

**М.В. Недвига, І.Ю. Рассадіна**

# **ОХОРОНА ҐРУНТІВ І ВІДТВОРЕННЯ ЇХ РОДЮЧОСТІ**

**(Курс лекцій та лабораторний практикум)**

**УДК 631.4; 631.83:37 (075)**

Недвиг М. В. – кандидат сільськогосподарських наук, професор

Рассадіна І. Ю. – кандидат сільськогосподарських наук, ст. викладач

Затверджено на засіданні кафедри агрохімії і ґрунтознавства

(протокол № 3 від 3.09.2020 року)

Рекомендовано до видання науково-методичною комісією факультету агрономії Уманського НУС (протокол № 2 від 15.09.2020 року)

Рецензенти:

Єщенко В.О. – доктор сільськогосподарських наук, професор

Сонько С. П. – доктор сільськогосподарських наук, професор

**© Недвиг М.В., Рассадіна І. Ю., 2020**

**© Уманський НУС, 2020**

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ЧАСТИНА I (Курс лекцій)	6
1.1. Родючість ґрунту. Причини зниження родючості ґрунтів України і першочергові завдання щодо її відтворення.....	6
1.2. Водна ерозія, чинники, механізми прояву. Захист земель від водної ерозії.....	16
1.3. Вітрова ерозія і протидефляційні заходи.....	36
1.4. Агрофізична деградація ґрунтів та показники її прояву – щільність ґрунту, вміст агрономічно цінних водостійких агрегатів.....	41
1.5. Дегуміфікація ґрунтів, причини та її наслідки. Заходи з відновлення органічної речовини ґрунту.....	52
1.6. Кислотна деградація ґрунтів, причини її виникнення та наслідки. Строки, норми, способи, місце внесення вапнякових матеріалів у сівозміні.....	65
1.7. Охорона ґрунтів від забруднення агрохімікатами та продуктами техногенезу.....	79
1.8. Національна програма охорони ґрунтів України.....	87
ЧАСТИНА II (Лабораторний практикум).....	113
2.1. Визначення вмісту гумусу в ґрунті.....	113
2.2 Розрахунок балансу гумусу у сівозміні.....	117
2.3. Визначення кислотності ґрунту.....	126
2.4. Визначення потреби ґрунту у вапнуванні та розрахунок норми вапна.....	129
2.5. Визначення солонцюватості ґрунтів і норм гіпсу.....	133
ДОДАТКИ.....	138
ЛІТЕРАТУРА.....	144

## ВСТУП

На сучасному етапі розвитку аграрного сектора економіки охорона ґрунтів від деградації та відновлення їх родючості – багатогранна проблема, яка охоплює еколого-біосферні, агротехнологічні, економічні, правові, естетичні і морально-етичні аспекти. Вона зумовлена тим, що в останні десятиріччя в Україні домінує незбалансована система землеробства, негативні наслідки якої є дегуміфікація й інші, пов'язані з нею деградаційні процеси. Серед головних причин деградації земельних ресурсів є екологічно і економічно необґрунтоване розширення посівних площ орних земель, низький рівень сучасних агротехнологій, порушені науково обґрунтовані сівозміни, екологічно безпечні системи удобрення, захисту рослин.

Входження України у загальноєвропейську систему моніторингу ґрунтового покриву вимагає модернізацій програмного, математичного, інструментального, і картографічного забезпечення. Залишається гострою проблема підготовки висококваліфікованих фахівців з екологічно безпечного використання земельних ресурсів.

Необхідне широкомаштабне, на новому інструментальному рівні, обстеження ґрунтових ресурсів, організація моніторингу та створення державного кадастру ґрунтів.

Особливого значення набувають проблеми призупинення втрат гумусу, відтворення родючості, організація протиерозійних робіт, відновлення хімічної і гідротехнічної меліорацій, запобігання техногенному забрудненню і руйнуванню ґрунтів.

Родючість ґрунту повинна стати об'єктом важливого охоронного значення, що вимагає жорсткого регламентування використання ґрунтового покриву з метою запобігання розвитку деградаційних процесів.

Вивчення навчальної дисципліни «Охорона ґрунтів і відновлення їх родючості» допомагає майбутнім фахівцям – ґрунтознавцям і агрономам гармонізувати стосунки між агросферою і природним середовищем,

розробляти нові підходи і принципи ґрунтоощадних агротехнологій виробництва продукції рослинництва з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, мінімізувати витрати енергетичних і матеріальних ресурсів, здійснювати ґрунтозахисні і ґрунтовідновлювальних заходи, їх прогнозування, планування, реалізацію та моніторинг з метою раціонального використання і охорони земель не залежно від форм власності і господарювання.

Основним завданням вивчення навчальної дисципліни «Охорона ґрунтів і відновлення їх родючості» є здобуття відповідного обсягу теоретичних, методологічних знань та практичних навичок з оцінювання та прогнозування стану ґрунтового покриву, раціонального використання ґрунтів, збереження і відтворення їх родючості.

Програмою підготовки магістрів за спеціальністю 201 «Агрохімія» передбачено загальну кількість навчальних годин 105, в тому числі 14 годин лекцій, 20 годин лабораторних занять та 71 година індивідуальної роботи. Підсумковий контроль – екзамен.

## **ЧАСТИНА І**

### **(КУРС ЛЕКЦІЙ)**

#### **1.1. РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ. ПРИЧИНИ ЗНИЖЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ І ПЕРШОЧЕРГОВІ ЗАВДАННЯ ЩОДО ЇЇ ВІДТВОРЕННЯ.**

Родючість – біологічна якісна властивість, яка відрізняє ґрунт від гірської породи і робить це природне утворення основним засобом сільськогосподарського виробництва та об'єктом застосування праці. Виник цей термін ще до оформлення ґрунтознавства як науки. Пов'язано це з тим, що при використанні ґрунту людина оцінювала його передусім з погляду здатності створювати врожай рослин.

Учення про родючість ґрунтів тісно пов'язано з іменем В.Р. Вільямса. Значний внесок у його розвиток зробили П.А. Костичев, О.Н. Соколовський, С.П. Кравков, О.М. Грінченко, Т.Н. Кулаковська та ін.

Згідно з ДСТУ, “родючість – це здатність ґрунту задовольняти потреби рослин у елементах живлення, волозі, повітрі, а також забезпечувати умови їхньої нормальної життєдіяльності для створення ними відповідної біомаси (врожаю)”. В зв'язку з цим терміни «родючість» і «продуктивність» ґрунту синоніми, вони взаємопов'язані. Продуктивність ґрунту як створення відповідної біомаси (врожаю) природними і культурними рослинами обумовлюється його родючістю як функції всього необхідного для їх розвитку. І навпаки, родючість ґрунту забезпечує всім необхідним рослини для створення ними певної їх біологічної продукції.

Ґрунт має бути сприятливим середовищем за вологою, теплом, фізичними і фізико-хімічними показниками, засоленням та забрудненням. Всі ці фактори і умови сприятливості продуктивній здатності ґрунтів функціонально визначаються факторами ґрунтоутворення, бо ґрунт і його родючість взаємозв'язані. Родючість ґрунтів обумовлюється екологічними умовами їхнього формування. А тому в просторі рівень родючості ґрунтів неоднаковий через зміну природних умов ґрунтоутворення.

Родючість ґрунту створюється в процесі ґрунтоутворення і безперервно змінюється залежно від напрямку та інтенсивності біохімічних, фізичних і фізико-хімічних процесів, які, в свою чергу, залежать від рослинності, кліматичних умов, агротехніки тощо.

Вчення про родючість ґрунтів має велике наукове значення для їх раціонального використання, застосування добрив, меліорацій, засобів механізації виробничих процесів у землеробстві та рослинництві.

Основними факторами, що визначають родючість кожного ґрунту, є достатній вміст поживних речовин і вологи, оптимальні тепловий і повітряний режими, умови для життєдіяльності ґрунтової біоти.

Ознаками високородючого ґрунту є вміст у ньому доступних поживних речовин, води, повітря, а також відповідні температурні умови і відсутність шкідливих для рослин речовин. Ґрунт не повинен перешкоджати росту й розвитку рослин.

Слід зазначити, що існує деяка умовність у понятті про родючість ґрунту, оскільки вона залежить і від біологічних особливостей окремих рослин: ґрунт може бути більш родючим для одних і менш родючим для інших рослин. Так, якщо в ґрунті багато важкорозчинних фосфатів і, навпаки, мало розчинних, то він буде родючим для гречки і люпину і малородючим для буряків цукрових, льону та інших культур.

Елементи родючості ґрунту – це земні фактори життя рослин (поживні речовини, вода).

Умови родючості – це фізичні властивості, реакція ґрунту, забур'яненість, враженість хворобами та ушкодженість шкідниками тощо.

Ознаки родючості – величина вмісту доступних рослинам поживних речовин, води, повітря, температурні умови, хімічний склад, фізичні й біологічні властивості ґрунту, а також фітосанітарний стан його.

Ефективна, або культурна, родючість виникає в процесі використання ґрунту.

Природна, або потенційна, родючість створюється в результаті природного ґрунтоутворення і властива ґрунтам, що не обробляються. Є інші класифікації родючості (штучна, відносна, економічна тощо).

Родючість ґрунту залежить від його природних властивостей і впливу людини в процесі сільськогосподарської діяльності.

Основний критерій родючості - врожай культур.

Родючість ґрунту характеризується вмістом органічних речовин і поживних елементів, товщиною гумусового горизонту, будовою, водно-повітряним режимом, вбирним комплексом, структурою і реакцією ґрунту.

До біологічних показників родючості ґрунту належать:

- вміст органічної речовини;
- мікрофлора;
- чистота від насіння та вегетативних органів бур'янів, шкідників, збудників хвороб сільськогосподарських культур.

