімат	зрошення		клімат	зрошення
I. Полісся			III. Степ		

Волинська	0,93	1,00	Луганська	0,86	1,27
Житомирська	0,93	1,00	Дніпропетровська	0,85	1,32
Київська	0,93	1,00	Донецька	0,90	1,27
Рівненська	0,93	1,00	Запорізька	0,93	1,42
Чернігівська	0,93	1,00	Кіровоградська	0,88	1,25
II. Лісостеп			Республіка Крим	0,83	1,40
Вінницька	0,94	1,11	Миколаївська	0,83	1,40
Волинська	0,93	1,00	Одеська	0,86	1,43
Житомирська	0,92	1,06	Харківська	0,88	1,20
Івано-Франківська	0,89	1,00	Херсонська	0,68	1,77
Київська	0,90	1,08	IV. Степ сухий		
Кіровоградська	0,86	1,21	Запорізька	0,81	1,50
Львівська	0,89	1,00	Республіка Крим	0,73	1,75
Одеська	0,88	1,26	Одеська	0,79	1,67
Полтавська	0,90	1,03	Херсонська	0,68	1,83
Рівненська	0,93	1,00	V. Карпатська і Кримська гірські області		
Сумська	0,89	1,08	Закарпатська	0,84	1,00
Тернопільська	0,95	1,00	Івано-Франківська	0,76	1,00
Харківська	0,90	1,13	Республіка Крим	0,84	1,39
Хмельницька	0,96	1,03	Львівська	0,72	1,00
Черкаська	0,89	1,15	Чернівецька	0,84	1,00
Чернігівська	0,94	1,03			

Шкали бонітування ґрунтів господарств служать потім основою для бонітувальних шкал районів, областей і держави в цілому.

9.2.2. Якісна оцінка земель за методикою А.І. Сірого

Якісній оцінці земель підлягають всі види сільськогосподарських угідь: орні землі, перелogi, багаторічні насадження, сінокоси і пасовища.

Основою для проведення якісної оцінки земель служать матеріали бонітування ґрунтів, доповнені даними кількісного та якісного обліку земельних угідь землекористування.

1. Якісна оцінка земель починається з розрахунку середньозваженого балу бонітету елементарного господарського виділу (поля, робочої ділянки). Для цього визначають площу ґрунтів, які складають елементарний господарський виділ, а потім, маючи їх бали бонітету і площу, яку вони займають, розраховують середньозважений бал за формулою:

$$B_{\text{вид}} = \frac{B_{\text{б1}}S_1 + B_{\text{б2}}S_2 + \dots + B_{\text{бn}}S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} \quad (143)$$

де $B_{\text{вид}}$ - бал бонітету елементарного господарського виділу; $B_{\text{б1}}, B_{\text{б2}}, \dots, B_{\text{бn}}$ - бали бонітету окремих ґрунтів, які складають елементарний господарський виділ; $S_1, S_2, \dots, S_n$ - площі ґрунтів, які складають господарський виділ.

У випадку, коли земельна ділянка, яка оцінюється, складена з однієї ґрунтової відміни, то її оцінка дорівнює балу бонітету ґрунту.

2. Отриманий середньозважений бал бонітету елементарного господарського виділу корегується поправочними коефіцієнтами на контурність, рельєф, завалуненість, наявність чагарників, закарстованість та місцеположення (табл. 87). Внаслідок чого отримуємо кінцевий бал бонітету елементарного господарського виділу.

86. Поправочні коефіцієнти на технологічні властивості земель

І. Контурність				ІІІ. Закарстованість		
Розмір ділянки			Коефіцієнт и поправок	Кількість воронок на 1 га	Коефіцієнти поправок	
Площа, га	Довжина, м	Ширина, м		До 10	1,00	
Понад 10			1,0	11–20	0,90	
5–10			0,95	21–30	0,80	
3–5			0,90	31–50	0,60	
1–3			0,85	51–70	0,40	
До 1,0	50	200	0,41	71–90	0,20	
–	75	133	0,52	понад 90	0,10	
–	100	100	0,60	ІV. Місцеположення господарства		
–	125	80	0,65	Відстань від пунктів реалізації продукції і придбання ресурсів, км	Оцінка у мінус-балах	
–	150	67	0,71	до 10	-	
–	175	57	0,74	11–20	1	
–	200	50	0,75	21–30	2	
–	225	44	0,80	31–40	3	
–	250	40	0,82	41–50	4	
–	275	36	0,84	понад 50	5	
–	300	33	0,85	V. Наявність чагарників на поверхні ділянки		
–	350	29	0,87	% площі	Коефіцієнти поправок	
–	400	25	0,88	1–5	0,90	
–	450	22	0,90	5–10	0,80	
–	500	20	0,91	10–15	0,70	
–	600	17	0,93	понад 15	0,60	
–	700	14	0,94	VI. Рельєф і гідрологічні умови		
–	800	12	0,96	Характеристик а рельєфу і	Крутизн а схилів,	Кое- фіці-
–	1000	10	0,97			

—	1250	8	0,98	гідрологічних умов	градусів	єнти поправок
—	2000	5	1,00			
II. Завалуненість (кам'янистість) поверхні ґрунтів				Дреновані рівнини достатнього зволоження, 60–70% від НВ	до 3	1,00
Ступінь кам'янистості	Об'єм каменів, м³/га		Коефіцієнт и поправок			
слабка	до 5		0,98	Підвищені рівнини, плато, пологі схили помірного зволоження, 50–60% від НВ	3–5 6–10	0,95 0,89
	5–10		0,96			
	10–20		0,93			
середня	20–50		0,89			
сильна	50–100		0,80	Круті схили і вершини недостатнього зволоження, менше 50% від НВ	11–15 понад 16	0,85 0,66
дуже сильна	100–200		0,71			
	200–500		0,62			
	500–1000		0,46	Ґрунти без стічних замкнених понижень тимчасово надлишкового зволоження		0,60
	понад 1000		0,30			

Модифікаційні критерії можуть застосовуватись і в мінус-балах (табл. 88). У такому разі для встановлення кінцевого бала застосовується формула:

$$B_{\text{вид}} = B_{\text{б}} - B_{\text{н}} \quad (144)$$

де $B_{\text{н}}$ - поправка в мінус-балах.

87. Коефіцієнти поправок на неоднорідність ґрунтового покриття

Характеристика ґрунтового покриття в межах земельних ділянок	Коефіцієнти поправок
1. Однорідний з точки зору обробітку і придатності для вирощування основних культур	1,00

2. Однорідний за гідроморфізмом, але однорідний за гранулометричним складом і глибиною горизонтів Н чи НЕ, мікрорельєф нерівний	0,95
3. Чергуються автоморфні, глеюваті і глейові або рівні за контрастністю інші ґрунти	0,90
4. Чергуються автоморфні, напівгідроморфні і гідроморфні ґрунти або автоморфні та напівгідроморфні на замкнутих улоговинах, малопридатних для осушення	0,85

3. Отже, бал бонітету елементарного господарського виділу є узагальненим показником якості його земель, які об'єднують цілу групу різноякісних ґрунтів. Він являє собою відносну безрозмірну величину, яка відображає якість конкретної земельної ділянки, її виробничу придатність у певних економічних умовах виробництва.

При обчисленні середньозваженого балу бонітету земель елементарного господарського виділу всі розрахункові дані заносять у спеціальну форму яка є первинною оціночною відомістю. В ній систематизуються всі дані про структуру і якість ґрунтового покриву, технологічні властивості ґрунтів елементарного господарського виділу.

4. Враховують коефіцієнти поправок на технологічні властивості елементарного господарського виділу і місцеположення господарства.

5. На основі балу бонітету елементарного господарського виділу встановлюють групу і клас придатності земель згідно їх класифікації (табл. 89).

88. Класифікація ґрунтів і земель за їх придатністю для сільськогосподарського виробництва

Група земель	Агрономічна характеристика груп земель	Клас і бал бонітету земель, забарвлення на картограмі	Ґрунти, які входять до класу земель
Дуже високої якості (найкращі землі)	Землі високої продуктивності. Включають в себе ґрунти високої потенційної родючості з оптимальною реакцією ґрунтового розчину, поживним, водно-повітряним і тепловим режимами. Придатні для механізованого обробітку. Забезпечують високі і сталі врожаї рахованих сільськогосподарських культур.	I 91 темно-сірий	Чорноземи типові глибокі середньогумусні важко суглинкові і легкоглинисті
		II 90–81 сірий	Чорноземи типові глибокі малогумусні важкосуглинкові і легко глинисті, лучно-чорноземні середньо- і важкосуглинкові
Високої якості (добрі землі)	Близькі до першої групи, проте мають дещо нижчу продуктивність. Добре забезпечені елементами живлення. Мають сприятливі фізико-хімічні та агрофізичні властивості. Дещо знижують якість земель, слабо виражені негативні властивості ґрунтів. Займають рівнини і слабо-похилі схили. Придатні для механізованого обробітку.	III 80–71 світло-сірий	Чорноземи типові глибокі мало- і середньогумусні, чорноземи вилугувані звичайні глибокі та середньоглибокі мало- і середньогумусні важкосуглинкові і легко глинисті, лучно-чорноземні легко- і середньосуглинкові
		IV 70–61 коричневий	Чорноземи типові вилугувані і карбонатні малогумусні легкоглинисті, чорноземи опідзолені середньо- і важко- суглинкові, чорноземи звичайні неглибокі малогумусні важкосуглинкові і легкоглинисті

Середньої якості (задовільні землі)	Середня забезпеченість елементами живлення і продуктивною вологою. Знижують якість земель більш виражені негативні властивості ґрунтів (слабкий і середній ступінь кислотності, солонцюватості, тощо) і технологічні властивості земельних ділянок (розчленованість мережею балок, еродованість та ін.)	V 60–51 світло-коричневий VI 50–41 рожевий	Чорноземи опідзолені легкоглинисті, темно-сірі опідзолені середньо- і важко суглинкові, сірі опідзолені важко суглинкові, чорноземи південні міцелярно-карбонатні легкоглинисті. Чорноземи типові неглибокі слабогумусовані легкосуглинкові, темно-сірі і чорноземи опідзолені супіщані та легкосуглинкові, сірі, ясно-сірі опідзолені легко- і середньо суглинкові, чорноземи південні залишково-солонцюваті легкоглинисті, чорноземи передгірські карбонатні на елювії щільних порід, чорноземи супіщані, лучно-чорноземні слабо солонцюваті та слабо солончакуваті.
Низької якості	Низька забезпеченість елементами живлення, незадовільні реакція ґрунтового розчину, водно-повітряний і тепловий режими. Знижують якість середньо і сильно виражені негативні властивості ґрунтів, технологічні властивості земельних ділянок (піддатливість до ерозії, заболоченість, дрібноконтурність, комплексність ґрунтового покриву та ін.). Придатні під певні культури. Потребують систематичного застосування підвищених доз добрив, меліоративних і протиерозійних заходів та ін.	VII 40–31 жовтий VII 40–31 жовтий	Сірі опідзолені слабозмиті супіщані та суглинкові, ясно-сірі опідзолені супіщані та піщано-легкосуглинкові, дерново-середньопідзолисті супіщані та легкосуглинкові, темно-каштанові слабо- і середньосолонцюваті легко- і важко-суглинкові, лучні глейові легкосуглинкові. Сірі опідзолені середньо змиті суглинкові, дерново-підзолисті глинисто-піщані і легкосуглинкові та їх глеюваті і глейові різновидності, дерново-приховано підзолисті глеюваті глинисто-піщані, лучні

			глейові поверхнево слабосолонцюваті, слабо содовосолончакуваті, каштанові солонцюваті.
Дуже низької якості	Низькопродуктивні угіддя. Включають малородючі ґрунти з дуже низькою забезпеченістю елементами живлення, незадовільним водно-повітряним і тепловим режимами, різко вираженими негативними властивостями ґрунтів. Дуже піддатливі до ерозії. Займають круті схили, глибокі пониження, тощо. Малопридатні для механізованого обробітку. Задовільні врожаї можливі при несенні високих доз добрив. Потребують меліоративних, ґрунтозахисних та інших заходів.	IX 20–11 рожевий	Дерново-підзолисті ґрунти та їх глейові і солончакуваті різновидності і дернові піщані і глинисто-піщані, дерново-глейові, сильно змиті різновиди чорноземів, сірих опідзолених, каштанових та інших ґрунтів.
Незручні землі	Не придатні для землеробства без проведення складних, дорогих за вартістю заходів по їх окультурення.	X 10 червоний	Комплекси ґрунтів з солончаками і солонцями кірковими і неглибокими, сильно солончакові, заболочені, розвіювані піски, виходи ґрунтотворних порід, тощо.

Шкала якісної оцінки земель охоплює всі фактори, які визначають якість земель (грунтово-кліматичні, фізико-географічні і технологічні), містить об'єктивну і повну їх характеристику, в той же час вона відносно проста, загальнодоступна і зручна в практичному використанні. Встановлення груп і класів земель має важливе виробниче значення, бо вони не тільки беруть до уваги мозаїку ґрунтового покриття на плані ґрунтів, але й наочно відображають відмінність у продуктивності земель елементарних господарських виділів.

6. Матеріали бонітування ґрунтів і якісної оцінки земель є основою для складання паспорта поля чи земельної ділянки.

7. На основі балів бонітету земель елементарних господарських виділів розраховуються середньозважені бали бонітету земель виробничих підрозділів господарства (бригад, відділень, ферм, ланок) і господарств у цілому. Всі розрахункові дані систематизуються у відомості якісної оцінки земель внутрігосподарських підрозділів і зведених відомості якісної оцінки земель господарства.

В даних формах для характеристики земель господарств, а потім і районів вводяться додатково відомості про якісний стан підвидів кормових угідь (заливні сінокоси, сінокоси і пасовища суходільні і заболочені), а також угідь несільськогосподарського призначення (болота, чагарники, ліси, піски).

Ці дані необхідні для обґрунтування плану трансформації угідь при проведенні внутрігосподарського землеустрою території, а також для правильного визначення загального об'єму капітальних вкладень на проведення меліоративних і культуртехнічних робіт в кожному господарстві та в цілому по району.

Дані якісної оцінки земель господарств служать основою для визначення середньозважених балів бонітету земель району, області і України в цілому.

8. Після розрахунків балів бонітету земельних угідь і територіальних одиниць розраховують коефіцієнт позитивної якості (добротності) їх земель, який відображає у скільки разів землі того чи іншого підрозділу (бригади, відділення) вищі або нижчі за якістю земель господарства в цілому.

Коефіцієнт добротності земель визначають діленням середньозваженого балу бонітету земель підрозділів на середньозважений бал бонітету земель господарства.

Визначення середньозваженого балу бонітету і коефіцієнта добротності дозволяє дати відповідь на питання на скільки землі господарства, району, області кращі або гірші за землі інших господарств, районів та областей.

9. Дані первинної та зведеної відомостей служать основою для внесення записів у кадастрову шнурову книгу і Державну книгу реєстрації землекористування та інвентаризації земель.

10. Для більшої доступності та наочності землеоціночних матеріалів складається картограма якості земель господарства. Її завдання полягає в

тому, щоб найбільш повно і наочно відобразити результати оціночних робіт на картографічній основі, доповнити матеріали ґрунтового обстеження спеціальними допоміжними документами, які дозволяють обґрунтовано і оперативно вирішувати питання раціонального використання земель.

Картограма якості земель – це графічне зображення структури і бонітету земельних угідь певної території. Складається вона на основі копії контурного оригіналу ґрунтового плану. Межі ґрунтових контурів з їх індексами та балами бонітету зберігаються. На картограмі також відображаються елементи ситуації землекористування у відповідності з вимогами діючих інструкцій крупномасштабних зйомок території.

Базовим матеріалом для складання картограми служать первинні та зведені відомості структури і бонітету земельних угідь даної території.

Техніка складання картограми полягає в нанесенні відкоректованих середньозважених балів і коефіцієнтів добротної земель на елементарні господарські виділи в межах плану землеустрою території окремого господарства та їх ілюмінування кольорами по групам і класам придатності. При цьому на картографічній основі повинні обов'язково зберегтися контури ґрунтових різновидностей з позначенням їх шифру і бала бонітету, необхідні для внесення відповідних коректив або виконання повторної інвентаризації ґрунтового покриття у випадку трансформації угідь.

Зарамочне оформлення картограми аналогічне оформленню плану ґрунтів, лише відповідно змінюються назви, прізвища виконавців та умовні позначення. В назві вказується: картограма якості земель господарства ... району ... області... та масштаб. В умовних позначеннях подають номенклатуру ґрунтів (шифр агрогрупи, ґрунти, які складають агрогрупу; їх бали бонітету і площа, яку вони займають), групи і класи земель, їх оціночні бали, забарвлення, а також коефіцієнти порівняльної якості (добротності) земель господарства і його виробничих підрозділів (бригад, відділень, ланок). Вміщують експлікацію сільськогосподарських угідь у розрізі видів і підвидів угідь та їх площ.

Класи земель на картограмі позначаються у чисельнику червоним тушем римськими цифрами, а бали бонітету - в знаменнику арабськими цифрами.

На основі картограми бонітету земельних угідь господарств складають середньо- і дрібномасштабні картограми структури і бонітету земельних угідь більш крупних адміністративних одиниць – районів, областей і України в цілому.

11. До картограми складається пояснювальна записка у вигляді альбому якості земель господарства, в якому викладаються методики оціночних робіт, їх результати і рекомендації, щодо використання матеріалів оцінки земель у сільськогосподарському виробництві.

9.2.3. Методика бонітування ґрунтів Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського та Інституту землеустрою НААН України

Бонітування проводиться за методикою, яка базується на єдиних принципах, але з обов'язковим урахуванням регіональних особливостей ґрунтів і природних умов сільськогосподарського виробництва. Завданням бонітування є встановлення ступеня відповідності властивостей ґрунтів та умов біологічним потребам конкретних культур, тобто ступеня придатності для їх вирощування.

Об'єктом бонітування є одиниці ґрунтового покриття, різновидності ґрунтів або агровиробничі групи ґрунтів, узагальнені на основі єдиного загальнодержавного номенклатурного списку. Як і в агроекологічному методі, показником ступеня якості (родючості) ґрунтів є бонітет, виражений у балах. Однак, до основних типових критеріїв в ній відносяться: вміст гумусу в орному шарі і по генетичних горизонтах; глибина гумусових горизонтів та вміст фізичної глини. Модифікаційні критерії такі самі, як у агроекологічному методі. В якості узагальненого показника агрофізичних властивостей пропонується використовувати індекс фізичного стану ґрунтів.

Робота здійснюється в такому порядку:

1. Визначають перелік культур, відносно яких розробляються бали бонітетів ґрунтів конкретного природно-сільськогосподарського району (господарства);
2. Встановлюють бонітети ґрунтів по окремим властивостям, від яких у найбільшій мірі залежить врожайність відповідної культури;
3. Визначають міру впливу окремих властивостей або бонітетів ґрунтів на врожайність культури;
4. Розраховують загальні бали бонітетів ґрунтів відносно прийнятих культур.

Розрахунок балів бонітету здійснюється відносно еталонних агровиробничих груп ґрунтів, вибраних для кожної сільськогосподарської культури і приймається за 100 балів.

Розрахунки балів бонітету проводять спочатку за окремими властивостями, а потім розраховується загальна його величина по всіх властивостях.

Бали бонітетів по гумусу і глибині гумусових горизонтів розраховують за формулою:

$$B = \frac{n_i}{n_{eij}} \times 100 \quad (145)$$

де n_i - і-тий показник властивості (ознаки) агровиробничої групи ґрунтів, по якій визначається бонітет; n_{eij} - аналогічний показник агровиробничої групи ґрунтів, прийнятий за еталон для j-тої культури.

При визначенні загального балу бонітету ґрунтів враховують міру впливу окремих ознак на врожайність по природно-сільськогосподарських провінціях. Вони розраховані виходячи з коефіцієнта детермінації, визначеного за формулою:

$$K_{\partial ij} = r_{ij}^2 \quad (146)$$

де $K_{\partial ij}$ – коефіцієнт детермінації; r_{ij}^2 – коефіцієнт кореляції між урожайністю j -тої культури (або балу бонітету по урожайності) і окремим (i -тим) показником властивості ґрунту, вираженим в балах бонітету.

Загальні бали бонітету агровиробничої групи ґрунтів природно-сільськогосподарського району (господарства) розраховуються за формулою:

$$B_{ij} = \frac{B_{1ij}K_{\partial 1ij} + B_{2ij}K_{\partial 2ij} + \dots + B_{nij}K_{\partial nij}}{K_{\partial 1ij} + K_{\partial 2ij} + \dots + K_{\partial nij}} \quad (147)$$

де B_{1ij} , B_{nij} – бали бонітетів по окремим властивостям ґрунтів по j -культурі; $K_{\partial 1ij}$, $K_{\partial 2ij}$, $K_{\partial nij}$, коефіцієнти детермінації по окремим властивостям по j -культурі.

Для врахування агрофізичних показників, в якості узагальненого показника використовувати індекс фізичного стану, приклад розрахунку якого наводиться нижче (табл. 90).

99. Розрахунок індексу фізичного стану ґрунту

Показники	Глибина шару, см	Показники		K=b/a
		Еталонні (a)	Фактичні (b)	
1. Щільність, г/см ³	50	1,15	1,25	0,91
2. Вміст повітряно-сухих агрегатів розміром 0,25–10 мм, %	40	75	80,9	0,92
3. Вміст водостійких агрегатів розміром 0,25 мм, %	40	50	77,6	0,45
4. Найменша (польова) вологоємність, %	100	30	28,7	0,96
5. Пористість аерації, % від об'єму	50	22	19,2	0,87
6. Діапазон активної вологи, %	100	18	17,7	0,98
7. Водопроникність (середня фільтрація), мм/год	—	60	36	0,60

В нашому прикладі добуток $K_1 K_2 K_3 \dots K_n = 0,185$. Отже загальний індекс фізичного стану буде дорівнювати:

$$I_{\text{заг}} = \sqrt[n]{K_1 \times K_2 \times K_3 \times \dots \times K_n} = 0.79 \quad (148)$$

На цей коефіцієнт необхідно помножити загальний бал бонітету агровиробничої групи (B_{ij}), чим досягається вияв міри впливу на бали бонітету агрофізичних властивостей.

Для врахування впливу на величину бонітету негативних властивостей і ознак, таких як солонцюватість, засолення, скелетність, кислотність, оглеєність, еродованість бали бонітетів ґрунтів множаться на відповідні

коефіцієнти поправок. Результати розрахунків оформляють у вигляді таблиці.

З метою конкретної прив'язки результатів бонітування ґрунтів до місцевих умов складання шкал здійснюється в межах природно-сільськогосподарських районів (господарств).

Для сні вставлення даних бонітування ґрунтів складається єдина шкала бонітетів у цілому по зоні вирощування культури. При її складанні доцільно застосовувати екологічний коефіцієнт, який являє собою відношення врожайності певної сільськогосподарської культури на еталонному ґрунті у природно-сільськогосподарському районі до врожайності на найкращому ґрунті для цієї культури в зоні її вирощування.

Підсумки розрахунків балів агровиборничих груп ґрунтів зводять в шкали бонітетів, де агрогрупи розміщують у порядку їх номенклатурних шифрів.

Після розробки шкал бонітетів ґрунтів по агровиборничих групах природно-сільськогосподарських районів здійснюється перевірка вірності складання шкал бонітування ґрунтів. Вона виконується шляхом співставлення фактичної врожайності за останні 7–10 років і бонітетів ґрунтів, визначених за властивостями на кращих ґрунтах за допомогою кореляційно-регресійного аналізу по кожній культурі.

При загальному бонітуванні бал бонітету розраховується по окремих бонітетах вирощуваних культур з урахуванням площ посіву цих культур за формулою:

$$B_z = \frac{B_1 S_1 + B_2 S_2 + \dots + B_m S_m}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} \quad (149)$$

де B_z – загальний бал бонітету; $B_1, B_2, \dots, B_n$ – окремі бонітети вирощуваних культур; $S_1, S_2, \dots, S_n$ – площі посіву цих культур, %.

Логічним завершенням бонітування ґрунтів є пов'язана з нею класифікація земель за придатністю для вирощування окремих сільськогосподарських культур, якою передбачено встановлення ступеня відповідності якості ґрунтів агробіологічним потребам: культур та їх здатності давати врожай відповідної якості.

Виявлення залежності в системі «ґрунт-рослина» найбільш повно здійснюється з використанням бонітування ґрунтів, тобто з конкретним кількісним виразом якості ґрунту в балах. З метою встановлення можливостей окремих регіонів для отримання відповідних об'ємів основних видів продукції землеробства в кращих агроекологічних умовах потреби кожної культури необхідно співставити з якістю ґрунтового покриву, визначеною з урахуванням основних природних властивостей.

Поряд із значними перевагами, ця методика теж має деякі недоліки. З наведених показників ґрунту, що використовують для оцінки родючості, більшість характеризує потенційну кореляцію з урожайністю, потенційне забезпечення факторів родючості, що визначають ріст і розвиток рослин (волога, тепло, повітря, елементи живлення, тощо). Безпосередньо ці параметри не оцінюються. Не достатньо враховується також вплив

зволоженості території і ґрунтів на урожайність культур. Не враховується також ступінь забруднення ґрунтів і його вплив на зниження родючості ґрунтів і урожайності культур (О.Ф. Гнатенко, Л.Р. Петренко та ін., 1998).

Слід враховувати і регіональні особливості залежності урожайності від показників ґрунту. За даними А.Н. Пантелеймонова (1990) найбільш тісно корелюють з урожайністю на дренованих ґрунтах Передкарпаття такі показники ґрунтів – загальна пористість, пористість аерації, вміст гумусу і рухоме окисне залізо, вони можуть бути використані як основні діагностичні ознаки при оцінці осушених земель.

9.2.4. Методика бонітування ґрунтів під плодові насадження Інституту садівництва НААН України

Методика, запропонована Інститутом садівництва Української Академії аграрних наук (М.В.Козак, 1996) і має свою специфіку. Перш за все в ній враховано, що плодові дерева довгий час ростуть на одному місці. Їх коренева система не обмежується освоєнням орного шару (0-20 см) ґрунту, а досягає глибини 1,5 м і більше. В той же час результативність вибору ділянки проявляється лише на 4-5 рік після посадки саду.

При виборі земельної ділянки під плодові насадження до оцінки ґрунтових умов застосовують два підходи: позитивний - дається оцінка і характеристика ґрунтів за властивостями, які забезпечують найкращі умови для росту і розвитку рослин, і негативний – вказуються межі допустимості деяких властивостей.

За основу розрахунку бонітету ґрунтів взято методологічні розробки А.І. Сірого (1986), тобто виділяють основні (типові) та модифікаційні (негативні) властивості. Розрахунки ведуть як у агроекологічному методі, але за еталони беруть такі показники:

1. Запаси гумусу в шарі 0-100 см - 350 т/га;
2. Діапазон активної вологи в шарі 0-100 см - 200 мм;
3. Вміст фізичної глини - 35-60%;
4. Щільність ґрунту - 1,37-1,45 г/см³;
5. Реакція ґрунту (рНкcl) - 5,6-7,5;
6. Вміст рухомих сполук фосфору в шарі 0-40 см за Кірсановим – 25: Чириковим – 16; Мачигінім – 6 мг P₂O₅/100 г ґрунту;

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. Видання офіційне. Київ: Держспоживстандарт України. – 2006. – 19 с.
2. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель / За ред. Патики В.П., Тараріко О. Г. - К.: Фітосоціоцентр, 2002. -296 с.
3. Шикула М.К., Гнатенко О.Ф., Петренко Л.Р., Капштик М.В. Охорона ґрунтів. – К.: Тов-во «Знання» ККО. – 2004. – 398 с.
4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. - М.: Агропромиздат, 1986. - 416 с.
5. Гнатенко О.Ф. Практикум з ґрунтознавства / О.Ф. Гнатенко, Л.Р. Петренко, М.В. Капштик. – К.: ВЦ НАУ. – 2002. – 230 с.
6. Тихоненко Д.Г., Дегтярьов В.В., Кронін С.В., Величко Л.Л., Новосад К.Б., Балаєв А.Д., Кравченко Ю.С., Тонха О.Л., Веремєєнко С.І. Практикум з ґрунтознавства: Навчальний посібник / За редакцією професора Д.Г.Тихоненка. – 6-е вид., перероб. і доп. – Х.: Майдан, 2009.
7. Булигін С.Ю. Оцінка і прогноз якості земель: Навч. посібник / С.Ю.Булигін, А.В.Барвінський, А.О.Ачасова, А.Б.Ачасов / Харк. нац. аграр. ун-т. – Х., 2008. – 237 с.
8. Медведев В.В. Водные свойства почв Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур / Медведев В.В., Лактіонова Т.Н., Донцова Л.В. – Х., Апостроф, 2011. – 224 с.
9. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи / В.В. Медведев. – Харьков.: ПФ «Антиква», 2002, 428 с.
10. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / За ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва і А.Д. Балаєва. – К.: НААНУ. – 2010. – 153 с.
11. Тарасов В.І. Методичні рекомендації з оцінки еродованості ґрунтів в агроландшафтах геодезичними методами та методами фітоіндикації / В.І. Тарасов, М.М. Полулях, Т.А. Носовська. – Луганськ, 2010. – 17 с.
12. Третьак А.М. Земельні ресурси України та їх використання / А.М. Третьак, Д.І. Бабміндра. – К.:ТОВ «ЦЗРУ», 2003. – 143 с.
13. Добряк Д.С. Класифікація сільськогосподарських земель як наукова передумова їх екологічнобезпечного використання. – 2-ге вид., допов. / Д.С. Добряк, О.П. Канаш, Д.І. Бабміндра, І.А. Розумний. – К.: Урожай, 2009. – 464 с.
14. Сучасна концепція хімічної меліорації кислих і солонцевих ґрунтів. – Харків: ННЦ ІГА імені О.Н. Соколовського, 2008. – 100 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Процеси, що контролюються в системі державного ґрунтового моніторингу
України (за В.В. Медведєвим та ін., 1989 з уточненнями)

№ п/п	Контрольний процес	Показник	Глибина відбору зразків, см	Періодичність визначення
1.	Зміна структури ґрунтового покриву та контроль землекористування			
1.1.	Зміна структури ґрунтового покриву	Змитість, дефльованість, олучнілість, осолонцюватість, засолення, мочаристість, оглеєність та інші	—	1 раз на 15–20 років
1.2.	Трансформація земельних угідь за структурою ґрунтового покриву	Структура ґрунтового покриву земель, що відчужуються для несільськогосподарських потреб та її бальна (якісна) оцінка	—	Щорічно
1.3.	Контроль оптимальності земле-користування	Рекомендована та фактична структура угідь	—	Щорічно
1.4.	Контроль оптимальності технологій	Рекомендовані та фактичні види і дози органічних і мінеральних добрив, пестицидів, способи обробітку ґрунту, протиерозійна агротехніка	—	Щорічно
1.5.	Контроль комплексної охорони ґрунтів	Організація території, довжина найпростіших гідротехнічних споруд, довжина і висота лісосмуг, відсоток захищеності ділянки, площа постійного залуження	—	Щорічно
2.	Оцінка темпів зміни основних процесів			