Найбільше рослинних решток у ґрунті залишають: багаторічні трави, однорічні сумішки на зеленій корм, кукурудза, озимі зернові, ярі зернові, коренеплоди, картопля, льон. Для підтримання бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті потрібно вносити гною: на Поліссі 13–14 т/га; в Лісостепу 11–13 т/га; у Степу 8–9 т/га; при зрошенні 11–13 т/га.

Вважається, що з 1 т гною в процесі гуміфікації утворюється 40 кг гумусу.

Мікроорганізми беруть участь у процесах нітрифікації, розкладанні клітковини, амоніфікації, диханні ґрунту тощо.

До агрохімічних показників родючості ґрунту належать: вміст у ґрунті поживних речовин, вбирна здатність, реакція ґрунтового розчину.

Вбирний комплекс – це сукупність дрібнодисперсних часточок ґрунту, яким властива вбирна здатність. В окультурених ґрунтах більше увібраних двовалентних катіонів, насамперед Са, і менше Н, Al, К. Реакція ґрунтового розчину повинна бути близькою до нейтральної (рН=7). Вона регулюється внесенням вапна (на кислих ґрунтах) або гіпсу (на солонцевих).



Серед агрофізичних показників родючості ґрунту розрізняють загальні та фізико-механічні, або технологічні. До перших належать: товщина орного шару, питома маса, будова, шпаруватість, щільність, структура; до других – зв'язність, пластичність, липкість, твердість, фізична стиглість.

Від питомої маси залежить зусилля при обробітку ґрунту. Будова ґрунту – це співвідношення між об'ємом твердої фази ґрунту і шпаринами. Найкращі умови створюються при співвідношенні між некапілярною і капілярною шпаруватістю як 1:1 – 1:3.

Оптимальна щільність повинна бути близькою до рівноважної (1,1–1,22 г/см<sup>3</sup>).

Макроструктурних агрегатів повинно бути близько 80 %, а водотривких – 70 %, доброю структура вважається при 60–80 % макроагрегатів і 55–70 – водотривких.

Пластичність ґрунту – його властивість змінювати свою форму під впливом будь-якої сили ззовні без порушення суцільності і збереження наданої форми після усунення цієї сили.

Липкість ґрунту – здатність його прилипати до предметів, що доторкаються до нього.

Твердість – це здатність ґрунту чинити опір проникненню, в тому числі й кореневої системи рослин.

Родючість ґрунту – властивість динамічна, яка змінюється як у природному стані, так і при використанні його в сільському господарстві.

В сучасних умовах в ґрунті, як правило, переважають процеси, що призводять до зниження його родючості. Так, за даними Г.Я. Чесняка (1984), середньорічні втрати гумусу в чорноземах типових і вилугуваних становили 0,7–0,9, а звичайних – 0,5–0,7 т/га. Втрати гумусу внаслідок мінералізації та ерозії супроводжуються значними втратами поживних речовин, погіршенням фізичних, фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту.

За даними В.Л. Булахова (1988), при тривалому використанні землі, особливо за умови інтенсивного застосування пестицидів, у 2–6 разів

зменшується кількість різних організмів у ґрунті (гризунів, рептилій, черв'яків, личинок комах та інших). Це призводить до втрати структурності і самоущільнення ґрунту. Застосування важких сільськогосподарських машин і знарядь також прискорює цей процес.

Людина втручається в природну сферу, збільшуючи обсяг меліоративних робіт, створюючи зрошувальні та осушувальні системи, не завжди з достатнім обґрунтуванням, яке призводить до підвищення рівня ґрунтових вод, вторинного засолення і заболочення земель, пересушення великих територій, деградації земель тощо.

При систематичному застосуванні мінеральних добрив та пестицидів у ґрунт надходить багато речовин, які його забруднюють і погіршують хімічні та фізичні властивості. Так, при тривалому застосуванні фізіологічно кислих добрив підвищується кислотність ґрунту, збільшується вміст у ньому рухомого алюмінію, що негативно позначається на врожайності та якості продукції, зменшується вміст кальцію у ґрунті.

При внесенні високих норм фосфорних добрив у ґрунті може накопичуватися значна кількість важких металів (марганець, нікель, мідь, кобальт, уран, радій, кадмій, свинець, стронцій), які сповільнюють нітрифікаційні процеси, пригнічують активність ферментів фосфатази та уреаз, зменшують інтенсивність фотосинтезу в рослинах.

Тому відтворення родючості ґрунту – об'єктивна необхідність, яка обґрунтовується обмеженістю земельних площ і законом повернення.

Розрізняють просте і розширене відтворення родючості ґрунту. Просте відтворення – це усунення негативних явищ, що виникають у ґрунті внаслідок вирощування культурних рослин чи інших факторів; надання ґрунту родючості, яку він мав до використання. Розширене відтворення – це створення вищої родючості ґрунту порівняно з вихідною. Розширене відтворення має велике значення на ґрунтах з низькою природною родючістю, наприклад, дерново-підзолистих, які у природному стані не можуть забезпечити достатню ефективність землеробських заходів.

Для відтворення родючості ґрунту використовують два способи: речовинний та технологічний. Речовинний передбачає раціональне використання добрив, меліорантів, пестицидів тощо. Технологічний спосіб відтворення родючості – це поліпшення агрономічних властивостей ґрунту за рахунок раціонального обробітку, підбору культур, сівозмін, меліоративних заходів.

Найефективніше на ґрунтову родючість впливають речовинні компоненти. Різні способи обробітку, забезпечуючи короточасний ефект, здебільшого прискорюють використання речовинних ресурсів (шляхом мобілізації), що призводить до зменшення родючості ґрунту.

*Основні причини погіршення родючості ґрунту вбачаються в наступному:*

1. Високий ступінь розораності території та сільськогосподарських угідь.
2. Невдала організація території, перевантаження окремих земельних масивів інтенсивними культурами.
3. Нераціональне використання еродованих земель.
4. Порушення сівозмін і схем чергування культур в них.
5. Нераціональний обробіток ґрунту (його інтенсивність, необґрунтоване застосування знарядь інтенсивного типу, якість обробітку).
6. Відчуження з поля майже усієї надземної маси вирощуваних рослин.
7. Недостатня кількість гною та інших органічних добрив, що вносяться у ґрунт.
8. Незбалансованість і порушення технології внесення мінеральних добрив.
9. Висока забур'яненість полів.
10. Недостатня питома маса багаторічних бобових трав та інших бобових культур у сівозмінах як фактор поновлення ґрунтової родючості.
11. Нераціональне використання зрошуваних земель.
12. Недосконалість технологій вирощування рослин.

13. Недосконалість ходових систем мобільної сільськогосподарської техніки і робочих органів ґрунтообробних знарядь тощо.

Отже, щоб стабілізувати родючість ґрунту, а в подальшому покращити її, потрібно усунути наведені негаразди при його сільськогосподарському використанні.

Відтворення родючості і на цій основі підвищення врожайності культур повинно здійснюватись за рахунок оптимізації основних агрономічних властивостей.

Майже всі показники родючості ґрунту певною мірою можна регулювати. Однак не завжди відомо, які параметри цих показників є оптимальними для росту і розвитку різних рослин. Тому однією з основних проблем агрономічної науки є створення системи оптимальних параметрів показників родючості ґрунтів, які називають моделями його родючості.

Модель родючості – це сукупність агрономічно важливих властивостей та режимів ґрунту, які забезпечують певний рівень продуктивності рослин.

Оптимальні параметри показників родючості встановлюються для кожного типу ґрунту за даними тривалих багаторічних дослідів.

Опрацювання та удосконалення моделей родючості є одним із основних елементів науково обґрунтованого планування відтворення родючості ґрунту. Моделі родючості ґрунтів можна складати за допомогою комп'ютерів, куди вводиться відповідна інформація.

Моделі родючості ґрунту мають стати основою для раціонального використання агротехнічних заходів та засобів хімізації у сільськогосподарському виробництві. В свою чергу, останні разом з меліоративними та іншими заходами повинні сприяти поступовому наближенню властивостей ґрунту до їх оптимальних параметрів, які забезпечують високий рівень його родючості та врожайності сільськогосподарських культур.

Хоча питання про моделювання родючості ґрунту є порівняно новим, воно має непогану перспективу. По суті, створюються еталони для різних ґрунтів, порівняно з якими можна буде оцінювати їх реальну родючість.

Родючість ґрунту є такою властивістю, яка здатна до відтворення і в природних умовах, і при сільськогосподарському використанні ґрунту. Відтворення родючості може бути розширеним, простим і неповним. Розширене відтворення родючості – це поліпшення сукупності властивостей ґрунту, які впливають на його родючість. Просте – це відсутність помітних змін сукупності властивостей ґрунту, які впливають на його родючість. Неповне – це погіршення властивостей ґрунту, які впливають на його родючість. Це широко розповсюджене як у світі, так і у нашій країні, явище має негативні наслідки в природному й соціально-економічному відношеннях. Зниження родючості ґрунту відбувається за рахунок трьох основних процесів. Перший – антропогенна деградація (ерозія, викликана людиною, вторинне засолення, вторинне заболочення). Другий – виснаження ґрунту (зменшення запасів гумусу, поживних речовин тощо). Третій – стомлення ґрунту (накопичення в ньому різних токсичних елементів, викликаних неправильними сівозмінами, надлишком хімічних засобів тощо).

Для підвищення ефективної і природної родючості треба впроваджувати науково обґрунтовані системи землеробства, що може забезпечити окультурювання ґрунтів.

Окультурювання ґрунтів – систематичне використання заходів щодо підвищення їх родючості з врахуванням генетичних властивостей, вимог сільськогосподарських культур, тобто формування ґрунтів із більш високим рівнем ефективної й потенційної родючості.

Проте, не можна забувати, що окультурювання ґрунту має бути науково обґрунтованим із використанням екологічного підходу. Ще В.В. Докучаєв (1883), порівнюючи ґрунт з породистим конем, зазначав, що нещадна експлуатація та голодний раціон обов'язково викличуть виснаження навіть найсильнішої тварини, тобто найродючішого ґрунту.

Окультурювання ґрунту – це екологічна реорганізація всіх компонентів біогеоценозу, що призводить до антропогенної зміни ґрунтових режимів під потреби однієї рослини.

Таке штучне обмеження біорізноманітності в агроценозі робить подібні екосистеми нестійкими. Саме тому едафотопи агроценозів потребують прискіпливої уваги та бережного ставлення.

Раціональне використання земельних ресурсів є надзвичайно важливою природничо-науковою та соціально-економічною проблемою, яка вирішується на основі балансу між необхідним економічним ростом та збереженням земельних ресурсів.

У праці Г.І. Швєбса основними принципами оптимізації використання земельних ресурсів є:

- агроландшафтний підхід, під час якого враховується весь комплекс природних факторів (клімат, ґрунти, рельєф, гідрологічний режим та ін.) у єдності з господарською інфраструктурою (дороги, лінії передач та ін.), який направлений на створення сприятливих соціально-економічних умов організації виробництва;

- екологічність. Цей підхід враховує систему заходів щодо охорони земель від деградації у результаті дії водної і вітрової ерозії, порушення водного і сольового режимів, дегуміфікації і виснаження поживними речовинами ґрунтів, їх забруднення агрохімікатами і техногенними викидами;

- раціональне господарське облаштування (організація території, введення і освоєння сівозмін, системи добрив, підбір сортів і насіння, тактика використання техніки, будівництво об'єктів, доріг, меліорація земель, включаючи рекультивацію неугідь);

- економічна доцільність. Забезпечується шляхом узгодження екологічної програми з кон'юнктурною ситуацією, яка враховує економічний стан, спеціалізацію, місцезнаходження до місць збуту і переробки продукції, транспортні зв'язки, експортні можливості тощо;

– агроекологічний моніторинг, тобто постійне спостереження і контроль за вмістом гумусу, поживних речовин, рівнями забруднення ґрунтів, підґрунтових вод і поверхневих водних джерел сільськогосподарського використання.

Починаючи з 1996 року замість агроекологічного моніторингу було запроваджено агрохімічну паспортизацію земель сільськогосподарського призначення, яку здійснюють державні проектно-технологічні центри охорони родючості ґрунтів і якості продукції. Ці принципи дають змогу досягти не лише найбільшого еколого-економічного ефекту землекористування, а й забезпечити продовольчу безпеку України. При цьому зростання обсягу виробництва сільськогосподарської продукції повинно бути спрямоване як на відвернення продовольчої кризи, так і на збереження та раціональне використання земельних ресурсів.

## 1.2. ВОДНА ЕРОЗІЯ, ЧИННИКИ, МЕХАНІЗМИ ПРОЯВУ.

### ЗАХИСТ ЗЕМЕЛЬ ВІД ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ

Ерозія (лат. *erosio* – роз’їдання) ґрунту – це різноманітні процеси руйнування ґрунту і переміщення продуктів руйнування водою і вітром.

За походженням ерозію поділяють на:

1. Геологічна (природна) – є природним процесом, який відбувається поза впливом людини, під дією вітру і води. У природі існувала завжди як нормальний геологічний процес. Швидкість її була приблизно такою самою, як і процесу ґрунтоутворення. Відбувається дуже повільно, не завдає великої шкоди, не знижує родючості ґрунту, запобігти практично неможливо.

2. Прискорена (руйнівна) – антропогенно зумовлений процес руйнування ґрунту поверхневими водами або вітром. Результат діяльності людей: неправильного ведення землеробства, лісового господарства, будівництва, промисловості, транспорту, прокладання доріг тощо, коли порушується цілісність поверхні ґрунту, її дерновий захист, виникають борозни, канали, яри. Проходить швидко. Прискорену ерозію оцінюють за наступною градацією (М.М.Заславський, 1983):

- слабкий змив – 0.5–1.0 т/га;
- середній змив – 1.0–5.0 т/га;
- сильний змив – 5–10 т/га;
- дуже сильний – >10 т/га.

Відповідно розрізняють ерозію ґрунту водну та вітрову.

Ерозія водна – процес руйнування ґрунту водами поверхневого стоку (дошовими, талими) та іригаційними (зрошення та полив), приурочений до природних або штучно мікрорельєфних знижень (папілярів стоку) на схилах як постійних маршрутів скидання водних потоків. Інтенсифікується водна ерозія внаслідок концентрації поверхневого стоку при перехваті (об’єднанні) водних потоків кількох папілярів штучними перешкодами на їх шляху у



вигляді наорних валів, польових доріг та інших елементів господарської діяльності людини.

Водна ерозія буває :

- поверхнева – змивається верхній родючий горизонт ґрунту на значній території;

- глибока – проявляється на крутих схилах, зумовлює утворення ярів.

Водна ерозія проявляється в основному на розораних схилах, особливо там, де оранка проводиться вздовж схилу, а не впоперек. Внаслідок цього виникають поздовжні борозни, по яких стікає тала і дощова вода. Ситуація значно погіршується, якщо на цих полях засівають просапні культури.

За руйнівною дією води на ґрунти розрізняють наступні види водної ерозії:

1. Краплинна ерозія – краплинами дощу розбиваються агрегати ґрунту, утворюються дрібні часточки ґрунту, що замулюють пори (зниження водопроникності, посилення стоку і змивання).

2. Площинною (горизонтальною) ерозією називають більш менш рівномірне змивання ґрунту по всій площині на схилі невеликими струменями талих чи дощових вод. Починається на схилах крутизною  $1-2^\circ$  і вважається незначною, якщо не перевищує 0,5 т/га; дуже сильною – понад 10 т/га.

3. Лінійною (вертикальною, яружною) ерозією називають розмивання ґрунту і навіть підґрунтя сконцентрованою течією води. Призводить до повного знищення ґрунтів.

За інтенсивністю її поділяють на:

- незначної інтенсивності за середньорічного приросту до 0.5 м;

- надзвичайно високої інтенсивності – понад 5м.

4. Ірігаційна ерозія виникає і діє як різновид водної при грубих порушеннях поливних норм для зрошення с.-г. культур. Окрім наведених видів водної ерозії розрізняють її різновиди (стадії):

- розбрискувальна
- міжструмкова (площинна)
- струмкове розмивання (утворення рівчаків 2–10 (25) см глибиною
- виникнення вимоїн (усуваються звичайними обробітками ґрунту)
- ефемерно-яружна (усувається спеціальними земельними роботами)
- яружна. Перші три стадії ерозії становлять близько 75 % середньорічної ерозії орних земель в Україні.

Процес водної ерозії відбувається за три етапи:

1. відокремлення часточок ґрунту в наслідку падіння дощових крапель з швидкістю 10 м/с
2. перенесення часточок
3. відкладання часточок ґрунту в іншому місці.

Швидкість з якою відбувається ерозія залежить від: • інтенсивності і тривалості дощу,

- довжини і крутизни схилу,
- протиерозійної стійкості ґрунту (зумовлена гранулометричним складом та фізико-хімічними властивостями ґрунту),
- від присутності рослинності на поверхні ґрунту.

Комплекс заходів щодо захисту ґрунтів від ерозії охоплює агротехнічні, лукомеліоративні, лісомеліоративні, гідротехнічні та організаційно-господарські заходи.

**Агротехнічні протиерозійні заходи.** Попередження водної ерозії на схилових землях здійснюється через реалізацію наступних принципів.

1. *Підвищення водопроникності ґрунтів.* Досягається відтворенням родючості, внаслідок чого поліпшуються агрофізичні властивості ґрунтів, підвищується їх протиерозійна стійкість, шорсткість; попередженням утворення ґрунтової кірки під час випадання зливових опадів; мульчуванням ґрунту соломною та іншими пожнивними рештками; глибоким безполицевим розпушенням важких за гранулометричним складом ґрунтів плоскорізами-

глибокорозпушувачами та чизелями-розпушувачами; глибоким щілюванням ґрунтів поперек схилу, що дозволяло б перехоплювати весняний стік талих вод по мерзлоталому ґрунті.

2. *Уповільнення швидкості стікання води.* Досягається створенням шорсткості поверхні поля. Цього можна досягати як всіма видами обробітку ґрунту поперек схилу, так і мульчуванням поверхні стернею та іншими поживними рештками. Уповільненню швидкості стікання води сприяє розвинутий стеблостій сільськогосподарських культур, особливо суцільної сівби.

3. *Скріплення верхнього шару ґрунту коренями рослин.* Різні культури мають різну ґрунтозахисну ефективність. На ерозійно-небезпечних ділянках висівають лише культури суцільної сівби. При безполицевому обробітку корені рослин розміщуються ближче до поверхні ґрунту і цим самим підвищують його протиерозійну стійкість.

4. *Зменшення промерзання ґрунту в холодний період року і швидкіше розмерзання його навесні.* Воно досягається переходом на безполицевий обробіток ґрунту, що зменшує промерзання на 30% у порівнянні з оранкою; мульчуванням соломою, що зменшує промерзання більш ніж удвічі; снігозатриманням, що зменшує промерзання ґрунту на 50–100%.

5. *Залуження ерозійно небезпечних ділянок багаторічними травами.* Застосовується, як правило, у місцях проходження великих мас води під час злив і сніготанення: залужені водотоки, водопідвідні улоговини, найбільш круті ділянки довгих схилів з середньо- та сильно-змитими ґрунтами, кювети вздовж доріг, сильно еродовані ділянки схилів.