	грунтоутворення			
2.1.	Гумусний стан	Загальний вміст гумусу. Рухомі гумусові речовини	0–20 30–40	1 раз на 5 років
2.2.	Реакція ґрунтового розчину	Актуальна, обмінна, гідролітична кислотність	0–20 30–40	Щорічно
2.3.	Ємність вбирання	Ємність катіонного обміну (ЄКО) та сума обмінних основ (S)	0–20 30–40	1 раз на 5 років
2.4.	Водний режим	Вміст вологи	0–100 (через 10 см)	3 3 по 10 місяць подекадно. 1, 2 і 11, 12 місяці – 1 раз в місяць
2.5.	Режим елементів живлення	Рухомі форми фосфору та калію у ґрунті; нітрати у ґрунті	0–20 30–40	1 раз на 5 років
2.6.	Забруднення ґрунтів і води	Вміст валових і рухомих форм важких металів у ґрунті; вміст пестицидів у ґрунті та воді; вміст нітратів у рослинах; радіоактивні елементи	0–20	Щорічно
2.7.	Агрофізичні властивості	Рівноважна щільність, структурно-агрегатний стан ґрунту водопроникність	0–10, 10–20, 20–40 0–10, 10–20, з поверхні	1 раз на 5 років
2.8.	Біологічні властивості	Азотфіксація, денітрифікація, активність ферментів і сумарна біологічна активність ґрунту	0–20 30–40	1 раз на 5 років
3.	Оцінка інтенсивності прояву процесів ерозії			
3.1.	Площі угідь, що зазнали водної та вітрової ерозії	Площа (в га) по адміністративних районах, областях і країні в цілому	—	Щорічно
3.2.	Осередки та ареали поширення пилових	Площа (в га) по адміністративних	—	По мірі виявлення

	бур	районах, областях і країні в цілому		
3.3.	Кількість та інтенсивність зливових опадів. Весняний рідкий та твердий стоки.	Кількість (мм) подекадно та інтенсивність (мм/хв.) атмосферних опадів за теплий період. Снігомірна зйомка. Показники стоку за період сніготанення	—	Див. графу 3
3.4.	Швидкість вітру під час пилових бур і при локальному прояві вітрової ерозії	Швидкість вітру (м/с) по восьми румбах на 07, 13 та 19 год. місцевого часу за кожен день	—	Щорічно за час прояву ерозії
3.5.	Динаміка проективного покриття ґрунту рослинністю	Відсоток площі поверхні ґрунту, покритого рослинністю чи її рештками	—	В період прояву ерозії
3.6.	Зміна глибини гумусових горизонтів	Глибина залягання гумусового горизонту до і після проходження процесів ерозії	—	До і після прояву ерозії
3.7.	Зміна властивостей ґрунтів, що зазнали ерозії	Вміст гумусу, якісний склад органічної речовини, вміст рухомого фосфору та обмінного калію, структурно-агрегатний склад, щільність	0–10	В період прояву ерозії
3.8.	Визначення втрат ґрунту і води на стокових площадках	Маса рідкого (м ³ /га) і твердого (т/га) стоку	—	В період прояву ерозії
3.9.	Визначення втрат ґрунту на контрольованих ділянках	Маса (т/га) втрат ґрунту	—	В період прояву ерозії
3.10.	Визначення прогнозних втрат води і ґрунту при ерозійних процесах залежно від стану господарського використання земель	Маса рідкого (м ³ /га) і твердого (т/га) стоку	—	В період прояву ерозії
3.11.	Іригаційна ерозія	Облік порушень	—	В період

		водоводів		прояву ерозії
3.12.	Облік характеру ушкоджень поверхні ґрунту при вітровій ерозії	Визначення інтенсивності прояву вітрової ерозії	—	В кінці періоду прояву ерозії
4.	Додаткові показники контролю стану ґрунтів меліоративного фонду			
4.1.	Якість зрошувальних вод	Хімічний склад зрошувальних вод (рН), вміст і активна концентрація аніонів та катіонів, концентрація забруднювачів, наявність радіоактивних сполук	—	2 рази на рік
4.2.	Рівень склад підґрунтових вод	Глибина і хімічний склад підґрунтових вод, концентрація забруднювачів в них	—	2 рази на рік
4.3.	Засолення ґрунтів і підґрунтів, зони аерації	Вміст водорозчинних солей	0–25, 25–50, 50–75, 75–100, глибше через 50 см	1 раз в 3–5 років
4.4.	Вторинне осолонцювання	Вміст увібраних Na/E*100 катіонів, активність іонів H ⁺ , Ca ²⁺ , Na ⁺ , розрахунок відношення	0–25, 25–50	1 раз в 5 років
4.5.	Оцінка темпів мінералізації осушених торфовищ	Потужність органогенних горизонтів, щільність, зольність торфу	0–25, 25–50, 50–75, 75–100,	1 раз в 5 років
4.6.	Трансформація органічної речовини	Ступінь розкладу торфу та його гуміфікованість	0–20, 30–40	1 раз в 5 років
4.7.	Вторинне озалізнення	Форми заліза в осушених гідро-морфних ґрунтах	0–20, 30–40	1 раз в 5 років
5.	Оцінка ефективної родючості ґрунтів	Показники якості продукції, вміст токсичних елементів у харчових продуктах	—	Щорічно

Додаток Б

Оптимальні параметри показників родючості ґрунтів у шарі ґрунту від 0 см до 25 см (Полупан М.І., 2004)

Показники	Параметри залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини, %)			
	Піщані < 5	Зв'язано- піщані 6-10	Супіщані 11-20	Легко- суглинков 21-30
Поліська зона				
<i>Дернові опідзолені (автоморфні)</i>				
Гумус, %	0,4–0,7	0,7–1,4	1,1–2,7	2,0–4,1
Запас гумусу у профілі, т/га	25–35	35–65	60–120	85–180
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	30–40	30–40	35–45	35–45
Рухомий фосфор, за Кірсановим, мг/кг	100–150	120–170	150–200	150–200
Рухомий калій, за Кірсановим, мг/кг	120–170	150–200	170–220	170–220
pH сольової витяжки	5,1–5,7	5,1–5,7	5,4–6,0	5,4–6,0
Гідролітична кислотність, м-екв/100 г	1,7–2,0	2,0–2,2	2,0–2,5	2,3–4,5
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	3,0–4,0	4,0–4,5	4,5–9,0	9,0–12,0
Щільність, г/см ³	1,5–1,6	1,5–1,6	1,4–1,5	1,3–1,4
Вміст агрегатів, %:				
(0,25-10,0) мм повітряно-сухих	—	30–40	40–60	40–60
більше ніж 0,25 мм водотривких	—	20–30	30–50	30–50
Найменша вологоємність, %	10–12	12–14	14–18	18–22
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту від 0 см до 100 см, мм	40–50	50–60	60–80	80–120

<i>Дернові опідзолені глеюваті</i>				
Гумус, %	0,7–0,8	0,8–1,6	1,5–3,2	2,8–4,8
Запас гумусу у профілі, т/га	35–45	40–75	70–140	100–200
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	30–40	30–40	35–45	35–45
Рухомий фосфор, за Кірсановим, мг/кг	100–150	120–170	150–200	150–200
Рухомий калій, за Кірсановим, мг/кг	120–170	150–200	170–220	170–220
pH сольової витяжки	5,0–5,5	5,1–5,7	5,3–5,8	5,4–6,0
Гідролітична кислотність, м-екв/100 г	1,7–2,0	2,0–2,4	2,0–2,4	1,0–2,2
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	3,0–4,0	4,0–4,5	4,5–9,0	10,0–15,0
Щільність, г/см ³	1,5–1,6	1,5–1,6	1,4–1,5	1,3–1,4
Вміст агрегатів, %:				
(0,25-10,0) мм повітряно-сухих	–	30–40	40–60	40–60
більше ніж 0,25 мм водотривких	–	20–30	30–50	30–50
Найменша вологоємність, %	10–12	12–14	14–18	18–22
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту від 0 см до 100 см, мм	40–50	50–60	60–80	80–120
<i>Дернові опідзолені глейові</i>				
Гумус, %	0,8–1,0	1,0–2,1	1,8–4,0	3,4–6,0
Запас гумусу у профілі, т/га	35–45	40–90	80–180	150–250
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	30–40	30–40	35–45	35–45
Рухомий фосфор, за Кірсановим, мг/кг	100–150	120–170	150–200	150–200
Рухомий калій, за Кірсановим, мг/кг	120–170	150–200	170–220	170–220

рН сольової витяжки	4,7–5,1	5,0–5,5	5,5–6,0	5,9–6,5
Гідролітична кислотність, м-екв/100 г	2,0–2,4	2,0–2,4	1,0–2,4	1,0–2,4
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	3,0–4,0	4,0–4,5	5,0–11,0	13,0–16,0
Щільність, г/см ³	1,5–1,6	1,5–1,6	1,4–1,5	1,3–1,4
Вміст агрегатів, %:				
(0,25-10,0) мм повітряно-сухих	–	30–40	40–60	40–60
більше ніж 0,25 мм водотривких	–	20–30	30–50	30–50
Найменша вологостійкість, %	10–12	12–14	14–18	18–22
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту від 0 см до 100 см, мм	40–50	50–60	60–80	80–120
<i>Дерново-опідзолені неоглесні</i>				
Гумус, %	–	0,5–0,6	0,6–1,3	1,2–2,0
Запас гумусу у профілі, т/га	–	25–35	35–60	50–85
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	–	30–40	35–45	35–45
Рухомий фосфор, за Кірсановим, мг/кг	–	120–170	150–200	150–200
Рухомий калій, за Кірсановим, мг/кг	–	150–200	170–220	170–220
рН сольової витяжки	–	4,6–5,4	4,6–5,4	5,0–6,0
Гідролітична кислотність, м-екв/100 г	–	1,7–2,6	2,0–2,8	2,5–3,0
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	–	3,0–4,0	4,0–6,0	6,0–8,0
Щільність, г/см ³	–	1,5–1,6	1,4–1,5	1,3–1,4
Вміст агрегатів, %:				
(0,25-10,0) мм повітряно-сухих	–	30–40	40–60	40–60
більше ніж 0,25 мм водотривких		20–30	30–50	30–50

Найменша вологоємність, %	—	12–14	14–18	18–22
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту від 0 см до 100 см, мм	—	50–60	60–80	80–120
<i>Дерново-підзолисті глеюваті</i>				
Гумус, %	—	0,6–0,8	0,8–1,6	1,4–2,4
Запас гумусу у профілі, т/га	—	30–40	40–75	60–100
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	—	30–40	35–45	35–45
Рухомий фосфор, за Кірсановим, мг/кг	—	120–170	150–200	150–200
Рухомий калій, за Кірсановим, мг/кг	—	150–200	170–220	170–220
pH сольової витяжки	—	5,0–5,5	5,0–5,7	5,3–6,2
Гідролітична кислотність, м-екв/100 г	—	1,7–2,6	1,5–2,6	1,0–2,5
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	—	3,5–4,5	4,5–6,0	6,0–7,5
Щільність, г/см ³	—	1,5–1,6	1,4–1,5	1,3–1,4
Вміст агрегатів, %:				
(0,25-10,0) мм повітряно-сухих	—	30–40	40–60	40–60
більше ніж 0,25 мм водотривких		20–30	30–50	30–50
Найменша вологоємність, %	—	12–14	14–18	18–22
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту від 0 см до 100 см, мм	—	50–60	60–80	80–120
<i>Дерново-підзолисті глейові</i>				
Гумус, %	—	0,7–0,9	0,9–1,9	1,6–2,7
Запас гумусу у профілі, т/га	—	35–45	45–90	70–115
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	—	30–40	35–45	35–45

Рухомий фосфор, за Кірсановим, мг/кг	—	120–170	150–200	150–200
Рухомий калій, за Кірсановим, мг/кг	—	150–200	170–220	170–220
pH сольової витяжки	—	4,5–5,1	5,0–5,5	5,5–6,0
Гідролітична кислотність, м-екв/100 г	—	1,5–2,5	1,5–2,5	2,0–3,0
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	—	4,0–4,5	4,5–6,0	6,0–8,0
Щільність, г/см ³	—	1,5–1,6	1,4–1,5	1,3–1,4
Вміст агрегатів, %:				
(0,25-10,0) мм повітряно-сухих	—	30–40	40–60	40–60
більше ніж 0,25 мм водотривких		20–30	30–50	30–50
Найменша вологоємність, %	—	12–14	14–18	18–22
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту від 0 см до 100 см, мм	—	50–60	60–80	80–120

Показники	Параметри залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини, %)			
	Легко-суглинков	Середньо-суглинков	Важко-суглинков	Легко-глинисті
	21-30	30-45	45-60	
Зона Лісостепу				
Ясно-сірі лісові				
Гумус, %	1,3–1,9	1,8–2,7	1,9–2,8	—
Запас гумусу у профілі, т/га	60–100	100–150	150–170	—
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	35–45	35–45	35–45	—
Рухомий фосфор, за Кірсановим, мг/кг	150–200	150–200	150–200	—

Рухомий калій, за Кірсановим, мг/кг	170–220	170–220	170–220	–
pH сольової витяжки	5,2–5,7	5,2–5,7	5,2–5,7	–
Гідролітична кислотність, м-екв/100 г	2,5–3,1	2,5–3,1	2,5–3,1	–
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	10,0–15,0	12,0–20,0	14,0–22,0	–
Щільність, г/см ³	1,2–1,3	1,2–1,4	1,2–1,4	–
Вміст агрегатів, %:				
(0,25-10,0) мм повітряно-сухих	40–60	40–60	40–60	–
більше ніж 0,25 мм водотривких	30–50	30–50	30–50	–
Найменша вологоємність, %	18–22	22–26	26–30	–
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту від 0 см до 100 см, мм	80–120	100–120	120–140	–
<i>Сірі лісові</i>				
Гумус, %	1,5–2,4	2,0–2,5	2,3–2,7	–
Запас гумусу у профілі, т/га	100–140	140–200	200–220	–
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	35–45	35–45	35–45	–
Рухомий фосфор, за Кірсановим, мг/кг	150–200	150–200	150–200	–
Рухомий калій, за Кірсановим, мг/кг	170–220	170–220	170–220	–
pH сольової витяжки	5,4–6,1	5,4–6,1	5,4–6,2	–
Гідролітична кислотність, м-екв/100 г	2,4–3,1	2,5–3,5	2,5–3,5	–
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	10,0–15,0	13,0–23,0	19,0–25,0	–
Щільність, г/см ³	1,2–1,3	1,2–1,3	1,2–1,4	–

Вміст агрегатів, %:				
(0,25-10,0) мм повітряно-сухих	50–60	50–60	50–60	—
більше ніж 0,25 мм водотривких	30–60	30–60	30–60	
Найменша вологостійкість, %	18–22	22–26	26–30	—
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту від 0 см до 100 см, мм	80–120	100–120	120–140	—
Темно-сірі опідзолені				
Гумус, %	1,6–2,6	2,4–3,2	2,9–3,9	—
Запас гумусу у профілі, т/га	120–180	180–260	260–320	—
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	35–45	35–45	35–45	—
Рухомий фосфор, за Кірсановим, мг/кг	150–200	150–200	150–200	—
Рухомий калій, за Кірсановим, мг/кг	170–220	170–220	170–220	—
pH сольової витяжки	5,3–6,0	5,5–6,3	5,5–6,3	—
Гідролітична кислотність, м-екв/100 г	2,1–3,0	2,5–3,5	2,5–4,0	—
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	11,0–18,0	16,0–28,0	24,0–34,0	—
Щільність, г/см ³	1,1–1,3	1,2–1,3	1,2–1,4	—
Вміст агрегатів, %:				
(0,25-10,0) мм повітряно-сухих	50–60	50–60	50–60	—
більше ніж 0,25 мм водотривких	30–60	30–60	30–60	
Найменша вологостійкість, %	18–22	22–26	26–30	—
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту від 0 см до 100 см, мм	80–120	100–120	120–140	—