6. *Зміна структури посівних площ.* Здійснюється поділ ріллі на еколого-технологічні групи з організацією на рівнинних ділянках крутістю до 3° інтенсивних польових сівозмін, на схилах крутістю понад 7° – виведення із ріллі і залуження їх багаторічними травами. На схилах 5–3°

впроваджують ґрунтозахисні сівозміни. Останнім часом землі, розміщені на схилах крутістю понад 5° теж рекомендується відводити під залуження.

Ці шість груп заходів повинні включатися до ґрунтозахисних технологій всіх вирощуваних у зоні господарств культур. Тоді вони стають обов'язковими для виконання агрономами. Невиконання будь-якої з груп заходів призводить до порушення технології вирощування культури, за такі дії агроном несе юридичну відповідальність.

Найповніше всі ці групи поєднуються у ґрунтозахисних технологіях, що базуються на безполицевому обробітку ґрунту з мульчуванням його стернею, соломою та іншими пожнивними рештками.

Сутність ґрунтозахисних технологій можна виразити такою формулою: різноглибинний безполицевий обробіток ґрунту впоперек схилу з мульчуванням його стернею, з доповненням цих заходів щілюванням на глибину 50–60 см, впоперек схилу через 5–7 м, мульчуванням соломою на схилах понад 3°.

Природно, що в будь-яку ґрунтозахисну технологію повинні бути включені заходи щодо відтворення родючості з використанням для цього органічних і мінеральних добрив, у тому числі нетоварної частини врожаю: стебел кукурудзи, соняшнику, гички, сидератів, соломи.

**Лукомеліоративні протиерозійні заходи.** Природний механізм захисту ґрунтів від ерозії базується на ґрунтозахисній ефективності лучних трав. Але до природних кормових угідь часто входять землі, які непридатні або малопридатні для використання під рілля, насамперед такі, що втратили родючість за рахунок змиву, розмиву чи пасовищного перевантаження. Більша частина цих земель перетворилась на "виғони" з низькою продуктивністю, до того ж вони розчленовані промивинами та ярами. Існують розробки і великий практичний досвід щодо перетворення їх у високопродуктивні кормові угіддя, надійно захищені від руйнування ерозією. З цією метою застосовують вісім видів заходів, що об'єднуються в чотири

групи: агротехнічних – 3, організаційно-господарських – 2, гідротехнічних – 2, лісомеліоративних – 1.

*Агротехнічні заходи* спрямовані на створення сіяного травостою з культурних багаторічних трав і на забезпечення для них оптимальних умов росту та розвитку. Найважливіші з них такі:

1. *Докорінне поліпшення пасовищ* – досягається знищенням природних трав, посівом і культивуванням культурних трав. Раніше це робили шляхом переорювання пасовищ, парування та посіву багаторічних трав. Для зниження небезпеки ерозії ці операції здійснювали смугами шириною 10-20 м, залежно від крутизни і довжини схилу. Однак і при такому підході під час літніх злив на паруючих смугах відбувався дуже сильний, інколи катастрофічний, змив;

2. *Докорінна меліорація пасовищ, в тому числі з засоленими і солонцюватими ґрунтами*, – обробіток ґрунту в травні-червні здійснюють плоскорізами на глибину 22–25 см, а паровий обробіток проводять паровими культиваторами за наявності на поверхні ґрунту мульчі з дернини, що і попереджує інтенсивний розвиток ерозії. 1–10 серпня висівають багаторічні трави або травосуміші без покривної культури. Сіяні трави рекомендується не стравлювати, а косити, і вивозити зелений корм на ферми. Стравлювання допустиме лише в останньому році перед повторним залуженням, тому що худоба розбиває копитами вузли кушіння, що призводить до швидкого випадання трав. В останній рік користування без обробітку ґрунту можна висіяти в дернину жито сівалками із спеціальними сошниками. Наступного року до червня можна одержати на такому пасовищі 400-600 ц/га зеленої маси з жита і трав. Після скошування цієї маси ґрунт підготовляється до подальшого залуження восени. Докорінне поліпшення підвищує продуктивність пасовищ у 5–7 разів;

3. *Поверхнєве поліпшення пасовищ* – базується на дискуванні дернини з подальшим залуженням багаторічними травами. Якщо дискування проводити в один прохід агрегатів і висівати культурні трави, то частина

природних трав збережеться. Таким чином створюється пасовище з суміші природних і культурних трав. Інколи для сівби застосовують насіння диких трав, які збирають на спеціальних насінниках, влаштованих на огорожених частинах балок. При багаторазовому дискуванні до чорноти (в 2–3 проходи дискових знарядь) дикорослі трави знищуються, після цього слід створювати новий травостій з культурних трав. Поверхнєве поліпшення також рекомендується проводити смугами для попередження розвитку водної ерозії. Воно підвищує продуктивність пасовищ у 3–5 разів;

4. *Щілювання пасовищ і посівів трав* – сприяє розпушуванню ґрунту та підґрунтя, підвищенню їх водопроникності і запасів вологи, поліпшенню умов росту і розвитку трав. Воно проводиться на глибину 50–60 см через 1–7 м. Можливе і суцільне щілювання пасовищ. Продуктивність кормових угідь зростає у 2–3 рази.

*Організаційно-господарські заходи* спрямовані на поліпшення природного травостою, умов його росту і розвитку, а також на їх використання. Такі заходи охоплюють:

1. *Догляд за пасовищами*, що виражається в ранньовесняному боронуванні зубовими чи голчастими боронами для руйнування ґрунтової кірки та розкидання екскрементів тварин. Боронувати слід рано навесні після розкидання азотних добрив. По закінченні стравлення на пасовищах підкошують неїстівні трави, проводять боронування і підживлення мінеральними добривами. На кам'янистих пасовищах збирають каміння. Слід заборонити випас на мокрому ґрунті, рано навесні чи після дощів, тому що це підсилює пасовищну ерозію;

2. *Періодичне відновлення травостою пасовищ* – досягається тоді, коли немає можливості застосувати агротехнічні заходи для створення штучного травостою. Заборона випасу та сінокосіння дозволяє висіятися корисним травам, які є в травостої. Крім того, поліпшуються агрофізичні властивості ґрунту. Він стає менш щільним, а це створює ліпші умови для

росту та розвитку рослин. *Періодичний відпочинок – єдиний захід докорінного поліпшення кам'янистих пасовищ.*

*Гідротехнічні заходи спрямовані на регулювання стоку шляхом будівництва водозатримних, водовідвідних і водоскидних споруд, а також на планування поверхні пасовищ і виположування ярів. Більшість водорегулювальних гідротехнічних споруд розміщують на природних кормових угіддях. Можна виділити дві групи заходів для поліпшення пасовищ:*

1. *Загальне планування (вирівнювання) поверхні пасовищ і засипання промивин.* Пасовища на схилах покриті мережею русел тимчасових водотоків, які врізаються в товщу ґрунту чи підґрунтя у вигляді промивин, ярів чи ярочків. Вони утруднюють проведення заходів докорінного поліпшення кормових угідь, надмірно дреновують і пересушують місцевість. Тому докорінному поліпшенню пасовищ передують роботи щодо вирівнювання поверхні. Промивини зарівнюють заорюванням бульдозерами, а щоб вони не відновлювались під час злив, по верхній межі ділянки перехоплюють стік водозатримними валами і канавами і без небезпеки скидають його в гідрографічну мережу;

2. *Виположування ярів.* Його проводять у разі розчленування пасовищ ярами глибиною до 10 м. Насамперед виконують попередні пошукові дослідження і складають проект. Перед виположуванням вище яру слід створити умови для перехоплення, безпечного відведення і скидання в гідрографічну мережу стоку, що призвів до утворення цього яру. В зоні прияружних земель, що зазнають порушення, бульдозерами знімають гумусовий шар ґрунту і загортають його в кавальєри. Яр засипають шаром підґрунтя, утрамбовують його повторними проходами бульдозерів і покривають гумусованим шаром ґрунту. Після цього на території меліорованого яру здійснюють заходи докорінного поліпшення, в тому числі внесення добрив, посів трав або травосумішей. Такі ділянки використовують як сіножаті чи для одержання зеленої маси.

*Лісомеліоративні заходи* також є дуже важливими на пасовищах. Балку відділяють від ріллі прибалковою лісосмугою, яка сприяє снігозатриманню, поліпшенню мікроклімату і охороні полів від потрави худобою. Всі незручні землі, непридатні під охоронні чи штучні кормові угіддя, теж підлягають залісненню. У наш час прияржні лісосмуги не висаджують, тому що широко застосовують різні способи засиплення, виположування чи суцільного вирівнювання ділянок, зруйнованих ярами.