<i>Чорноземи-опідзолені</i>				
Гумус, %	1,7–3,5	2,8–4,2	3,4–4,7	—
Запас гумусу у профілі, т/га	160–230	230–350	300–430	—
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	35–45	35–45	35–45	—
Рухомий фосфор, за Кірсановим, мг/кг	150–200	150–200	150–200	—
Рухомий калій, за Кірсановим, мг/кг	120–170	120–170	120–170	—
pH сольової витяжки	5,7–6,1	5,7–6,4	5,7–6,4	—
Гідролітична кислотність, м-екв/100 г	2,0–3,0	2,5–3,5	2,5–3,5	—
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	12,0–20,0	19,0–32,0	29,0–39,0	—
Щільність, г/см ³	1,1–1,3	1,2–1,3	1,2–1,4	—
Вміст агрегатів, %:				
(0,25-10,0) мм повітряно-сухих	50–65	50–65	50–65	—
більше ніж 0,25 мм водотривких	40–60	40–60	40–60	—
Найменша вологоємність, %	18–22	22–26	26–30	—
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту від 0 см до 100 см, мм	90–120	100–120	120–140	—
<i>Чорноземи-типові</i>				
Гумус, %	2,5–4,0	3,5–5,0	4,5–5,7	5,5–6,3
Запас гумусу у профілі, т/га	300–450	360–550	480–550	550–650
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	35–45	35–45	35–45	35–45
Рухомий фосфор, за Кірсановим, мг/кг	45–60	45–60	45–60	45–60
Рухомий калій, за Кірсановим, мг/кг	250–300	300–400	300–400	300–400

рН сольової витяжки	5,8–6,4	6,0–6,8	6,3–7,0	6,5–7,0
Гідролітична кислотність, м-екв/100 г	1,8–2,5	1,5–2,5	1,5–2,5	1,5–2,5
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	14,0–27,0	21,0–36,0	32,0–44,0	39,0–55,0
Щільність, г/см ³	1,1–1,3	1,1–1,3	1,1–1,3	1,1–1,3
Вміст агрегатів, %: (0,25-10,0) мм повітряно-сухих більше ніж 0,25 мм водотривких	70–80 55–70	70–80 55–70	70–80 55–70	70–80 55–70
Найменша вологоємність, %	18–22	22–26	26–35	30–34
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту від 0 см до 100 см, мм	90–120	100–130	130–150	140–160
Показники	Параметри залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини, %)			
	Легко-суглинков	Середньо-суглинков	Важко-суглинков	Легко-глинисті
	21-30	30-45	45-60	60-75
Зона Степу				
<i>Чорноземи звичайні</i>				
Гумус, %	—	—	3,2–5,3	3,9–6,1
Запас гумусу у профілі, т/га	—	—	300–480	330–500
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	—	—	35–45	35–45
Рухомий фосфор, за Мачигінім, мг/кг	—	—	45–60	45–60
Рухомий калій, за Мачигінім, мг/кг	—	—	300–400	300–400
рН водної витяжки	—	—	6,8–7,6	6,8–7,6
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	—	—	30–45	39–55

Щільність, г/см ³	—	—	1,1–1,3	1,2–1,4
Вміст агрегатів, %: (0,25-10,0) мм повітряно-сухих більше ніж 0,25 мм водотривких	—	—	65–80 50–60	65–80 50–60
Найменша вологоємність, %	—	—	26–32	30–34
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту від 0 см до 100 см, мм	—	—	120–150	140–160
Чорноземи південні				
Гумус, %	—	—	2,5–3,6	3,1–4,3
Запас гумусу у профілі, т/га	—	—	200–250	220–300
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	—	—	35–45	35–45
Рухомий фосфор, за Мачигінім, мг/кг	—	—	45–60	45–60
Рухомий калій, за Мачигінім, мг/кг	—	—	300–400	300–400
pH водної витяжки	—	—	7,0–7,7	7,0–7,7
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	—	—	30–42	39–50
Щільність, г/см ³	—	—	1,2–1,3	1,2–1,4
Вміст агрегатів, %: (0,25-10,0) мм повітряно-сухих більше ніж 0,25 мм водотривких	—	—	60–70 50–60	60–80 50–60
Найменша вологоємність, %	—	—	26–30	30–32
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту від 0 см до 100 см, мм	—	—	100–130	130–160
Зона Сухого степу				
Темно-каштанові				
Гумус, %	—	—	2,1–2,9	2,5–3,4

Запас гумусу у профілі, т/га	—	—	170–200	200–240
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	—	—	35–45	35–45
Рухомий фосфор, за Мачигінім, мг/кг	—	—	45–60	45–60
Рухомий калій, за Мачигінім, мг/кг	—	—	300–400	300–400
pH водної витяжки	—	—	7,2–7,8	7,2–7,8
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	—	—	30–40	35–45
Ступінь засолення			Не засолені	Не засолені
Щільність, г/см ³	—	—	1,2–1,3	1,2–1,4
Вміст агрегатів, %: (0,25-10,0) мм повітряно-сухих більше ніж 0,25 мм водотривких	—	—	55–65 45–55	55–65 45–55
Найменша вологоємність, %	—	—	26–30	30–32
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту від 0 см до 100 см, мм	—	—	90–120	120–150
Кашитанові				
Гумус, %	—	1,1-2,0	1,6–2,5	2,0–2,7
Запас гумусу у профілі, т/га	—	100–120	120–140	140–150
Доступні форми азоту (N-NO ₃ + N-NH ₄), мг/кг	—	35–45	35–45	35–45
Рухомий фосфор, за Мачигінім, мг/кг	—	45–60	45–60	45–60
Рухомий калій, за Мачигінім, мг/кг	—	300–400	300–400	300–400
pH водної витяжки	—	<8,0	<8,0	<8,0
Сума обмінних катіонів, м-екв/100 г	—	25–32	30–40	34–44

Ступінь засолення		Не засолені	Не засолені	Не засолені
Щільність, г/см ³	—	1,2–1,3	1,2–1,3	1,2–1,4
Вміст агрегатів, %:				
(0,25-10,0) мм повітряно-сухих	—	50–60	50–60	50–60
більше ніж 0,25 мм водотривких		30–40	30–40	30–40
Найменша вологоємність, %	—	22–26	26–30	30–32
Запаси продуктивної вологи в шарі грунту від 0 см до 100 см, мм	—	80–100	90–120	120–150

Додаток В

Максимальна гігроскопічність (МГ), вологість стійкого в'янення рослин (ВВ), вологість розриву капілярів (ВРК),
найменша
вологоємність (НВ), діапазон активної вологи (ДАВ) і відносна доступність вологи (ВДВ) у розорюваних ґрунтах
України

Зона, Провінція (ПСХР)	Адреса, № розрізу	Ґрунт	Генетичний горизонт, потужність, см	Глибина відбору зразків, см	МГ	ВВ	ВР К	НВ	ДА В	ОД В (ДА В у % від НВ)	
					місткість вологи,%						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Полісся Західне	Львівська обл., Яворівський р-н, м. Яворів, р. 345	Дерново-середньо- підзолистий глинисто- піщаний ґрунт на водно- льодовикових відкладах	HE (0-24)	0-10	1,3	1,7	9,4	17,0	15,3	90	
			E (24-42)	30-40	1,4	1,4	6,7	11,9	10,5	88	
			I (e) (42-76)	60-70	0,8	0,8	6,2	10,8	10,0	93	
			IP (76-150)	100-110	1,7	1,7	54	9,0	7,3	81	
				140-150	1,0	1,0	10,0	19,0	18,0	95	
	Рівненська обл., Радивилівський р-н., с. Барашівка р. 508	Дерново-карбонатний коротко-профільний легкосуглинковий ґрунт на легкосуглинковому елювії крейдяно- мергельних порід	Hkqka (0-20)	0-10	5.8	6.7	14.2	21.5	15.0	70	
			HPkqk (20-40)	21-30	5.5	6.0	12.8	19.6	13.6	69	
			Cr (40-100)	41-50	6.0	6.4	10.5	14.6	8.2	56	
	Полісся Право- бережне	Житомирська обл., Коростенський р- н., п. Грозино	Дерново- середньопідзолистий супіщаний ґрунт на легкосуглинкових ²⁰⁰ моренних відкладах	HEa (0-19)	0-10	1.3	1.8	8.6	15.3	13.5	88
				HE (19-37)	20-30	0.8	1.1	6.6	12.1	11.0	91
E (37-51)				40-50	0.7	0.9	4.7	8.4	7.5	89	
Ie (51-86)				70-80	1.2	1.6	3.9	6.1	4.5	74	
IP/gl (86-114)				90-100	1.8	2.4	5.0	7.5	5.1	68	

	р.359		Ipgl (114-150)	140-150	1.3	1.7	6.0	10.2	8.5	83
	Київська обл., Іванківський р-н., м. Чорнобиль р.368	Дерново-підзолистий глинисто-піщаний глеюватий ґрунт на піщаних водно- льодовикових відкладах	HEa (0-19)	0-10	1.3	1.8	8.6	15.3	13.5	88
			HE (19-37)	20-30	0.8	1.1	6.6	12.1	11.0	91
			E (37-51)	40-50	0.7	0.9	4.7	8.4	7.5	89
			Ie (51-86)	70-80	1.2	1.6	3.9	6.1	4.5	74
			IP/gl (86-114)	90-100	1.8	2.4	5.0	7.5	5.1	68
			IPgl (114-150)	140-150	1.3	1.7	6.0	10.2	8.5	83
Полісся Лівобережн е	Чернігівська обл., Бахмачський р- н., с. Нові Млини р.381	Сірий лісовий пилувато- супіщаний ґрунт на супіщаній лесовій породі	HEa (0-20)	0-10	2.8	3.8	11.8	19.8	16.0	81
			Ih (20-52)	30-40	1.8	2.4	10.7	19.0	16.6	87
			I (52-120)	60-70	4.8	6.4	12.7	18.9	12.5	66
			P (120-150)	110-120	2.9	3.8	11.7	19.6	15.8	81
				140-150	2.1	2.8	10.3	17.8	15.0	84
	Чернігівська обл., Корюківський р- н., с. Корюківка р.377	Дерново- середньопідзолистий глеєві супіщаний ґрунт на супіщаних водно- льодовикових відкладах	HEa (0-20)	0-10	1.4	2.5	9.2	45.9	13.4	84
			E (20-40)	30-40	0.9	1.7	6.4	11.0	9.3	85
			Igl (40-80)	60-70	0.5	0.7	2.4	4.0	3.3	83
			Pgl (80-150)	90-100	2.0	2.7	7.3	11.8	9.1	77
			Pgl (80-150)	140-150	4.0	5.1	10.1	15.0	9.9	66
Лісостеп Західний	Тернопільська обл., Бережанський р- н., с. Жуків р.226	Сірий лісовий середньосуглинковий ґрунт на легкоглинистому лесі	HEa (0-29)	0-10	4.5	7.8	16.0	24.0	46.4	69
			Ie(h) (29-45)	30-40	4.5	8.0	16.0	24.2	16.0	67
			I (45-82)	60-70	6.4	9.1	16.2	23.3	14.2	61
			IP (82-122)	90-100	5.9	8.5	15.7	22.9	14.4	63
			Pk (122-135)	120-130	5.2	7.5	14.7	21.8	14.3	66
	Тернопільська обл., Бережанський р- н., с. Жуків	Чорнозем опідзолений вологий середньосуглинковий на середньосуглинковому лесі	HE(gl)a (0-27)	0-10	4.4	6.0	15.4	24.7	18.7	76
			He(gl) (27-38)	30-35	3.9	5.3	14.7	24.5	18.7	76
			Hpi(gl) (38-60)	38-48	5.7	8.2	15.8	23.4	15.2	65
			HPi(gl) (60-99)	70-80	6.0	7.4	14.8	22.7	14.7	65
			Phi(gl) (99-139)	100-110	6.0	8.5	15.2	21.8	13.3	61

	р.216		Pk(gl)(136-160)	140-150	8.1	8.3	14.6	20.9	12.6	60
Лісостеп Право- бережний	Хмельницька обл., Білогірський р-н., с. Михнів р. 248	Чорнозем типовий потужний малогумусний глибоковзакипаючий легкосуглинковий на середньосуглинковому лесовидному суглинку	Ha (0-30) H (0-30) Hp(55-75) HPk(75-135) Pk (135-150)	0-10 30-40 60-70 100-110 140-150	6.0 6.7 5.6 5.4 4.6	8.0 8.9 7.4 7.2 6.1	18.7 16.6 16.8 16.3 15.0	29.4 24.2 26.2 25.4 23.9	21.4 15.3 18.8 18.2 17.8	73 63 72 72 74
	Вінницька обл., Липовецький р-н., с.В. Митник р.244	Чорнозем типовий потужний малогумусний середньосуглинковий на середньосуглинковому лесі	Ha (0-33) Hp (33-58) HPk (58-120) P(h)k (120-150)	0-10 40-50 60-70 100-110 140-150	8.2 7.2 7.6 7.9 6.8	11.0 9.6 10.2 10.6 9.1	22.0 19.4 19.2 18.8 18.0	33.0 29.2 28.1 27.0 26.8	22.0 19.6 17.9 16.4 17.7	67 67 64 61 66
	Вінницька обл., Липовецький р-н., с. Росоше р.243	Чорнозем типовий потужний малогумусний, високозакипаючий важкосуглинковий на важкосуглинковому лесовидному суглинку	Ha k (0-31) Hp k (31-72) HPk (72-100) Phk(100-140) Pk (140-150)	0-10 40-50 80-90 120-130 140-150	7.7 8.2 7.4 6.7 7.2	10.4 11.0 10.9 9.0 9.6	19.7 20.3 18.4 17.7 18.0	29.0 29.5 26.7 26.4 26.3	18.6 18.5 16.7 17.4 16.7	64 63 63 66 63
	Одеська обл., Любашівський р-н., м. Любашівка р.268	Чорнозем типовий потужний середньогумусний легкоглинистий на важкосуглинковому лесі	Ha (0-26) H (26-43) Hp k (43-74) PHk (74-106) Pk (106-240)	0-10 15-25 44-55 60-70 95-105 130-140	11.2 12.4 11.8 11.8 10.6 10.6	15.0 16.3 15.8 15.8 15.3 14.2	24.1 22.1 21.0 21.0 20.5 19.7	33.1 27.9 26.1 26.1 25.6 25.2	18.1 11.6 10.3 10.3 10.3 11.0	55 42 39 39 40 44
	Київська обл., Фастівський р-н., м. Фастів, р.368	Чорнозем опідзолений крупнопилувато- легкосуглинковий на легкосуглинковому лесі	Hea (0-32) Hpi (32-60) HPI (60-98) Phi(k) (98-130) Pk (130-150)	0-10 40-50 70-0 100-110 140-150	4.7 5.2 5.0 5.2 4.8	6.3 6.9 6.7 7.0 6.4	15.7 15.2 14.7 15.0 13.9	25.0 23.4 22.6 23.0 21.4	18.7 16.5 15.9 16.0 15.0	75 71 70 70 70

	Київська обл., Макарів- ський р-н., с. Копилово р.642	Дерново- слабопідзолистий пилувато-супіщаний на моренному суглинку	H(e) (0-28)	0-10	0.4	0.7	4.3	8.0	7.3	92
			H(e)(0-28)	10-20	0.6	1.0	4.1	7.3	6.4	87
			H(e)(0-28)	20-28	0.4	0.7	4.8	8.8	8.1	92
			PI(28-50)	30-40	0.2	0.4	4.3	8.2	7.8	95
			PI(28-50)	10-50	0.3	0.4	4.3	8.1	7.7	95
			P(i)(50-67)	50-60	0.3	0.5	4.5	8.6	8.1	94
Лісостеп Право- бережний	Київська обл., Баришівський р- н. м. Київ Бобрикова гора р.356	Сірий лісовий супіщаний грунт на легкосуглинковому лесі	HEd (0-17)	0-10	4.0	5.4	13.2	21.0	15.6	74
			HE(17-30)	20-30	3.7	4.9	9.8	14.7	9.8	67
			Ihe(30-66)	-	-	-	-	-	-	-
			I(66-90)	90-100	3.4	4.5	9.7	14.9	10.4	70
			Pi(90-100)	-	-	-	-	-	-	-
			P(110-150)	140-150	3.2	4.3	9.0	13.7	9.4	69
	Житомирська обл., Любарський р-н., с. Нова Чарторія р.266	Сірий лісовий середньо- суглинковий грунт на важко-суглинковому лесі	Hea(0-20)	0-10	3.7	5.5	12.9	20.2	14.7	73
			E(h)(20-40)	20-30	3.6	5.8	12.4	18.9	13.1	69
			Ie(40-80)	50-60	7.8	11.1	16.9	22.6	11.5	51
			I(80-150)	70-80	7.7	13.2	17.8	22.4	9.2	41
			Pl (115-140)	100-110	9.7	13.6	16.1	18.5	4.9	26
			Pi (140-150)	-	-	-	-	-	-	-
Лісостеп Лівобережн ий	Полтавська обл., Лохвицький р-н, Лохвицьке від. Української дослідної станції тютюну та махорки, р. 310	Чорнозем типовий потужний малогумусний середньосуглинковий на середньосуглиниковому лесі	Ha (0-22)	0-10	5.4	7.2	14.7	22.2	15.0	68
			H/k (22-48)	30-40	5.9	7.8	15.4	22.9	15.1	66
			Hpk (48-86)	60-70	6.0	8.0	15.5	22.9	14.9	65
			HPk (86-105)	90-100	5.6	8.1	15.3	21.9	14.3	65
			Phk (105 140)	110-120	4.6	6.2	13.3	20.4	14.2	70
			Pk (148-150)	140-150	4.1	5.5	11.9	18.2	12.7	70
	Сумська обл., Глухівський р-н, м. Глухів	Чорнозем опідзолений пилувато-супіщаний на супіщано-водно-	Hea (0-25)	0-10	2.5	3.4	11.9	20.3	16.9	83
			He (29-48)	30-40	2.1	2.9	10.9	18.8	15.9	85
			HPi (48-74)	60-70	4.6	6.2	13.7	21.2	15.0	71

	р.323	льодовикових відкладах	Ph I (74-100) P (100-150)	90-100 140-150	5.8 1.8	7.7 2.5	14.3 10.5	20.8 18.4	13.1 15.9	63 86
	Харківська обл., Зміївський р-н, р.740	Темно-сірий опідзолений супіщаний ґрунт	He (0-35)	0-5	2.1	2.8	5.4	8.0	5.2	65
			Hi (35-70)	5-15	2.0	2.6	5.3	8.0	5.4	68
			I(h) (70-110)	35-45	2.7	3.6	-	-	-	-
			IP (110-130)	70-80	2.5	3.4	-	-	-	-
			P(gl) (130-210)	117-125	1.3	1.7	-	-	-	-
				150-160	1.2	1.5	-	-	-	-
	Полтавська обл., Кременчуцький р- н., с. Крамаренки р.395	Лучно-чорноземний глибоко- солонцюватий солончаковий важкосуглинковий ґрунт на середньосуглинковій оглеєній породі	He (0-36)	0-10	4.9	5.4	15.6	25.8	20.4	79
			Hp(l) (36-55)	25-35	4.9	5.5	15.0	24.4	18.9	77
			Hpiks/gl (55-80)	40-50	5.3	7.1	15.1	23.0	15.9	69
			Phiglks (80-112)	65-75	5.3	7.4	15.0	22.6	15.2	67
				100-110	5.2	7.1	14.5	21.9	14.8	68
	Київська обл., Баришівський р- н. м. Баришівка р. 290	Сірий лісовий глеюватий слабо солончаковий піщано-легкосуглинковий ґрунт на супіщаній лесовій породі	Hea (0-27)	0-10	2,1	2,8	10,6	18,3	15,5	85
			Ih (27-42)	30-40	2,5	3,3	12,0	20,6	17,3	84
			Iksg l(42-80)	60-70	6,0	8,0	14,0	20,0	12,0	60
			Piksgl (80-110)	90-100	3,1	4,2	8,1	12,0	7,8	65
			Piksgl (110-140)	120-130	-	-	-	7,8	-	-
			Pksgl (140-155)	140-150	-	-	-	9,2	-	-
Степ Придунай- ський	Одеська обл. Саратський р-н., с. Крива Балка, р. 8	Чорнозем звичайний міцелярно-карбонатний потужний малогумусний важко суглинковий на важко суглинковому лесі	Ha (0-25)	0-10	9,5	12,7	22,6	32,5	19,8	61
			H (25-42)	30-40	10,0	13,4	19,8	26,2	12,8	49
			Hpk (42-58)	45-55	8,8	11,8	17,3	22,8	11,0	48
			PHk (58-72)	60-70	8,5	11,4	16,5	21,6	10,2	47
			Phk (72-92)	-	-	-	-	-	-	-
			Pk (92-150)	100-110	8,9	11,9	15,5	19,1	7,2	38
				140-150	9,2	12,3	16,1	19,9	7,6	38
Степ Право-	Одеська обл.	Солонець чорноземно-	H(e)(0-23)	0-10	7,8	10,4	17,2	24,0	13,6	57

бережний	Біляївський р-н, с. Яськи, р. 20	лучний глибокий солончакуватий середньо суглинковий на середньо суглинковому алювії- делювії	HI/ks (23-44) Pi(H)ks gl (44- 57) P(h)ks gl (57- 73) Pksgl (73-105)	27-37 45-55 - 80-90	10,5 8,4 - 7,9	14,1 11,2 - 10,6	19,5 16,2 - 16,7	24,8 21,1 - 22,7	10,7 9,9 - 12,1	43 47 - 53
Степ Лівобережний	Донецька обл. Великоново- сілковський р-н, с. Іскра, р. 77	Лучний потужний середньо суглинковий грунт на важкосуглинковому сучасному алювії	H (0-46) Hр (46-69) PHkgl (69- 103) Phkgl (103- 150) Phkgl (103- 150)	0-10 30-40 50-60 80-90 110-120 140-150	6,1 5,8 5,5 7,4 5,4 6,9	8,2 7,8 7,4 9,9 7,2 9,3	16,2 14,4 13,1 13,4 12,1 16,5	24,1 20,9 18,8 16,8 17,0 23,6	15,9 13,1 11,4 6,9 9,8 14,3	19 7 18 4 17 7 13 5 16 8 17 7
Степ посухостійкий, Придунайський	Одеська обл., Белгород- Дністровський р- н, с. Широке, р. 113	Чорнозем південний малогумусний міцелярноглибокозакипаю чий важко суглинковий на легко глинистому лесі	Ha(0-20) H (20-32) Hр (32-46) PHk(46-64) Phk (64-85) Pk (85-150)	0-10 20-30 34-44 50-60 - 90-100 140-150	8, 8,1 8,8 8,5 - 8,1 8,0	10,8 10,9 11,8 11,4 - 10,9 10,8	19,5 18,0 17,8 16,4 - 15,0 14,5	28,2 25,1 23,8 21,4 - 19,1 18,1	17,4 14,2 12,0 10,0 - 8,2 7,3	62 57 50 47 - 43 40
Степ посухостійкий, Правобережний	Одеська обл., Овідіопольський р-н, с. Березань, р. 169	Чорнозем південний слабко- солонцюватий легко глинистий на легко глинистому лесі	H(e) (0-34) Hpi (34-58) PHi (58-72) Phk (72-90)	0-10 20-30 40-50 60-70 -	8,4 9,0 10,3 10,2 -	11,3 12,1 13,8 13,7 -	17,9 16,9 17,7 16,9 -	24,4 21,6 21,6 20,0 -	13,1 9,5 7,8 6,3 -	54 44 36 32 -

			Pk (90-165)	93-103 140-150	10,0 9,9	13,4 13,4	6,0 7,0	20,8 20,2	7,4 6,8	36 34
Степ посуhostійк ий Лівобережн ий	Херсонська обл., Велико- лепейхівський р- н, с. Константи́вка р.135	Чорнозем південний малогумусний на важкосуглинковий на важкосуглинковому лесі	H (0-30) Hp(i) (30-40) PH(i)k (42-57) Phk (57-71) Pk(71-150)	0-10 20-30 31-41 45-55 60-70 140-150	6.9 7.8 7.4 6.9 6.6 8.3	9.2 10.4 9.9 9.2 8.8 11.1	16.9 16.8 15.1 15.1 14.3 16.2	24.6 23.1 20.2 21.0 19.8 21.2	15.4 12.7 10.3 11.8 11.0 10.1	63 55 51 56 56 48
Степ посушливий Північно- Кримський	АРК, Чорноморський р-н, с. Красносільське р.439	Темно-каштановий слабкосолонцюватий лекоглинистий ґрунт на легкоглинистому лесі	H(eq)a (0-25) H(eq) (25-34) Hpik (34-44) P(H)ik (44-59) Phikq (59-75) P(i)kq (75-90) Pkq (90-120)	0-25 25-34 34-44 44-59 59-75 75-90 90-120	11,3 11,9 11,5 10,8 9,6 9,3 8,7	15,2 16,0 15,4 14,4 12,9 12,4 11,7	31,0 29,2 28,3 26,6 24,2 22,7 22,4	46,8 42,3 41,1 38,8 35,4 33,0 33,1	34,6 26,3 25,7 24,4 22,5 20,6 21,4	68 62 63 63 64 62 65
Степ сухий Присиваш- ський	Запорізьська обл., Мелітополь- ський р-н, с. Константи́вка р.173	Темно-каштановий слабкосолонцюватий важкосуглинковий ґрунт на середньоглинистому лесі	He(e)a (0-24) Hpi (24-45) Phi/k (45-68) Phk (68-90) Pk (90-160)	0-10 10-20 30-40 50-60 80-90 110-120 150-160	9.1 9.2 9.9 9.7 9.5 9.3 8.8	12.. 2 12.3 13.2 13.0 12.8 12.5 11.8	23.7 20.1 18.7 17.5 17.2 16.9 16.3	35.1 27.9 24.2 21.9 21.6 21.3 20.7	22.9 15.6 11.0 8.9 8.8 8.8 8.9	65 56 45 41 41 41 43
Карпати, Перед- карпаття	Івано- Франківська обл., м. Коломия р.238	Підзолисто-буроземний поверхнево-глеюватий легкосуглинковий помірно теплий ґрунт на середньо суглинковому	HEarn (0-30) Eglrn (30-40) leglrn (40-70) lgl(rn) (70-	0-10 30-40 50-60 80-90 110-120	7.4 7.4 7.8 8.9 8.4	9.9 9.9 10.4 11.9 11.2	21.2 19.0 17.9 17.9 17.3	32.5 28.1 25.4 23.8 23.3	22.6 18.2 15.0 11.9 12.1	70 65 59 50 52

		делювії	140) P(i)glrn(140-150)	140-150	8.5	11.4	17.5	23.6	12.2	52
Карпати, Закарпаття	Закарпатська обл., Іршавський р-н, с. Кушниця, р.399	Бурозем кислий середньопотужний опідзолений легкоглинистий на середньо суглинковому елювії-делювії щільних порід	Hea (0-20)	0-10	7.1	9.5	20.5	31.5	22.0	70
				20-30	7.6	10.1	19.7	29.4	19.2	65
			He (20-55)	40-50	9.5	12.8	25.9	38.9	26.2	67
			HPi(e) (55-75)	60-70	12.5	16.7	28.4	40.0	23.3	58
			Irnh (75-90)	-	-	-	-	-	-	-
			Ir (90-110)	90-100	13.7	18.4	29.5	40.6	22.2	55
			Piq (110-170)	160-170	14.5	19.4	34.3	49.1	29.7	60

Маса 1 мл CO₂ в (мг) залежно від температури повітря і тиску, мм

Температура, °C	Атмосферний тиск, мм ртутного стовпа													
	742	744,5	747	749	751	753,5	756	758	760	762,5	765	767	769	773
25	1,797	1,803	1,810	1,816	1,823	1,829	1,836	1,842	1,847	1,852	1,856	1,861	1,866	1,871
24	1,803	1,809	1,816	1,822	1,829	1,835	1,842	1,848	1,853	1,858	1,862	1,867	1,872	1,877
23	1,809	1,815	1,822	1,828	1,835	1,841	1,848	1,854	1,859	1,864	1,868	1,873	1,878	1,883
22	1,815	1,821	1,828	1,834	1,841	1,847	1,854	1,860	1,865	1,870	1,875	1,880	1,885	1,890
21	1,822	1,828	1,835	1,841	1,848	1,854	1,861	1,867	1,872	1,877	1,882	1,887	1,892	1,897
20	1,828	1,834	1,841	1,847	1,854	1,860	1,867	1,873	1,878	1,884	1,888	1,893	1,898	1,903
19	1,834	1,840	1,847	1,854	1,860	1,866	1,873	1,879	1,884	1,889	1,894	1,899	1,904	1,909
18	1,840	1,846	1,853	1,859	1,866	1,872	1,879	1,885	1,890	1,895	1,900	1,905	1,910	1,915
17	1,846	1,853	1,860	1,866	1,873	1,879	1,886	1,892	1,897	1,902	1,907	1,912	1,917	1,922
16	1,853	1,860	1,866	1,873	1,879	1,886	1,892	1,898	1,903	1,908	1,913	1,918	1,923	1,928
15	1,859	1,866	1,872	1,879	1,886	1,892	1,899	1,905	1,910	1,915	1,920	1,925	1,930	1,935
14	1,865	1,872	1,878	1,885	1,892	1,899	1,906	1,912	1,917	1,922	1,927	1,932	1,937	1,942

НОМЕНКЛАТУРНИЙ СПИСОК
АГРОВИРОБНИЧИХ ГРУП ҐРУНТІВ УКРАЇНИ
(Добряк Д.С., Канаш О.П., Бабміндра Д.І., Розумний І.А., 2009)

Дерново-підзолисті ґрунти

1. Дерново-підзолисті й дернові слаборозвинені ґрунти на перевіюваних пісках.
2. Дерново-підзолисті переважно малорозвинені щебенюваті ґрунти з плямами елювію масивно-кристалічних порід (30–50%).
3. Дерново-підзолисті ґрунти, підстелені елювієм масивно-кристалічних порід на глибині 0,5–1 м.
4. Дерново-підзолисті дефльовані ґрунти.
5. Дерново-підзолисті та дернові неоглеєні й глеюваті ґрунти на піщаних відкладах.
6. Дерново-підзолисті неоглеєні ґрунти на супіщаних відкладах і підстелені мореною, суглинками та елювієм масивно-кристалічних порід глибше 1 м.
7. Дерново-підзолисті неоглеєні ґрунт на суглинкових відкладах.
8. Дерново-підзолисті глеюваті ґрунти на супіщаних відкладах.
9. Дерново-підзолисті глеюваті ґрунти на суглинкових відкладах.
10. Дерново-підзолисті й підзолисто-дернові глеюваті та неоглеєні ґрунти, підстелені карбонатними породами з глибини 0,5–1,5 м.
11. Дерново-підзолисті неоглеєні ґрунти в поєднанні з сильно-глейовими та лучно-болотними або болотними фунтами (10–30%).
12. Дерново-підзолисті неоглеєні й глеюваті ґрунти у поєднанні з сильноглейовими та лучно-болотними чи болотними ґрунтами (30–50%).
13. Підзолисто-дернові ґрунти.
14. Дерново-підзолисті та підзолисто-дернові глейові ґрунти.
15. Дерново-підзолисті сильноглейові ґрунти.
16. Дерново-підзолисті глейові ґрунти у поєднанні з лучно-болотними або болотними ґрунтами (10–30%).
17. Дерново-підзолисті глейові ґрунти у поєднанні з лучно-болотними чи болотними ґрунтами (30–50%).
18. Дерново-підзолисті й підзолисто-дернові поверхнево глеюваті ґрунти.
19. Дерново-підзолисті та підзолисто-дернові поверхнево глейові ґрунти.
20. Дерново-підзолисті оглеєні засолені ґрунти.
21. Дерново-підзолисті слабозмиті ґрунти.
22. Дерново-підзолисті середньозмиті ґрунти.
23. Дерново-підзолисті сильнозмиті ґрунти.
24. Дерново-підзолисті поверхнево оглеєні слабозмиті ґрунти.