***Система лісомеліоративних насаджень.*** Ліс, як і трави, є один з механізмів природи для попередження ерозії. В середині лісонасаджень створюється лісова обстановка: формується лісова підстилка, ґрунт стає менш щільним. Значно зростає водопроникність ґрунту, глибина його промерзання зменшується або ґрунт не промерзає зовсім, добре вбираючи вологу і взимку. До системи лісомеліоративних насаджень відносять:

1. *Полезахисні лісосмуги* насаджують по межах полів та сівозмін і орієнтують поперек напрямку вітрів, що спричиняють пилові бурі чи повітряну посуху. Ці лісосмуги сприяють затриманню снігу під час хурделиць. Вони поліпшують мікроклімат поля і сприяють підвищенню врожайності сільськогосподарських культур на відстані 20 висот дерев з завітряного і 10 висот – з навітряного боку. Таким чином, при проектній висоті лісосмуги 10 м відстані між поздовжніми лісосмугами можуть дорівнювати 300 м, при висоті 15 м – 450 м. Поперечні лісосмуги можна розміщувати на відстані 1000–1500 м одна від одної. З урахуванням можливої висоти дерев поздовжні лісосмуги слід було б розташовувати на відстані через 200–500 м, але фактично цю відстань беруть більшою, щоб не зменшувати площі поля сівозміни. Багаторічний досвід застосування полезахисних лісосмуг показав, що вони мають найбільшу ефективність у попередженні чи послабленні вітрової ерозії, снігозатриманні чи покращанні мікроклімату в міжсмуговому просторі тоді, коли конструкція цих смуг ажурна чи продувна. Суцільні смуги (непродувної конструкції) збирають на галявинах великі кучугури снігу, що довго тоне і затримує початок польових



робіт навесні. Під час пилових бур такі лісосмуги можуть повністю заноситись дрібноземом, видутим з полів. У період повітряної посухи вони сприяють підвищенню температури у міжсмуговому просторі, що знижує врожайність сільськогосподарських культур. Найбільший меліоративний ефект і агрономічну ефективність має поєднання ажурних і продувних лісосмуг з ґрунтозахисним безполицевим обробітком ґрунту;

2. *Водорегулювальні лісосмуги* висаджують на межі полів сівозмін і орієнтують довгою стороною поперек схилу. Вони перехоплюють поверхневий стік і переводять його у внутрішньо-ґрунтовий, а також поліпшують мікроклімат міжсмугового простору. Меліоративну функцію водорегулювальні лісосмуги виконують лише за умов їх розміщення точно поперек схилу. Інакше вздовж цих смуг можуть виникнути потоки, що еродують і породжують промивини і яри. Не рекомендується також влаштовувати ці смуги на гофрованих схилах, які мають багато поздовжніх западин. Перехоплюючи стік, ці смуги будуть відводити його в западини, підсилюючи скупчування води і сприяючи утворенню ярів;

3. *Насадження навколо ставків та водойм* відносять до рекреаційних, тобто тут влаштовують зони відпочинку. Ґрунтозахисна роль таких насаджень полягає у попередженні абразії берегів, захисті земляних гребель від руйнування хвиле-прибоєм та у разі переливання води через греблі. У верхів'ях ставків висаджують з чагарникових порід мулофільтри, що осаджують дрібнозем, який надходить зі стоком і може замулювати ставки;

4. *Прибалкові насадження* слугують для поглинання стоку, що надходить з полів, поліпшуючи мікроклімат місцевості і огороджуючи рілля від природних кормових угідь. Для попередження потрави худобою польових культур на ріллі її огороджують колючими чагарниками та деревами 3-ї величини: шипшиною, глодом і лохом;

5. *Насадження на незручних землях.* Всі ділянки землі, які непридатні для сільськогосподарського використання, повинні бути

залісненими. Ліс – це легені планети. Його рекреаційна роль загальновідома. Чим більше лісу, тим повітря здоровіше і чистіше, більш насичене киснем, очищене від пилу.

В лісомеліоративні насадження доцільно включати їстівні і лікарські породи дерев та чагарників: горіхоплідних (грецький горіх, ліщину, фундук), плодово-ягідних (глід, обліпиху, шипшину, грушу, яблуню, золотисту та чорну смородину та ін.)

**Гідротехнічні споруди.** Метою гідротехнічних протиерозійних заходів є затримання, відведення і безпечне скидання надлишків стоку, а також меліорація ярів.

*Водозатримні гідротехнічні споруди можуть бути різних видів: водозатримні вали, вали-тераси, вали-лимани, вали-дороги, протиерозійні ставки. їх призначення – затримати якомога більше стоку.*

*Водозатримні вали* влаштовують на відстані не ближче трьох глибин яру від його вершини. Місткість цих валів розраховують на повне затримання стоку з урахуванням коефіцієнта стоку 10%-ї забезпеченості і величини водозбору. На кінцях валів влаштовують шпори, через які виходить надлишок стоку в екстремальних умовах. З часом ставочки перед валами замулюються і їх місткість зменшується. Тому за валами потрібно ретельно доглядати, очищати ставочки від замулення.

*Вали-тераси* споруджують на ріллі для повного затримання стоку 10 % забезпеченості. Звичайно на полі споруджують систему валів-терас. Для скидання екстремального стоку вали-тераси повинні мати напівзакритий вихід (водозлив) на залужені водотоки, якими надлишок стоку без небезпеки виникнення ерозії надходить до гідрографічної мережі.

Залежно від норми опадів вали-тераси бувають горизонтальними і похилими. Горизонтальні вали-тераси розраховані на повне затримання стоку, а похилі відводять його на задерновані водотоки. Перші застосовують в посушливих умовах, другі – в умовах нормального і особливо надмірного зволоження. Найдоцільніша відстань між валами-терасами 25–50 м.

Вали-тераси можуть бути з двома оброблюваними відкосами на схилах до 4°, з одним оброблюваним відкосом – на схилах понад 4°. Закладення оброблюваних відкосів 1:10, а необроблюваних (засіяних травами) – 1:2. Висота валів-терас 40–50 см. Система валів-терас розділяє великі водозбори на мережу маленьких елементарних водозборів і автоматично регулює стік, затримуючи і спрямовуючи його для вирощування сільськогосподарських культур, безпечно відводячи його в екстремальних умовах через задерновані водотоки.

В Україні застосовують два види валів-терас: наорні з закладенням укосів 1:10 і висотою 40–50 см, які влаштовують на ріллі, та бульдозерні (протиерозійні), які будують з попереднім зняттям гумусового шару ґрунту, засипленням і виположуванням промивин та ярів, насипанням тіла тераси з матеріалу підґрунтя і покриттям його гумусованим шаром ґрунту. Найчастіше їх влаштовують на природних кормових угіддях. Висота таких валів-терас може досягати 100 см, а закладення укосів повинне бути в межах від 1:8 до 1:10. Ділянки природних кормових угідь, меліоровані валами-терасами, використовують як сіножаті.

Прообразом валів-терас є вали з широкою основою, розроблені сподвижником В.В. Докучаєва, П.П. Тихобразовим ще у кінці XIX ст. Коли у США напочатку 1930-х рр. боротьбу з ерозією було оголошено політикою Конгресу, американські вчені запозичили ідею створення таких терас, розроблених на Новосільській яружно-балковій станції в Орловській обл. (Росія). Протягом 20 років вони їх "технологічно доробляли", після чого почали масово впроваджувати в практику. В США ці тераси отримали назву "гребеневі тераси".

У 1970 р. у США гребневими терасами було охоплено в різних штатах 30-50 % ріллі, протяжність терас у сумі досягла 4,5 млн. км погонної довжини.

Вали-тераси – цілком ефективний і перспективний спосіб боротьби з водною ерозією, але його застосування вимагає високого рівня культури

землеробства. Тому в тих господарствах, що досягли цього рівня, вали-тераси можна з успіхом застосовувати. При низькому рівні культури землеробства будівництво валів-терас може виявитись даремною тратою засобів і часу.

*Вали-лимани* та *вали-дороги* служать водозатримними гідротехнічними спорудами на межі полів сівозміни. Під час весняного сніготанення і випадання злив вони затримують стік, утворюючи тимчасові ставочки – мілководні лимани. Вода в них затримується на 3–4 доби. За цей час відбувається вологонасичення ґрунту, після чого надлишок вологи випускається через водовипуск. Вологонасичення підвищує урожайність культур в середньому на 50 %.

Вали-лимани будують у місцях перетину межі поля улоговинами та протяжинами. Найефективніше їх можна застосовувати для мілколиманного зрошення при поздовжніх уклонах улоговин і протяжин до 1°. За наявності крутіших схилів зрошувальне значення валів-лиманів знижується, а протиерозійне – зростає. В останньому випадку улоговини і протяжини швидко замулюються, перетворюючись на кольматаційну терасу з високим рівнем родючості.

Вали-дороги мають таке ж призначення, як і вали-лимани. їх обладнують на рівних схилах крутістю до 0,5°. Дорогу по валу піднімають над поверхнею поля. Перед валом-дорогою концентрується стік, утворюючи тимчасовий ставок шириною 100 м і більше. Після вологонасичення надлишок води випускають через водовипуски. Вали-дороги слід розміщувати строго по горизонталях. У деяких господарствах Полтавської області обладнані мілководні лимани при валах-дорогах, які охоплюють 25 % і більше площі поля.

Протиерозійні ставки споруджують у верхів'ях балок та їх відвершків для зарегулювання стоку талих і зливових вод. Вони мають невелику площу водозбору, тому їх греблі нерідко будують глухими, без водотоків. При великих водозборах обов'язково треба будувати водоскиди. Протиерозійні ставки кольматують дрібнозем, що змивається з полів, тому вони швидко

замулюються і втрачають місткість. Періодично ставки слід осушувати, а мул вивозити на поля, особливо на середньо- та сильнозмиті ґрунти (землювання).

Доцільно, як це роблять у США, землю для спорудження греблі брати з дна майбутньої водойми. Це підвищує міцність ставу і не спотворює його берегів.

**Донні та вершинні водоскидні споруди.** Для боротьби з яружною ерозією, подальшим розширенням і поглибленням ярів, які не можна виположити або засипати, створюють загати – споруди для скріплення дна і укосів діючого яру, а також головні яружні споруди.

За характером матеріалу, з якого споруджують загати, виділяють тинові, фашинні, дерев'яні, кам'яні, бетонні та залізобетонні. Вибір матеріалу залежить від таких чинників:

1. Характеру ерозійних процесів;
2. Величини та інтенсивності рідкого і твердого стоків;
3. Розміру уклону і закладання укосів яру;
4. Господарського використання території;
5. Цінності об'єктів, розміщених у прилеглий до яру зоні, де розтікаються наноси.