25. Дерново-підзолисті поверхнево оглеєні середньозмиті ґрунти.
26. Дерново-підзолисті поверхнево оглеєні сильнозмиті ґрунти.
27. Дерново-підзолисті глейові осушені ґрунти.
28. Дерново-підзолисті поверхнево оглеєні осушені ґрунти.

Опідзолені ґрунти

29. Ясно-сірі й сірі опідзолені ґрунти.
30. Ясно-сірі та сірі опідзолені ґрунти на лесах, підстелені елювієм щільних карбонатних порід на глибині 0,5–1 м.
31. Ясно-сірі й сірі опідзолені ґрунти на лесах, підстелені пісками і супісками.
32. Ясно-сірі та сірі опідзолені неоглеєні й глеюваті ґрунти на щільних глинах.
33. Ясно-сірі та сірі опідзолені глеюваті ґрунти.
34. Ясно-сірі опідзолені оглеєні засолені ґрунти.
35. Ясно-сірі й сірі опідзолені поверхнево оглеєні ґрунти.
36. Ясно-сірі та сірі опідзолені глейові ґрунти.
37. Ясно-сірі й сірі опідзолені слабозмиті ґрунти.
38. Ясно-сірі та сірі опідзолені середньозмиті ґрунти.
39. Ясно-сірі й сірі опідзолені сильнозмиті ґрунти.
40. Темно-сірі опідзолені та слабореградовані ґрунти.
41. Чорноземи опідзолені й слабореградовані та темно-сірі сильнореградовані ґрунти.
42. Темно-сірі опідзолені й реградовані та чорноземи опідзолені й слабореградовані, підстелені на глибині 0,5–1 м елювієм щільних карбонатних порід.
43. Темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені на лесах, підстелені пісками і супісками.
44. Темно-сірі опідзолені й чорноземи опідзолені на щільних глинах і лесових породах, підстелених із глибини 0,5–1 м щільними глинами.
45. Темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глеюваті.
46. Темно-сірі опідзолені й чорноземи опідзолені глейові.
47. Темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені поверхнево глеюваті.
48. Темно-сірі опідзолені й чорноземи опідзолені поверхнево глейові.
49. Темно-сірі опідзолені та реградовані ґрунти і чорноземи опідзолені й реградовані і слабозмиті.
50. Темно-сірі опідзолені та реградовані ґрунти і чорноземи опідзолені й реградовані середньозмиті.
51. Темно-сірі опідзолені та реградовані ґрунти і чорноземи опідзолені й реградовані сильнозмиті.
52. Чорноземи типові.
53. Чорноземи типові слабогумусовані та їхні комплекси з осолоділими ґрунтами до 30%.

54. Чорноземи типові малогумусні й чорноземи сильнореградовані.
55. Чорноземи типові середньогумусні.
56. Чорноземи типові та чорноземи сильнореградовані слабозмиті.
57. Чорноземи типові й чорноземи сильнореградовані середньозмиті.
58. Чорноземи типові та чорноземи сильнореградовані сильнозмиті.
59. Чорноземи звичайні на лесах.
60. Чорноземи звичайні середньогумусні глибокі.
61. Чорноземи звичайні малогумусні глибокі та їхні залишково- і слабо солонцюваті відміни.
62. Чорноземи звичайні середньогумусні й малогумусні та їхні залишкової слабосолонцювагі відміни.
63. Чорноземи звичайні малогумусні неглибокі та їхні залишково- та слабосолонцювагі відміни.
64. Чорноземи звичайні у комплексі із солонцями степовими (10-30%).
65. Чорноземи звичайні лугувагі.
66. Чорноземи звичайні вторинно-солонцюваті.
67. Чорноземи звичайні слабозмиті.
68. Чорноземи звичайні середньозмиті.
69. Чорноземи звичайні сильнозмиті.
70. Чорноземи звичайні слабодефльовані.
71. Чорноземи звичайні середньо- і сильнодефльовані.
72. Чорноземи звичайні із плямами чорноземів звичайних середньо- і сильносолонцюватих понад 30%.

Чорноземи південні на лесах

73. Чорноземи південні та їхні слабо- і залишково-солонцюваті відміни.
74. Чорноземи південні та їхні слабо- і залишково-солонцюваті вщміни у комплексі із солонцями степовими (10–30%).
75. Чорноземи південні солонцюваті в комплексі із солонцями степовими (30–50%).
76. Чорноземи південні слабозмиті.
77. Чорноземи південні середньозмиті.
78. Чорноземи південні сильнозмиті.
79. Чорноземи південні слабодефльовані.
80. Чорноземи південні середньо- і сильнодефльовані.
81. Чорноземи південні вторинно-осолонцювані.
82. Чорноземи південні вторинно-підтоплені.
83. Чорноземи південні вторинно-підтоплені у комплексі із засоленими їхніми відмінами.

Чорноземи на щільних глинах

84. Чорноземи на щільних глинах несолонцюваті й слабосолонцюваті.

85. Чорноземи солонцюваті на щільних глинах у комплексі із солонцями степовими (10—30%).

86. Чорноземи солонцюваті на щільних глинах у комплексі із солонцями степовими (30—50%).

87. Чорноземи несолонцюваті й слабосолонцюваті на щільних глинах слабозмиті.

88. Чорноземи несолонцюваті та слабосолонцюваті на щільних глинах середньозмиті.

89. Чорноземи несолонцюваті й слабосолонцюваті на щільних глинах сильнозмиті.

90. Чорноземи середньої сильносолонцюваті на щільних глинах.

91. Чорноземи середньої сильносолонцюваті на щільних глинах слабозмиті.

92. Чорноземи середньої сильносолонцюваті на щільних глинах середньозмиті.

93. Чорноземи середньої сильносолонцюваті на щільних глинах сильнозмиті.

Чорноземи на пісках

94. Чорноземи на пісках незмиті та слабозмиті.

95. Чорноземи на пісках середньо- і сильнозмиті.

96. Чорноземи на пісках дефльовані.

Чорноземи і дернові ґрунти на елювії щільних порід

97. Чорноземи переважно щебенюваті на елювії щільних порід (пісковики, сланці, магматичні породи).

98. Чорноземи переважно щебенюваті слабозмиті на елювії щільних порід (пісковики, сланці, магматичні породи).

99. Чорноземи щебенюваті середньозмиті та дернові щебенюваті на елювії щільних порід (пісковики, сланці, магматичні породи).

100. Чорноземи щебенюваті сильнозмиті й дернові щебенюваті на елювії щільних порід (пісковики, сланці, магматичні породи).

101. Чорноземи переважно щебенюваті на елювії щільних карбонатних порід (щільна порода на глибині 50–150 см).

102. Чорноземи щебенюваті на елювії щільних карбонатних порід (щільна порода глибше 150 см).

103. Чорноземи щебенюваті слабозмиті на елювії щільних карбонатних порід (щільна порода на глибині 50–150 см).

104. Чорноземи щебенюваті слабозмиті на елювії щільних карбонатних порід (щільна порода глибше 150 см).

105. Чорноземи щебенюваті середньозмиті й дернові щебенюваті ґрунти на елювії щільних карбонатних порід.

106. Чорноземи щебенюваті сильнозмиті й дернові слаборозвинені ґрунти на елювії щільних карбонатних порід.

107. Чорноземи щебенюваті та дернові щебенюваті ґрунти на елювії щільних карбонатних порід слабодифльовані.

108. Чорноземи щебенюваті й дернові щебенюваті ґрунти на елювії щільних карбонатних порід середньо- і сильнодифльовані.

Каштанові ґрунти

106. Темно-каштанові й слабосолонцюваті ґрунти.

107. Темно-каштанові солонцюваті ґрунти у комплексі із солонцями (10—30%).

108. Темно-каштанові солонцюваті ґрунти в комплексі із солонцями (30—50%).

109. Темно-каштанові слабозмиті ґрунти.

110. Темно-каштанові середньо- і сильнозмиті ґрунти.

111. Темно-каштанові слабодифльовані ґрунти.

112. Темно-каштанові середньо- й сильнодифльовані ґрунти.

113. Каштанові солонцюваті ґрунти.

114. Каштанові солонцюваті ґрунти у комплексі із солонцями (10—30%).

115. Каштанові солонцюваті ґрунти в комплексі із солонцями (30—50%).

116. Темно-каштанові та каштанові плантажовані ґрунти.

117. Темно-каштанові й каштанові вторинно-осолонцювані ґрунти.

118. Темно-каштанові та каштанові ґрунти вторинно-підгоплені.

119. Темно-каштанові й каштанові ґрунти вторинно-підтоплені у комплексі з їхніми засоленими відмінами.

Лучно-чорноземні й лучно-каштанові ґрунти

120. Лучно-чорноземні ґрунти та їхні слабосолонцюваті й слабоосолоділі відміни.

121. Лучно-чорноземні слабосолонцюваті солончакуваті ґрунти.

122. Лучно-чорноземні слабосолонцюваті солончакові ґрунти.

123. Лучно-чорноземні ґрунти та їхні слабосолонцюваті відміни у комплексі із солонцями (10—30%).

124. Лучно-чорноземні середньо- і сильносолонцюваті солончакові ґрунти.

125. Лучно-чорноземні солонцюваті солончакові ґрунти в комплексі із солонцями (10—30%).

126. Лучно-чорноземні солонцюваті солончакові ґрунти в комплексі із солонцями (30—50%).

127. Лучно-каштанові солонцюваті ґрунти.

128. Лучно-каштанові солонцюваті ґрунти з плямами їхніх

солончакових відмін (10–30%).

129. Лучно-каштанові солонцюваті ґрунти з плямами їхніх солончакових відмін (30–50%).

130. Лучно-каштанові солонцюваті ґрунти в комплексі із солонцями (10–30%).

131. Лучно-каштанові солонцюваті ґрунти в комплексі із солонцями (30–50%).

Лучні, чорноземно-лучні та каштаново-лучні ґрунти

132. Лучні, чорноземно-лучні й каштаново-лучні ґрунти та їхні слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни.

133. Лучні, чорноземно-лучні й каштаново-лучні несолонцюваті та слабосолонцюваті засолені ґрунти.

134. Лучні, чорноземно-лучні й каштаново-лучні середньо- і сильносолонцюваті засолені ґрунти.

135. Лучні, чорноземно-лучні та каштаново-лучні слабосолонцюваті й засолені ґрунти у комплексі із солонцями (10–30%).

136. Лучні, чорноземно-лучні та каштаново-лучні середньо- і сильносолонцюваті й засолені ґрунти в комплексі із солонцями (10–30%).

137. Лучні, чорноземно-лучні та каштаново-лучні солонцюваті й засолені ґрунти у комплексі із солонцями (30–50%).

138. Мочаристі та мочарні незасолені ґрунти і поєднання з їхнім переважанням.

139. Мочаристі й мочарні засолені ґрунти і поєднання з їхнім переважанням.

Болотні ґрунти

140. Лучно-болотні, мулуватоболотні й торфуватоболотні неосушені ґрунти.

141. Лучно-болотні, мулуватоболотні та торфуватоболотні осушені ґрунти.

142. Лучно-болотні, мулуватоболотні й торфуватоболотні солончакові неосушені ґрунти.

143. Лучно-болотні, мулуватоболотні та торфуватоболотні солонцюваті-солончакові осушені ґрунти.

144. Торфово-болотні ґрунти і торфовища мілкі неосушені.

145. Торфово-болотні ґрунти й торфовища мілкі осушені.

146. Торфово-болотні ґрунти і торфовища мілкі, підстелені пісками, неосушені.

147. Торфово-болотні ґрунти й торфовища мілкі, підстелені пісками, осушені.

148. Торфово-болотні ґрунти і торфовища мілкі, підстелені лучним мертцем, осушені.

149. Торфовища середньоглибокі та глибокі слабо- і середньорозкладені, неосушені.

150. Торфовища середньоглибокі й глибокі слабо- і середньо-

розкладені, осушені.

151. Торфовища середньоглибокі та глибокі сильнорозкладені, неосушені.

152. Торфовища середньоглибокі й глибокі сильнорозкладені, осушені.

153. Торфово-болотні ґрунти і торфовища солончакові неосушені.

154. Торфово-болотні ґрунти й торфовища солонцювато-солончакові осушені.

155. Болотні ґрунти і торфовища у поєднанні з дерново-підзолистими ґрунтами (10–30%).

156. Болотні ґрунти й торфовища в поєднанні з дерново-підзолистими ґрунтами (30–50%).

157. Торфові ґрунти верхових та перехідних боліт.

Солонці та солончаки

158. Солонці лучно-степові глибокі.

159. Солонці лучно-степові неглибокі та середньоглибокі солончакуваті.

160. Солонці лучно-степові кіркові й неглибокі солодовозасолені.

161. Солонці лучні глибокі солончакові.

162. Солонці лучні неглибокі й середньоглибокі солончакові.

163. Солончаки та їхні комплекси із сильнозасоленими ґрунтами.

164. Лучно-чорноземні, лучні й дернові глейові середньо- і сильноосолоділі ґрунти та солоді.

Подові ґрунти

165. Лучно-чорноземні глеюваті та глейові подові ґрунти.

166. Лучно-каштанові глеюваті й глейові подові ґрунти.

167. Лучно-каштанові глейові солончакові ґрунти.

168. Лучно-каштанові глейові солончакові ґрунти подів у комплексі із солонцями солончаковими (10–30%).

169. Лучно-каштанові глейові солончакові ґрунти подів у комплексі із солонцями солончаковими (30–50%).

170. Дернові ґрунти осолоділі та глеєсолоді подів.

171. Дернові глейові солончакові ґрунти подів.

172. Чорноземно-лучні солонцюваті оглеєні й каштаново-лучні солонцюваті оглеєні солончакуваті та солончакові ґрунти подів у комплексі із солонцями солончаковими (10–30%).

173. Чорноземно-лучні солонцюваті оглеєні й каштаново-лучні солонцюваті оглеєні солончакуваті та солончакові ґрунти подів у комплексі із солонцями солончаковими (30–50%).