Найпростішими і найдешевшими є *тинові загати*. Їх споруджують з верболозу заввишки 0,5–1 м для ярів з невеликими уклонами і водозбірними площами. Обладнання загати починають з риття впоперек стоку траншеї на дні яру завширшки 0,2–1 м, завглибшки не менше 0,5 м. Траншею копають не тільки впоперек самого дна, а й трохи вище на укосах, з тим, щоб верхня відмітка траншеї була на 0,5–1 м вище рівня води. У центрі майбутньої загати обладнують водобійний майданчик. Сама загата споруджується з кілків діаметром 7–8 см і висотою 0,5 м, які забивають всередині траншеї таким чином, щоб у центрі утворився прогин і у вертикальній, і в горизонтальній площинах із спрямуванням опуклої частини назустріч стоковим водам. Кілки ретельно обплітають хмизом, який зверху ретельно

закріплюють м'яким дротом. Потім канаву ретельно засипають ґрунтовою масою і втрамбовують. З боку руху води насипанням та ущільненням ґрунту формують укіс (1:2), який зверху покривають дерном.

*Фашинні загати* споруджують за тією ж технологією, що й тинові, але вони відрізняються більшою висотою паль (0,7–0,8 м), між якими щільно вкладають фашини.

*Загати з дерева* відрізняються тим, що до паль прибивають дошки або дерев'яні пластини. Всі дерев'яні частини цих споруд, а також захисні дерев'яні стінки водобійних майданчиків необхідно просмолити. Оптимальна висота дерев'яних загат 1–1,2 м.

*Загати підвищеної міцності* (кам'яні, бетонні та залізобетонні) споруджують у тих випадках, коли потрібно захистити найцінніші угіддя, дороги, житлові та господарські споруди або якщо біля вершин чи відвершків ярів вже побудовані головні яружні споруди. Загати зазначеного типу складаються з фундаменту, вертикальної стінки, водобійного майданчика, захисних бокових стінок (крил) та земляного насипу. Висота цих споруд може сягати 1,5–2,0 м, а глибина закладання фундаменту – 0,75–1 м.

На них споруджують також водозливи прямокутніко-подібної форми з розмірами, розрахованими на пропуск максимальних витрат води.

Будівництво залізобетонних загат достатньо дороге, але воно не виключає і поєднання з дешевшими різновидами цих споруд. Особливо доцільне таке поєднання на найвідповідальніших ділянках русел.

*Вершинні водоскидні споруди* дуже дорогі, їх споруджують для скорочення росту ярів лише тоді, коли інші протиерозійні заходи не забезпечують захисту цінних земель, а також доріг, населених пунктів від занесення та руйнування. Їх найчастіше споруджують на тих ярах, де на шляху води трапляється різке зниження за рельєфом, а також де відбувається вторинне заглиблення дна ярів, коли потрібно скинути воду на дно яру, балки чи безпосередньо у річку. Головні яружні споруди, як ще називають ці

водоскидні споруди, створюють при витратах води, що переважно не перевищують  $10 \text{ м}^3/\text{с}$ .

За конструктивними особливостями серед цих споруд виділяють лотки-швидкотоки, східчасті та трубчасті перепади, консолі, шахтні водоскиди, швидкотоки вантової конструкції. Вибір різновиду гідротехнічної бетонної чи залізобетонної споруди залежить від таких показників: базису врізання ярів; крутості та довжини укосів; складу та властивостей ґрунтотвірних та підстеляючих порід; особливостей поверхневого стоку; господарського використання ярів і території, що до них прилягає; економічних і будівельних можливостей.

Для з'ясування усіх необхідних параметрів створюваних споруд проводять гідрологічні, гідравлічні та будівельні розрахунки.

*Швидкотоки-перепади* (або *лотки-швидкотоки*) забезпечують переведення води з одного більш високого рівня на інший, нижчий. Найкраще їх будувати із залізобетонних збірних конструкцій.

*Швидкотік* складається з водонапрямних валів, понура, лотка, рисберми, у кінці якої обладнується замок (глиняний або кам'яний).

*Водонапрямні вали* мають підводити усю зібрану воду до понура, не допускаючи її переливання через вали або повз стінки понура. Останній являє собою вхідну частину водоскиду, яка захищає від розмиву ділянку, що розташована перед спорудою, завдяки зменшенню напору та подовженню шляху підземного фільтраційного потоку.

*Водобій* виконує функції приймання удару потоку води та гасіння напору фільтраційних вод, що забезпечується завдяки водонепроникності цієї частини споруди.

*Рисберма* – частина споруди, що сприяє подальшому зменшенню руйнівної енергії потоку і його плавному виведенню в кінці водобою, а також виведенню фільтраційних вод на поверхню. З цією метою спереду рисберми створюють зворотний кількашаровий фільтр.

*Лоток* – це канал прямокутної, параболічної чи трапецієподібної форми з уклоном від 10 до 30 %, що гарантує безпечне відведення води до водобою. Частина води при проходженні через основу споруди просочується під лоток, тому під ним через кожні 10–15 м впоперек укладають труби з отворами, які приєднують до трубопроводу колектора, що розташовують зовні лотка. Швидкість води в лотку має не перевищувати припустиму, її знижують створенням штучної шорсткості за допомогою зубів, шашок, брусків.

*Східчасті перепади* створюють для скидання води на положистих, видовжених схилах ярів. Залежно від довжини схилів перепади бувають багато- або одно-двохсхідчастими. Швидкість води гаситься при переливанні з верхньої східці на нижню. За висотою скидання води до 2–3 м застосовують односхідцеві, а за більшою – багатосхідцеві перепади. Елементами конструкції цих споруд є водонапрямні вали, понур, східці та рисберма. Східці, у свою чергу, складаються з водобійного колодязя, водозливної та бічних стінок. Параметри отвору розраховують подібно параметрам отвору швидкотока.

*Консолі* – споруди, що дозволяють скидати воду у глибокі яри. За конструкцією дуже схожі на швидкотік своїми вхідною і водоскидною системами. Відрізняються тим, що в кінці замість водобійного колодязя обладнують різкий зріз, з якого вода падає на дно яру. У місці падіння потоку утворюється воронка розмиву. Ця воронка розширюється і поглиблюється до того часу, доки на її дні не встановиться нерозмивна швидкість води та уклон рівноваги. Тому консольні перепади обладнують на місцях з близьким заляганням скельних порід.

*Трубчастий перепад* будують для доповнення водоскидних споруд, у разі якщо є необхідність перетнути дорогу або вулицю. Він також складається з водонапрямних валів, понура, оголовка, трубопроводу, водобою та рисберми. Трубопровід може мати безнапірний, напівнапірний та напірний режими роботи.



*Меліорація заяружених земель.* Яри – рани землі, нанесені ерозією. Тривалий час людина була безсилою проти них. У наш час є і науковий потенціал, і енергооснащеність, які дозволяють подолати це зло. З'явився навіть спеціальний термін "ремонт земель". Він стосується меліорації ярів. Існує три способи такої меліорації: виположування, засипання і загальне планування (вирівнювання) заяружених земель.

*Засипання* застосовують тоді, коли яр врізається в поле сівозміни. Проводити виположування за таких умов дуже незручно, тому що утворюється протяжина на місці яру, що ускладнює польові роботи. Засипання яру здійснюють ґрунтом, завезеним зі сторони. Попередньо слід відвести стік від вершини яру гідротехнічною спорудою, а потім положисто зрізати вершину яру, щоб він став прохідним для тракторів. У місці резерву ґрунту (пагорб на ріллі або на пасовищі) знімають гумусований шар ґрунту, вивозять і складають на дно яру. З одного кінця яру агрегат заходить, з іншого – виходить, утрамбовуючи ґрунт на своєму шляху. Яр засипають до брівки і, крім того, дають надлишок ґрунту до осідання. Отже, яр повністю зникає, поле набуває свого початкового рельєфу. Місце виїмки ґрунту для засипання яру розрівнюється і покривається гумусованим шаром ґрунту.

*Загальне планування заяружених земель* застосовується у тому випадку, коли на схилових землях вже утворилась густа мережа ярів на відстані 20–100 м один від одного і завглибшки до 30–50 м і більше. Така ситуація найчастіше трапляється на корінних берегах рік. У цьому випадку на всьому меліорованому масиві бульдозерами знімають гумусований шар ґрунту і складають його в кавальєри на межах масиву. Потім в берегах ярів пробурюють свердловини, в які закладають вибухівку і підривають. Рекомендують засипати в свердловини амонійну селітру, поливати її соляркою, вставляти детонатори і підривати. Після вибухових робіт бульдозерами проводять загальне планування заяруженого масиву. За наявності дуже глибоких ярів дають резерв ґрунту і час на осідання, після чого територію покривають гумусованим шаром і засівають на 2–3 роки

багаторічними травами (меліоративний період). На меліорованому масиві можна закладати сади, виноградники та інші угіддя, їх організація повинна не допустити повторного відновлення ярів. Для цього застосовують відповідні вали і канави, протиерозійні (бульдозерні) вали-тераси, східчасті тераси.

*Східчасті вали-тераси* споруджують на схилах понад  $8^\circ$ . У районах з недостатнім і нестійким зволоженням повотно тераси влаштовують із зворотним схилом в  $1-2^\circ$ , що дозволяє затримати весь стік. У районах надмірного зволоження тераса мусить мати прямий уклон в  $1-2^\circ$ . Це дозволяє розосередити надлишок стоку на знижених ділянках полотна терас.

Східчасті тераси використовують під сади, виноградники, лісові насадження. Будують їх спеціальною технікою після попередніх пошукових досліджень і складання проекту.

*Агротераси* застосовують як спосіб самотерасування схилів, особливо в районах надмірного зволоження. Суть способу полягає в тому, що через певні відстані (25–50 м) впоперек схилу висівають в один прохід сівалки багаторічні трави і створюють постійні смуги залуження. Під час сніготанення або випадання злив на цих смугах відбувається кольматація дрібнозему, а перед ними — намівання ґрунту. З роками тут утворюється агротераса зі значним перепадом висот.

Агротерасування особливо ефективно в садах, коли ряди дерев розташовують поперек схилу. У зв'язку з цим в рядах дерев створюється залужена смуга, яка кольматує твердий стік: з часом у кожному ряду утворюється агротераса.

Розроблено прискорений метод створення агротерас наорюванням плугом, коли полиця весь час відкидає скибу вниз по схилу. Таким чином виникають "наорні сучасні тераси".

***Боротьба з селевими потоками.*** Для боротьби з селями створюється стійкий до селеутворення водозбір. Схили водозбору терасують, заліснюють,

залужують травами. По руслах селевих потоків встановлюють решітчасті перепони, що зупиняють валуни, крупні камені, але пропускають рідкий стік.

У місцях розташування населених пунктів і важливих споруд, що потребують надійного захисту від селів, влаштовують приселеві греблі. Сучасна техніка дозволяє це зробити. Перед протиселевою греблею утворюється високогірне озеро, що гасить селевий потік. Висота греблі і місткість водосховища перед нею повинні забезпечити повне затримання стоку найвищої небезпечності.

***Протиерозійне землевпорядкування.*** Протиерозійне землевпорядкування належить до групи організаційно-господарських заходів. Організація території передбачає ерозійно безпечне нарізування полів сівозмін, доріг, лісосмуг та інших об'єктів. На місцевості формується мережа рубежів, що захищають ґрунт від ерозії і водночас служать напрямними лініями обробітку ґрунту. Вони впливають на створення штучних водозборів і можуть значно підсилювати інтенсивність ерозії у випадку неправильного їх розміщення. Тому рубежі на місцевості потрібно розташовувати таким чином, щоб сприяти максимальному затриманню вологи перед ними і забезпечувати профілактику водної ерозії. Для цього потрібно, щоб всі рубежі на місцевості вписувалися у рельєф, тобто проходили по горизонталях або мали допустимі відхилення від них.

### 1.3. ВІТРОВА ЕРОЗІЯ І ПРОТИДЕФЛЯЦІЙНІ ЗАХОДИ

Ерозія ґрунту вітрова (дефляція) – втрата ґрунтової маси поверхневим шаром освоєних варіантів ґрунту через видування під дією вітру. Відбувається спорадично переважно під час пилових бур. Спостерігається на недостатньо захищених або зовсім незахищених рослинністю землях, при відсутності належного задерніння поверхні ґрунту. Поширена в степовій, пустельно-степовій і пустельній зонах.

У відкритих степових ландшафтах щорічно внаслідок вітрової ерозії пошкоджується 5–6 млн. га родючих земель. Найбільшої шкоди завдає легким ґрунтам та розпиленим за інтенсивного обробітку. За інтенсивністю, тривалістю і формою дії на ґрунт розрізняють місцеву (повсякденну) ерозію, зимове видування та пилові бурі.

1. Місцева вітрова ерозія малопомітна і виникає вже за швидкості вітру 5 м/с, але досить шкідлива за постійної дії, особливо на вітроударних схилах без рослинного покриву.

2. Зимове видування разом спричиняється сильними зимовими вітрами над слабо вкритою снігом поверхнею недостатньо зволоженого ґрунту на зораних під зиму чи засіяних озимими культурами полях. Посіви останніх при цьому можуть значно пошкоджуватись.

3. Пилові бурі – найбільш активна і шкідлива форма вітрової ерозії. Виникає у степовій та частково лісостеповій зонах за швидкості вітру понад 12–15 м/с.

До інших мало поширених видів належать пасовищна, технічна (гірничопромислова і техногенна) та лісотехнічна.

Фактори та наслідки розвитку ерозії, райони поширення. Причинами прискореної ерозії є:

1. Безконтрольне вирубування лісу. Ліс найефективніше захищає ґрунт від ерозії, оскільки коренева система дерев утворює тонке сплетіння, яке, обплітаючи ґрунт, дає йому змогу утримувати талу і дощову воду.

2. Розорення луків. Трав'янисті рослини мають добре розвинену кореневу систему, яка на поверхні ґрунту утворює дернину, що виконує ґрунтозахисні функції.

3. Перевипасання худоби небезпечно тим, що: рослинний покрив значно зменшується, тому що рослини знищуються швидше, ніж завершується нормальний цикл відновлення пасовища, худоба під час випасання вибиває ґрунт кінцівками, внаслідок чого порушується його структура.

4. Неправильне ведення землеробства: відсутність сівозміни, неправильне розорювання схилів (поздовжнє розорювання схилів, навіть невисоких, яке спричинює змивання частинок ґрунту)

Ерозія ґрунту – процес незворотній, все, що винесено з ґрунту водою чи вітром, назавжди втрачено для землеробства. Загальна площа еродованих та ерозійно небезпечних земель в Україні становить понад 17 млн га. Часто виявляються різні типи ерозії одночасно.

Водна ерозія набула поширення на зрошуваних землях у вигляді площинного змиву та намиву ґрунту, розмиву поливних борозен. Найбільша площа змитих ґрунтів припадає на Луганську, Вінницьку, Дніпропетровську, Одеську області, де цей показник сягає 53–66 % від загальної площі ріллі. Крім того, що зменшується родючість ґрунтів, водною ерозією завдається шкоди сінокосам і пасовиськам, замулюються річки, псується гідротехнічні споруди.

Для попередження вітрової ерозії існує чотири групи заходів: підвищення структурності поверхневого шару ґрунту, підвищення шорсткості поверхні ґрунту (агротехнічні заходи), зменшення швидкості вітру в приземному шарі атмосфери та підвищення вологості у цьому шарі. Найефективніше ці заходи "спрацьовують" у комплексі.

**Підвищення структурності поверхневого шару ґрунту** досягається декількома шляхами. Якщо в поверхневому шарі ґрунту міститься понад 50 % структурних окремоостей розміром більше 1 мм, пилова буря

розвиватися не буде. Втрата структурності, розпилення поверхневого шару ґрунту призводять до зростання руйнівної сили вітру. Підвищити структурність поверхневого шару ґрунту можна лише заходами для відтворення родючості.

Під час вирощування високорентабельних культур подекуди застосовують штучні оструктурювачі – нерозин, різні латекси. Це дорогий спосіб.

**Підвищення шорсткості поверхні ґрунту** досягається ґрунтозахисною системою його обробітку і залишенням на поверхні стерні, соломи та інших пожнивних решток. Будь-який обробіток ґрунту впоперек вітру, який спричинює пилову бурю, утворює систему гребенів і борозен, що гальмують повітряний потік і біля самої землі обумовлюють штиль з нульовою швидкістю руху повітря. Повітряний потік проноситься над цим штилевим шаром повітря, не спричинюючи пошкоджень ґрунту. При подальшому зростанні швидкості вітру починається стрибкоподібне підняття частинок ґрунту та бомбардування ними вершин гребенів. Останні також починають еродувати і посилювати пиловий потік. Поверхня ґрунту вирівнюється, і інтенсивність вітрової ерозії різко зростає. Тому не слід допускати такої швидкості вітру, при якій починається стрибкоподібне підняття частинок ґрунту. Це досягається, наприклад, мульчуванням ґрунту стернею та іншими пожнивними рештками. Стояча стерня, інші пожнивні рештки знижують швидкість вітру в приземному шарі повітря. Досить мати на квадратному метрі 180 стернинок, щоб повністю попередити розвиток вітрової ерозії.

Для залишення на полі стоячої стерні взимку проводять плоскорізний обробіток ґрунту. Він також сприяє снігозатриманню.

В природних зонах України немає можливості тримати стерню до зими. Між збиранням зернових і настанням холодів триває період 3–3,5 міс. Поля із стоячею стернею встигають зарости бур'янами. Щоб цього не допустити, проводять культивуацію площ для боротьби зі сходами бур'янів і

падалиці. Стерня при цьому частково загортається в ґрунт або лежить на поверхні. Лежача і частково загорнута у ґрунт стерня також попереджає розвиток вітрової ерозії. Система ґрунтозахисного обробітку, при якій солома та інші пожнивні рештки частково загортаються в ґрунт і застилають його поверхню, є ефективною проти ерозії взагалі. Це особливо важливо для регіонів спільного прояву вітрової і водної ерозії, якими є значна частина території України.

**Зменшення швидкості вітру в приземному шарі атмосфери** досягається двома шляхами: мульчуванням поверхні ґрунту стернею та іншими пожнивними рештками і системою полезахисних лісосмуг. Слід зазначити, що в південному районі степової зони України за певних умов система плоскорізного обробітку ґрунту більш ефективна, ніж система полезахисних лісосмуг. При полицевому обробітку ґрунту між лісосмугами останні під час пилових бур до верху засипались дрібноземом. При обробітку міжсмугових полів плоскорізами лісосмуги не були занесені дрібноземом. Але вітрова ерозія припинялась на полях і за відсутності полезахисних лісосмуг, якщо ці поля були оброблені плоскорізами. Досвід показав, що найефективніше протидіяли пиловим бурям лісосмуги у поєднанні з плоскорізним обробітком ґрунту. Прирости врожаю становили 5–6 ц/га.