Дернові ґрунти на водно-льодовикових, делювіальних, давньоалювіальних, сучасних алювіальних і морських відкладах

- 174. Дернові неглибокі глеюваті ґрунти.
- 175. Дернові глибокі неоглеєні й глеюваті ґрунти та їхні опідзолені відміни.
- 176. Дернові неглибокі глейові ґрунти.
- 177. Дернові глибокі глейові ґрунти та їхні опідзолені відміни.
- 178. Дернові глейові осушені ґрунти.
- 179. Дернові опідзолені поверхнево оглеєні ґрунти.
- 180. Дернові глейові карбонатні ґрунти.

Буроземно-підзолисті, дерново-буроземні та бурі гірські ґрунти

- 181. Буроземно-підзолисті, дерново-буроземно-підзолисті неоглеєні й глеюваті незмиті та слабозмиті ґрунти.
- 182. Буроземно-підзолисті, дерново-буроземно-підзолисті, бурі гірсько-лісові опідзолені глейові й поверхнево оглеєні незмиті й слабозмиті ґрунти.
- 183. Буроземно-підзолисті, дерново-буроземно-підзолисті середньозмиті та сильнозмиті ґрунти.
- 184. Дерново-буроземні й лучно-буроземні ґрунти на алювіальних і делювіальних відкладах.
- 185. Дерново-буроземні та лучно-буроземні глейові ґрунти на алювіальних і делювіальних відкладах.
- 186. Дерново-буроземні й лучно-буроземні неглибокі ґрунти, підстелені ріняками.
- 187. Дерново-буроземні та дернові слаборозвинені ріняково-щебенюваті ґрунти.
- 188. Бурі гірсько-лісові, гірсько-лучні й дерново-буроземні щебенюваті ґрунти полонинського поясу (вище 1100 м над рівнем моря).
- 189. Бурі гірсько-лісові та дерново-буроземні глибокі й середньоглибокі щебенюваті ґрунти помірно холодного поясу (від 800 до 1100 м над рівнем моря).
- 190. Бурі гірсько-лісові й дерново-буроземні глибокі та середньоглибокі щебенюваті ґрунти прохолодного поясу (від 500 до 800 м над рівнем моря).
- 191. Бурі гірсько-лісові й дерново-буроземні глибокі та середньоглибокі щебенюваті ґрунти помірного поясу (від 250 до 500 м над рівнем моря).
- 192. Бурі гірсько-лісові й дерново-буроземні глибокі та середньоглибокі щебенюваті ґрунти теплого поясу (до 250 м над рівнем моря).
- 193. Бурі гірсько-лісові й дерново-буроземні глибокі та середньоглибокі щебенюваті слабозмиті ґрунти помірно холодного поясу (800–1100 м над рівнем моря).
- 194. Бурі гірсько-лісові й дерново-буроземні глибокі та

середньоглибокі щебенюваті слабозмиті ґрунти прохолодного поясу (від 500 до 800 м над рівнем моря).

195. Бурі гірсько-лісові й дерново-буроземні глибокі та середньоглибокі щебенюваті слабозмиті ґрунти помірного поясу (від 250 до 500 м над рівнем моря).

196. Бурі гірсько-лісові й дерново-буроземні глибокі та середньоглибокі щебенюваті слабозмиті ґрунти теплого поясу (до 250 м над рівнем моря).

197. Бурі гірсько-лісові й дерново-буроземні неглибокі щебенюваті та кам'яністі ґрунти.

198. Бурі гірсько-лісові й дерново-буроземні щебенюваті та кам'яністі середньо- і сильнозмиті ґрунти.

199. Бурі гірські остеповілі щебенюваті ґрунти на карбонатних породах.

200. Бурі гірські остеповілі щебенюваті ґрунти на безкарбонатних породах.

201. Бурі гірські остеповілі щебенюваті середньо- та сильнозмиті ґрунти.

Коричневі ґрунти і передгірні чорноземи

202. Коричневі щебенюваті ґрунти Південного узбережжя Криму з глибиною залягання щільної породи 50–100 см.

203. Коричневі щебенюваті ґрунти Південного узбережжя Криму з глибиною залягання щільної породи понад 100 см.

204. Коричневі щебенюваті ґрунти та передгірні чорноземи Західного і Східного Передгір'я.

205. Передгірні чорноземи слабозмиті, подекуди щебенюваті.

206. Передгірні чорноземи середньо- і сильнозмиті, переважно щебенюваті.

Намиті ґрунти

207. Намиті опідзолені та дерново-підзолисті неоглеєні й глеюваті ґрунти.

208. Намиті чорноземи і лучно-чорноземні ґрунти.

209. Намиті лучні ґрунти.

210. Рекультивовані ґрунти з насипним гумусовим шаром.

211. Рекультивовані ґрунти без насипного гумусового шару.

212. Рекультивовані торфові ґрунти.

213. Ґрунти рисових чеків.

Виходи порід і розмиті ґрунти

214. Розмиті ґрунти і виходи пухких (піщані й лесовидні) порід.

215. Розмиті ґрунти та виходи дочетвертинних глин.

216. Розмиті ґрунти й виходи елювію щільних карбонатних порід.

217. Розмиті ґрунти і виходи елювію магматичних та метаморфічних порід і пісковиків.

218. Сучасні руслові відклади.

219. Зольники.

220. Комплекси деформованих ґрунтів на ділянках активних зсувів.

221. Комплекси деформованих ґрунтів на ділянках пасивних зсувів.

До шифру агропромислових груп ґрунтів додають літери, які позначають певний гранулометричний склад і скелетність:

а — піщані; б — глинисто-піщані; в — супіщані; г — легкосуглинкові; д — середньосуглинкові; е — важкосуглинкові; л — легкоглинисті; є — середньо- і важкоглинисті; ж — середньощебенюваті; з — сильнощебенюваті; к — кам'яністі.

Класифікаційна таблиця для визначення підкласів ґрунтів під
сільськогосподарські культури (за Д.С. Добряком, О.П. Канахом, Д.І.
Бабміндрою, І.О. Розумним, 2009)

Класифікаційні ознаки	Підкласи**				
	I	II	III	IV	V
<i>Пшениця озима</i>					
1.	Рівні вододільні плато, надзаплавні тераси	Рівні, слабохвилясті, нахилені, вузькі, вододільні плато, похилі схили, тераси	Схили вузьких вододільних плато, пониження на плато, терасах, заплави рік,	Круті схили, значні пониження на плато, терасах, заплавах	Круті розмиті схили, глибокі пониження
2.	Лесові породи	Лесові породи	Лесові породи, щільні глини, озерні відклади, елювій щільних карбонатних порід	Водно-льодовикові та давньоалювіальні відклади, елювій кристалічних порід	Водно-льодовикові та давньоалювіальні відклади, елювій кристалічних порід
3.	Достатнє	Обмежене за рахунок зменшення запасів продуктивної вологи	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне
4.	Не зазнають	Частково на короткий період	У заплавах і днищах затоплюються паводковими водами на короткий період	У заплавах і днищах затоплюються на тривалий період	Затоплюються паводковими водами
5.	Незмиті	Слабозмиті	Середньозмиті	Сильнозмиті й сильнодефльовані	Сильнозмиті й сильнодефльовані

6.	Суглинко ві та легкоглин исті	Суглинкові та легкоглини сті	Супіщані	Піщані та глинисто- піщані	Піщані та глинисто- піщані
7.	Висока, підвищен а	Висока, підвищена	Середня	Низька і дуже низька	Низька і дуже низька
8.	6,0-7,5	6,0-7,5	5,6–6,0; 7,0–8,0	Нижча 5,6, вища 7,5	Нижча 5,6, вища 7,5
9.	Несолонцю ваті, незасолені	Слабосолон цюваті, глибоко- солончакув аті	Середньо- солонцюваті, солончакуваті	Сильно- солонцюваті, солончакові	Солонці, солончаки
10	Відсутня	Відсутня	Слабка	Середня	Сильна
Жито озиме					
1	Зандрові, акумулят ивні, моренні рівнини, надзаплав ні тераси	Зандрові, акумулятив ні, надзаплавн і тераси	Моренні пасма, моренно- хвилясті, поза заплавні пониження, зандрові рівнини і молоді тераси, схили помірної крутості, заплави	Моренні пасма, моренно- хвилясті, поза- заплавні пониження, зандрові рівнини і молоді тераси, схили різної крутості, заплави	Моренні пасма, моренно- хвилясті, поза- заплавні пониження, зандрові рівнини і молоді тераси, схили різної крутості, заплави
2	Лесові породи	Лесові породи, морена, озерні відклади	Водно- льодовикові та давньо- алювіальні відклади, глини, лесові породи, елювій щільних порід	Водно- льодовикові та давньо- алювіальні відклади, глини, елювій щільних карбонатних порід, торф	Водно- льодовикові та давньо- алювіальні відклади, глини, елювій щільних карбонатних порід, торф
3	Достатнє (оптимал ьне)	Обмежене за рахунок зменшення запасів	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне

		продуктивної вологи			
4	Не зазнають	Частково на короткий період	У заплавах і днищах затоплюються паводковими водами на короткий період	У заплавах і днищах затоплюються на тривалий період	Затоплюються паводковими і стічними водами
5	Незмиті	Слабозмиті	Середньозмиті	Сильнозмиті і сильнодефльовані	Сильнозмиті і сильнодефльовані
6	Легко-, середньосуглинкові	Супіщані	Важко-суглинкові, глинистопіщані	Глинисті, піщані	Глинисті, піщані
7	Висока, підвищена	Висока, підвищена	Середня, низька	Дуже низька	Низька, дуже низька
8	5,1-7,0	5,1-7,0	4,1–5,0; 7,1–7,5	Нижча 4,1, вища 7,5–8,0	Нижча 4,1, вища 7,5–8,0
9	Несолонцюваті, незасолені	Слабосолонцюваті, глибокосолончакуваті	Середньосолонцюваті, солончакуваті	Сильносолонцюваті, солончакові	Солонці, солончаки
10	Відсутня	Відсутня	Слабка	Середня	Сильна
Ячмінь					
1	Зандрові, акумулятивні, моренні рівнини, рівні слабохвилясті плато, надзаплавні тераси	Зандрові, акумулятивні, моренні рівнини, рівні слабохвилясті плато, надзаплавні тераси	Моренно-хвилясті низовини, зандрові рівнини, схили вододільних плато різної крутості, пониження на плато, заплавах і тераси	Моренно-хвилясті низовини, зандрові рівнини, схили вододільних плато різної крутості, пониження на плато, заплавах і тераси	Моренно-хвилясті низовини, зандрові рівнини, схили вододільних плато різної крутості, пониження на плато, заплавах і тераси
2	Лесові породи	Лесові породи, морена,	Воднольодовикові і та давньо-	Воднольодовикові та давньо-	Воднольодовикові та давньо-

		озерні відклади	алювіальні відклади, глини, елювій щільних порід	алювіальні відклади, глини, елювій щільних порід	алювіальні відклади, глини, елювій щільних порід
3	Достатнє (оптимальне)	Обмежене за рахунок зменшення запасів продуктивної вологи	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне
4	Не зазнають	Частково на короткий період	У заплавах і днищах затоплюються на короткий період	Затоплюються на тривалий період, підтоплюються	Затоплюються і підтоплюються паводковими і стічними водами
5	Незмиті	Слабозмиті	Середньозмиті	Сильнозмиті і сильнодефльовані	Сильнозмиті і сильнодефльовані
6	Суглинкові, легкоглинисті	Суглинкові, супіщані	Глинисто-піщані, глинисті	Піщані, глинисті,	Піщані та глинисті
7	Підвищена	Підвищена	Підвищена, середня, низька	Низька, дуже низька	Низька, дуже низька
8	5,6-7,0	5,6-7,0	5,1-6,1; 6,1-7,5	Нижча 5,1, вища 7,5	Нижча 5,1, вища 7,5
9	Несолонцюваті, незасолені	Слабосолонцюваті, глибоко-солончакуваті	Середньосолонцюваті, солончакуваті	Сильно-солонцюваті, солончакові	Солонці, солончаки
10	Відсутня	Відсутня	Слабка	Середня	Сильна
Овес					
1	Зандрові, акумулятивні, моренні рівнини, рівні слабохвилясті	Зандрові, акумулятивні, моренні рівнини, рівні слабохвилясті вододільні	Моренно-хвилясті низовини, зандрові рівнини, схили вододільних	Моренно-хвилясті низини, зандрові рівнини, схили вододільних	Моренно-хвилясті низини, зандрові рівнини, схили вододільних

	вододільні плато, надзаплавні і тераси	плато, надзаплавні тераси	плато різної крутості, пониження на плато і заплавах, тераси	плато різної крутості, пониження на плато і заплавах, тераси	плато різної крутості, пониження на плато і заплавах, тераси
2	Лесові породи	Лесові породи, морена, озерні відклади	Водно-льодовикові та давньо-алювіальні відклади, глини, лесові породи, елювій щільних порід	Водно-льодовикові та давньо-алювіальні відклади, глини, лесові породи, елювій щільних порід	Водно-льодовикові та давньо-алювіальні відклади, глини, лесові породи, елювій щільних порід
3	Достатнє (оптимальнє)	Обмежене за рахунок зменшення запасів продуктивної вологи	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне
4	Не зазнають	Частково на короткий період	У заплавах і днищах затоплюються на короткий період	Затоплюються на тривалий період	Затоплюються і підтоплюються паводковими та стічними водами
5	Незмиті	Слабозмиті	Середньозмиті	Сильнозмиті і сильнодефльовані	Сильнозмиті і сильнодефльовані
6	Суглинкові, легкоглинисті	Супіщані, суглинкові	Глинисто-піщані, супіщані, легко-суглинкові	Піщані, глинисті	Піщані, глинисті
7	Висока, підвищена, середня	Висока, підвищена, середня	Низька	Дуже низька	Дуже низька
8	5,1-7,5	5,1-7,5	4,1–5,0; 7,6–8,0	Нижча 4,1, вища 8,0	Нижча 4,1, вища 8,0
9	Несолонцюваті,	Слабосолонцюваті,	Середньосолонцюваті,	Сильносолонцюваті,	Солонці, солончаки

	незасолені	глибоко-солончакуваті	солончакуваті	солончакуваті	
10	Відсутня	Відсутня	Слабка	Середня	Сильна
<i>Кукурудза</i>					
1	Рівні вододільні плато, надзаплавні тераси	Рівні слабо-хвилясті, нахилені, вододільні плато	Схили вузьких вододільних плато, пониження на плато, терасах, заплавах річок, рівнинні ділянки	Круті схили, значні пониження на плато, терасах, заплавах	Різні круті схили, глибокі пониження
2	Лесові породи	Лесові породи	Лесові породи, глини, озерні відклади, елювій щільних карбонатних порід	Морена, водо льодовикові відклади, елювій щільних карбонатних і кристалічних порід, лесові породи	Морена, водо льодовикові відклади, елювій щільних карбонатних і кристалічних порід, лесові породи
3	Достатнє (оптимальне)	Обмежене за рахунок зменшення запасів продуктивної вологи	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне
4	Не зазнають	Частково на короткий період	У заплавах і днищах затоплюються паводковими водами на короткий період	У заплавах і днищах затоплюються на тривалий період	Затоплюються і підтоплюються паводковими та стічними водами
5	Незмиті	Слабозмиті	Середньозмиті	Сильнозмиті і сильнодефльовані	Сильнозмиті і сильнодефльовані

6	Суглинков і, легкоглин исті	Суглинкові, легкоглинист і	Супіщані, суглинкові, легко- і середньо- глинисті	Піщані, глинисто- піщані, супіщані, важкоглинис ті	Піщані та глинисто- піщані, супіщані, важкоглинис ті
7	Висока	Висока, підвищена,	Середня	Низька, дуже низька	Низька, дуже низька
8	6,0-7,0	6,0-7,0	5,6-6,0; 7,1–7,5	Нижча 5,6, вища 7,5	Нижча 5,6, вища 7,5
9	Несолонц юваті, незасолені	Слабосолонц юваті, глибоко- солончакові	Середньо- солонцюваті, солончакові	Сильно- солонцюваті, солончакові	Солонці, солончаки
10	Відсутня	Відсутня	Слабка	Середня	Сильна
Буряки цукрові					
1	Рівні вододільні плато, надзаплав ні тераси	Рівні, слабо- хвилясті вододільні плато, пологі схили, тераси	Схили вузьких вододільних плато, пониження на плато, терасах, заплавах річок, рівнинні ділянки	Круті схили, значні пониження на плато, терасах, заплавах	Розмиті круті схили, глибокі пониження
2	Лесові породи	Лесові породи	Лесові породи, глини, озерні відклади, елювій щільних карбонатних порід	Морена, водно- льодовикові та алювіальні відклади, елювій кристалічних порід, глини	Морена, водно- льодовикові та алювіальні відклади, елювій кристалічни х порід, глини
3	Достатнє (оптималь не)	Обмежене за рахунок зменшення запасів продуктивної вологи	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне
4	Не зазнають	Не зазнають	У заплавах і днищах	У заплавах і днищах	Затоплюють ся і

			затоплюються паводковими водами на короткий період	затоплюються на тривалий період	підтоплюються паводковими та стічними водами
5	Незмиті	Слабозмиті	Середнь- озмиті	Сильнозмиті і сильнодефльовані	Сильнозмиті і сильнодефльовані
6	Суглинкові	Суглинкові	Супіщані, легкоглинисті, середньоглинисті	Піщані, глинисто- піщані, важкоглинисті	Піщані, глинисто- піщані, важкоглинисті
7	Висока, підвищена	Висока, підвищена,	Середня	Дуже низька, низька	Дуже низька, низька
8	6,0-7,5	6,0-7,5	5,6-6,0; 7,6-8,0	Нижча 5,6, вища 8,0	Нижча 5,6, вища 8,0
9	Несолонцюваті, незасолені	Слабосолонцюваті, глибоко- солончакуваті	Середньосолонцюваті, солончакуваті	Сильносолонцюваті, солончакуваті	Солонці, солончаки
10	Відсутня	Відсутня	Слабка	Середня	Сильна
Соняшник					
1	Рівні вододільні плато, надзаплавні тераси	Рівні, слабо- хвилясті вододільні плато, пологі схили, тераси	Схили вузьких вододільних плато, пониження на плато, терасах, заплавах річок	Круті схили, значні пониження на плато, терасах, заплавах	Розмиті круті схили, глибокі пониження
2	Лесові породи	Лесові породи	Лесові породи, глини, озерні відклади, елювій щільних карбонатних порід	Морена, водно- льодовикові та алювіальні відклади, елювій щільних карбонатних і кристалічних	Морена, водно- льодовикові відклади, елювій щільних карбонатних і кристалічних глини

				порід, глини	
3	Достатнє (оптимальне)	Обмежене за рахунок зменшення запасів продуктивно ї вологи	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне
4	Не зазнають	Частково на короткий період	У заплавах і днищах затоплюютьс я на тривалий період	Затоплюють ся і підтоплюють ся паводковими і стічними водами	Затоплюють ся і підтоплюют ься паводковими і стічними водами
5	Незмиті	Слабозмиті	Середнь- озмиті	Сильнозмиті і сильнодефльов ані	Сильнозмиті і сильнодефльо вані
6	Суглинкові, легкоглинисті	Суглинкові, легкоглинис ті	Супіщані, середньо-і важкоглинисті	Піщані, глинисто- піщані, глинисті	Піщані, глинисто- піщані, глинисті
7	Дуже висока	Висока, підвищена	Середня	Низька, дуже низька	Низька, дуже низька
8	6,1-7,5	6,1-7,5	5,6-6,1; 7,6–8,0	Нижча 5,6, вища 8,0	Нижча 5,6, вища 8,0
9	Несолонцюва ті, незасолені	Слабосолонц юваті, глибоко- солончакові	Середньо- солонцюваті, солончакові	Сильно- солонцюваті, солончакові	Солонці, солончаки
10	Відсутня	Відсутня	Слабка	Середня	Сильна
Картопля					
1	Зандрові, акумулятивні і, моренні рівнини і низовини, надзаплавні тераси	Зандрові, акумулятивні , моренні рівнини і низовини, надзаплавні тераси	Моренні пасма, поза заплавні, пониження, моренно- хвилясті низовини, молоді тераси, схили різної крутості, заплави,	Моренні пасма, позазаплавні пониження, моренно- хвилясті низовини, молоді тераси, схили різної крутості, заплави	Моренні пасма, позазаплавні пониження, моренно- хвилясті низовини, молоді тераси, схили різної крутості, заплави
2	Лесові породи,	Лесові породи,	Лесові породи,	Глини, елювій	Глини, елювій

	морена, водно- льодовикові та давньоалюві альні відклади, озерні відклади	морена, водно- льодовикові та давньоалюві альні відклади, озерні відклади	морена, водно- льодовикові та давньоалюві альні відклади, озерні відклади	щільних карбонатних і кристалічних порід	щільних карбонатних і кристалічни х порід
3	Достатнє (оптимальне)	Обмежене за рахунок зменшення запасів продуктивної вологи	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне	Недостатнє або надмірне
4	Не зазнають	Частково на нетривалий період	У заплавах і днищах затоплюютьс я на короткий період	Затоплюють ся на тривалий період	Затоплюють ся і підтоплюют ься паводковими і стічними водами
5	Незмиті	Слабозмиті	Середньозми ті	Сильнозмиті і сильнодефльов ані	Сильнозмиті і сильнодефльо вані
6	Супіщані, легко- і середньо- суглинкові	Супіщані, легко- і середньо- суглинкові	Глинистопіщан і, глинисті, піщані, важкосуглинко ві	Глинисті, піщані, важко- суглинкові	Глинисті, піщані, важко- суглинкові
7	Висока, підвищена	Висока, підвищена	Середня, низька	Дуже низька	Дуже низька
8	4,6-6,0	4,6-6,0	4,1-4,6; 6,1-7,0	Нижча 4,1, вища 7,0	Нижча 4,1, вища 7,0
9	Несолонцюв аті, незасолені	Слабо- солонцюваті, глибоко- солончакові	Слабо- солонцюваті, солончакові	Середньо- та сильно- солонцюваті, солончакові	Солонці, солончаки
10	Відсутня	Відсутня	Слабка	Середня	Сильна
Льон					
1	Зандрові, аккумулятив ні, моренні рівнини і низовини,	Зандрові, аккумулятив ні, моренні рівнини і низовини,	Моренні пасма, поза заплавної, пониження, моренно- хвилясті	Моренні пасма, позазаплавної пониження, моренно-	Моренні пасма, позазаплавної пониження, моренно-

	надзаплавн і тераси	надзаплавн і тераси	низовини, молоді тераси, схили різної крутості, заплави,	хвилясті низини, молоді тераси, схили різної крутості, заплави	хвилясті низини, молоді тераси, схили різної крутості, заплави
2	Лесові породи, морена, озерні відклади	Лесові породи, морена, озерні відклади	Лесові породи, морена, водно- льодовикові та алювіальні відклади, глини	Глини, водно- льодовикові та алювіальні відклади, елювій щільних карбонатних і кристалічни х порід, торф	Глини, водно- льодовикові та алювіальні відклади, елювій щільних карбонатних і кристалічни х порід, торф
3	Достатнє (оптимальн е)	Обмежене за рахунок зменшення запасів продуктивн ої вологи	Атмосферними опадками, стічними і паводковими водами, на схилах недостатнє, в пониженнях надмірне на тривалий період	Атмосферни ми опадами, стічними і паводковими водами, на схилах недостатнє, в пониженнях надмірне на тривалий період	Атмосферни ми опадами, стічними і паводковими водами, на схилах недостатнє, в пониженнях надмірне на тривалий період
4	Не зазнають	Частково на короткий період або не зазнають	У заплавах і днищах затоплюються на короткий період	Затоплюють ся на тривалий період	Затоплюють ся і підтоплюют ся паводковими і стічними водами
5	Незмиті	Слабозмиті	Середньозмиті	Сильнозмиті і сильнодефльов ані	Сильнозмиті і сильнодефльо вані
6	Легкосугли нкові	Середньо- суглинкові, супіщані,	Важкосуглинкові, Глинистопіщані	Глинисті, піщані	Глинисті, піщані
7	Висока, підвищена	Висока, підвищена	Середня	Низька, дуже низька	Низька, дуже низька

8	5,6-6,5	5,6-6,5	4,6-5,6; 6,5-7,0	Нижча 4,6, вища 7,0	Нижча 4,6, вища 7,0
9	Несолонцю ваті, незасолені	Слабо- солонцюват і, глибоко- солончакові	Середньо- солонцюваті, солончакові	Сильно- солонцюваті, солончакові	Солонці, солончаки
10	Відсутня	Відсутня	Слабка	Середня	Сильна

• **Класифікаційні ознаки:**

1 – умови залягання; 2 – ґрунтоутворювальні породи; 3 – зволоження (клімат); 4 – зазнають затоплення, підтоплення; 5 – змитість; 6 – гранулометричний склад; 7 – забезпеченість рухомим калієм (визначається на основі фактичних даних за таблицею забезпеченості); 8 – кислотність (рН); 9 – солонцюватість, засолення; 10 – щебенюватість.

**** Підкласи придатності:**

I (найбільш придатні землі) – рілля, яка придатна для вирощування культури без будь-яких обмежень. Показники, що характеризують ґрунт, його залягання і рельєф з погляду вимог культури, оптимальні;

II (середня придатність) – рілля, високо- і середньозабезпечена поживними речовинами, рельєф, ґрунти та інші умови, що в цілому відповідають вимогам культури, але є фактори, які знижують родючість.

III (обмежено придатні) – рілля, середньо- або низькозабезпечена поживними речовинами. Ґрунтовий покрив, рельєф та інші умови характеризуються деякими негативними факторами. Усунення їх при вирощуванні культури пов'язано із додатковими витратами;

IV (погані, низької придатності землі) – непридатна під культуру рілля, ґрунтовий покрив якої характеризується рядом негативних факторів. Без додаткових витрат на вирощування культури використання таких земель є збитковим.

V (найгірші землі) – непридатна під культуру рілля, поліпшити яку неможливо або проблематично.

Хімічні меліоранти кислих і солонцевих ґрунтів
(С.А. Балюк, Р.С Трускавецький, 2008)

Найменування	Хімічна формула та вміст компонентів	Коротка характеристика
1	2	3
Природні хімічні меліоранти		
Крейда	CaCO_3	Осадова тонкозерниста гірська порода білого кольору. Складається в основному з карбонату кальцію з незначною домішкою піску та глини. Як меліорант малоефективна, слабо курна, недостатньо сипуча.
Вапняки природні	CaCO_3	Осадова тверда гірська порода складена в основному мінералом кальцитом. За походженням розрізняють органогенні, хемогенні, уламкові та вторинні вапняки, з домішками піску і глини. Меліоруюча дія вища, як правило, ніж у крейди.
Гіпс	$\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	Безколірний і прозорий, а при наявності домішок має забарвлення від сірого до бурого. За структурою розрізняють крупнокристалічний, листовий, тонковолокнистий, крупно- або дрібнозернистий і землистий гіпси.
Доломіт	суміш $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ з $\text{CaO} + \text{MgO}$	Сірого або темно-сірого кольору, відноситься до твердих вапнякових матеріалів. Якщо в карбонатній породі мінералу доломіту міститься 50–90%, то її називають вапнистим доломітом, при меншому вмісті доломіту – доломітизованим вапняком. Меліоруюча дія висока.
Мергель	суміш $\text{CaCO}_3 +$ глина + MgCO_3	Тонкозерниста, землиста, щільна або сланцювата осадова гірська порода. Колір сірий, зеленкуватий, жовтуватий або бурий. Після провітрювання, висихання та промерзання стає розсипчастим і добре розтирається в порошок.

Вапняний туф (джерельне вапно)	вміст CaO, MgO — до 42-54%	Поклади зустрічаються на притерасних заплавах, в місцях виходу на поверхню джерел. Вони являють собою пухку, легко розсипчасту речовину сірого кольору.
Озерне вапно (гажа)	вміст CaO, MgO — до 48-56%	Поклади знаходяться в місцях замкнутих водойм, води яких в минулому були збагачені кальцієм і висохли. Має дрібнозернисту будову, легко розсипається та подрібнюється на мілкі частки.
Торфотуфи та торфогажа	вміст CaO, MgO — до 6-28%	Низинний торф багатий вапном, цінне торфо-вапняне добриво-меліорант, найбільше підходить для бідних органічними речовинами ґрунтів, які знаходяться недалеко від місць залягання покладів торфо-туфів та торфогажі.
Лесові та лесовидні карбонатні породи	вміст CaO, від 10 до 30%	Нешаруваті дрібні пористі карбонатні осадові породи сіро-жовтого, палевого кольору. Ефективні на кислих ґрунтах легкого гран складу.
Фосфорити	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Сірий або бурий порошок різних відтінків, не злежується. За вмістом P_2O_5 розрізняють багаті фосфорити (понад 24%), середньої якості (18– 24%) та бідні (5–18%). В Україні виділяється шість основних фосфоритоносних районів: Придністровський, Харківсько- Донецький, Чернігівський, Сумський, Закарпатський і Кримський.
Відходи промислового виробництва		
Фосфогіпс	$\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	Відходи виробництва фосфорних добрив, ясно-сірий порошок, дуже гігроскопічний (вміст води сягає 40– 45%). Використовують підсушений продукт (вологістю 8–15%).
Дефекат	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, з домішками органіки мінерального мулу	Відхід цукрово-бурякового виробництва, сірого кольору, розсипчастий порошок, розчинність якого у воді менша, ніж гіпсу, але вища розчинності крейди. Дефекат містить до 15% органічної речовини; 0,3-0,5% азоту; 1-2% P_2O_5 ; 0,6-0,9% K_2O , невелику кількість

		сірки. Дефекат перед внесенням у ґрунт просушують у купах заввишки 1–1,5 м, просівають крізь сито з отворами діаметром 2–5 мм.
Шлам содового виробництва	$\text{CaCO}_3 + \text{CaCl}_2$	Відходи заводів содового виробництва, порошок білого кольору, після висушування розсипчастий, не потребує додаткового подрібнення.
Цементний пил	вміст CaO біля 45-58%	Відходи цементних заводів, темно-сірого та сірого кольору порошок, дуже пилить.
Червоний шлам	вміст CaO біля 10%	Відхід алюмінієвого виробництва, червоного або темно-бурого кольору, пилюватий, негігроскопічний, не злежується. В своєму складі має широкий спектр макро-та мікроелементів, тому є перспективним для використання на кислих ґрунтах грубого гран складу.
Залізний купорос	$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ з домішками H_2SO_4	Крупно- або дрібнокристалічний порошок ясно-зеленого кольору (свіжий), з білими або рудуватим нальотом (після тривалого зберігання). Дуже гігроскопічний та агресивний продукт (викликає корозію металу), тому транспортування його ускладнено.
Пірит	FeS	Відхід металургійного виробництва, використовується рідко.
Нітрат кальцію	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Добриво-меліорант, яке отримують в промислових умовах шляхом нейтралізації 40–48% азотної кислоти крейдою або вапном. Дуже гігроскопічна речовина, тому її транспортують і зберігають у вологонепроникних мішках. Для зменшення гігроскопічності кристалічну сіль змішують з гідрофобними добавками в кількості 0,5% ваги солі (наприклад, з парафіністим мазутом). Перспективний для внесення з поливними водами (фертигація).

ДЛЯ НОТАТОК

[illegible]