**Підвищення вологості повітря в приземному шарі**, а значить зменшення її дефіциту, сприяє припиненню вітрової ерозії за цією ж швидкістю вітру. Це явище було помічене під час пилової бурі 1960 р. на Донбасі. В одному з господарств, не зважаючи на пилову бурю, проводили культивування зябу. Було помічено, що там, де пройшов культиватор, пилова буря припинилась. Вітер зберігав попередню швидкість, проте пилу вже не ніс. Під час культивування в момент пилової бурі на поверхню виноситься ґрунт, відбувається інтенсивне випаровування вологи, різко зменшується її дефіцит в приземному шарі атмосфери і пилова буря припиняється. Тому існує такий захід: якщо пилова буря вже почалася і ніяких засобів її припинення не існує, рекомендується проводити культивування дефльованого

поля впоперек вітру. Це можна робити паровим культиватором, дисковими знаряддями або навіть важкими дисковими боронами.

**Протидефляційне землевпорядкування.** У районах інтенсивного прояву пилових бур організацію території господарств слід підпорядковувати заходам боротьби з ними. Рубежі (напрямні лінії обробітку ґрунту) розташовують впоперек вітрів, що спричиняють пилові бурі. Поля сівозмін нарізають довгою стороною впоперек цих вітрів. На межах полів сівозмін створюють полезахисні лісосмуги. Всі агротехнічні заходи також проводять впоперек пануючих вітрів. На вітроударних схилах поля сівозміни роблять вужчими, а полезахисні смуги – частішими.



#### **1.4. АГРОФІЗИЧНА ДЕГРАДАЦІЯ ҐРУНТІВ ТА ПОКАЗНИКИ ЇЇ ПРОЯВУ – ЩІЛЬНІСТЬ ҐРУНТУ, ВМІСТ АГРОНОМІЧНО ЦІННИХ ВОДОСТІЙКИХ АГРЕГАТІВ**

Втрати гумусу супроводжуються погіршенням агрофізичних властивостей ґрунтів. Так погіршення показників орних земель, що тривалий час не удобрювались, порівняно з цілиною було таким: на 4–11 % маси ґрунту зросла брилистість, на 3–6 % – розпорошеність, на 10–18 % знизився вміст агрономічно цінних агрегатів (розмір 10–0,25 мм), на 15–19 % – водотривкість ґрунтової структури, на 16–26 % — механічна міцність, на 2–4 % – пористість агрегатів розміром від 5 до 0,25 мм при середніх значеннях цих показників на цілині 8, 15, 17, 55, 90, 42 % відповідно. Водопроникність ґрунтів в максимально розпушеному стані становить 120–142 мм/год, а при рівноважній щільності — 55 мм/год. Зміна структурного стану, погіршення водно-фізичних властивостей обумовлюють підсилення процесів водної ерозії, дефляції, зниження потенціальної і ефективної родючості ґрунту.

Агрофізична деградація призвела до зменшення глибини коренемісткого шару, зниження польової вологоємності, діапазону активної вологи, її доступності рослинам, а також зменшила рухомість елементів живлення. Погіршилась якість обробітку ґрунту і збільшились затрати на його проведення.

Істотним чинником змін в агроєкосистемі є застосування сільськогосподарських машин. Сучасні трактори, автомобілі та сільськогосподарські машини активно взаємодіють з ґрунтом, атмосферою і рослинами, в багатьох випадках це спричиняє порушення ходу природних процесів в агро ландшафті.

Такі агротехнічні заходи, як луцення стерні, основний обробіток ґрунту, вирівнювання поверхні, культивація, боронування, сівба, догляд за посівами виконуються за існуючими технологіями окремо, а багато з них і неодноразово. Тому в період польових робіт поверхня поля покривається

ущільненими смугами, сумарна поверхня яких значно перевищує площу поля. Так, при вирощуванні озимої пшениці площа ущільнення 1 га (без урахування збирально-транспортних операцій) досягає в середньому 22–26 тис. м<sup>2</sup>, кукурудзи – 18–30, цукрового буряка – 30–32 тис. м<sup>2</sup>. Трактори всіх марок ущільнюють ґрунт на глибину 50–60 см і глибше, а сліди колії колісного трактора Т-150 К видно протягом всього періоду вегетації. Ущільнений чорнозем цілком втрачає міжагрегатні пори. Ґрунтові агрегати деформуються, витягуються у горизонтальному напрямку, збільшуючи свою щільність. Це призводить до зниження водо- повітро- та корене-проникності ґрунту.

За наявності ущільнення тракторами у ґрунті змінюється співвідношення між твердою і газоподібною фазами. Найбільше змінюється щільність орного шару, її максимальні значення досягають 1,35–1,45 г/см<sup>3</sup> після 4–7 проходів, тоді як верхня межа оптимальної щільності для більшості культур становить 1,3–1,4 г/см<sup>3</sup>. Зміна щільності істотно впливає на загальну пористість та повітряну місткість ґрунту. Вже після першого проходу трактора ґрунт у колії з пухкого стану переходить у щільний, а після чотирьох наближається до дуже щільного. Після 7–10 проходів вміст повітря спадає до рівня нижче критичного, який становить 15 % об'єму ґрунту.

Значно більшою мірою, ніж щільність та пористість, змінювалась твердість ґрунту. Після 10 проходів трактора Т-150 К вона зростає до 2,3–3,5 МПа, тобто на 300–800 % порівняно з неущільненим ґрунтом. Водопроникність ґрунту після проходів різних типів тракторів зменшилась до 10–15 мм/год, що в 1,3–1,9 рази менше, ніж на контролі з колісним трактором Т-16М.

Внаслідок неодноразових проходів тракторів на полі утворюються колії глибиною 3–8 см. Вони погіршують нанорельєф поля, збільшують поверхню випаровування, підсилюють строкатість властивостей та режимів, ускладнюють проведення польових робіт. Збільшення кількості проходів і

маси тракторів погіршує здатність ґрунту до зерніння і підвищує затрати енергії на обробіток.

На Ерастівській дослідній станції встановлено, що під дією ходових систем тракторів на чорноземі звичайному щільність ґрунту по сліду трактора досягла 1,5–1,6 г/см<sup>3</sup>, брилистість зросла у 1,5 рази, коефіцієнт структурності зменшився з 1,7 до 0,5. Ущільнення ґрунту не дозволяло якісно виконати передпосівний обробіток, забезпечити рівномірну глибину заробки насіння, призвело до нерівномірного розподілу рослин у рядках. На ділянках, де щільність орного шару перевищувала 1,4 г/см<sup>3</sup>, навіть при забезпеченні оптимальної густоти рослин урожайність кукурудзи знижувалась на 5–12 %.

У інших дослідях після проходу колісних тракторів МТЗ-82, Т-150 К, К-701 щільність орного шару збільшувалась на 0,15; 0,22 і 0,23 г/см<sup>3</sup> підорного — на 0,06; 0,13 і 0,14 г/см<sup>3</sup>, що спричинило зниження врожайності картоплі на 18,2 та 31 % порівняно з ділянкою без ущільнення.

У колії тракторів постерігається роздавнення поверхневих і внутрішньо-ґрунтових організмів, що обумовлює порушення екологічної рівноваги в агроценозі. Підвищене машинне навантаження істотно впливає на біологічні властивості ґрунту. Накопичення амінокислот зменшилось від 238 до 185–10<sup>-6</sup> мг/кг ґрунту, біологічна токсичність ґрунту досягла 58 %. Змінилась структура комплексу мікроміцетів, у складі грибової мікрофлори переважали представники родів *Penicillium* і *Aspergillus*, серед яких від 50 до 70 % токсичних форм. Вміст представників корисного виду *Mortierella alpina* знизився у 6 разів.

Особливо значні порушення властиві заплавним ґрунтам. Пористість верхнього 50-см шару дерново-лучного ґрунту при 5–8 проходах тракторів типу К-701 знижується на 46–50 %, щільність зростає на 38–47 %, що спричиняє зменшення коефіцієнта фільтрації у 100–10000 разів; об'ємна теплоємність ґрунту збільшується на 40–50 %; біопродуктивність знижується на 15–45 %.

Встановлено, що при щільності ґрунту 1,35–1,40 г/см<sup>3</sup> формується спотворена коренева система (з деформаціями, викривленнями, ниткоподібністю, невеликим об'ємом та масою), знижуються швидкість росту, глибина проникнення коренів, що призводить до зменшення врожаїв сільськогосподарських культур.

Навіть за наявності інтенсивної технології вирощування пшениці озимої з постійною технологічною колією, коли залишаються незасіяними всього 7,2 % площі поля, недобір зерна через ущільнення ґрунту при урожайності 50–60 ц/га становить 5–6 ц. Значніші втрати продукції мають місце тоді, коли застосовуються традиційні технології вирощування культур з багаторазовими проходами машино-тракторних агрегатів по полю.

Згідно прогнозу ущільнення ґрунтів на найближчі 10 років, середній ступінь ущільнення буде проявлятися на 50 % ріллі. Отже, тільки через переущільнення ґрунту можна недоотримати значну кількість сільськогосподарської продукції.

Профілактика агрофізичної деградації ґрунтів охоплює комплекс меліорацій, що передбачає характер обробітку ґрунтів і підвищення їх родючості, насамперед — відтворення гумусу, адже саме він забезпечує поліпшення агрофізичних властивостей ґрунту. В ІГА УААН та в інших дослідних установах розроблено заходи для недопущення переущільнення ґрунтів.

Численними дослідженнями в різних ґрунтових зонах України було встановлено оптимальні параметри агрофізичних властивостей ґрунтів під час вирощування різних сільськогосподарських культур. Насамперед на увагу заслуговує щільність ґрунту, що є інтегральним показником його фізичного стану (табл. 1.1).

**Оптимальні значення щільності ґрунту для зернових культур**

Зона	Ґрунт	Культура	Інтервал щільності, г/см <sup>3</sup>
Полісся	Дерново-підзолистий середньо-суглинковий	Зернові колосові	1,1–1,4
		Кукурудза	1,1–1,2
	Дерново-підзолистий легко-суглинковий та супіщаний	Зернові колосові	1,25–1,35
		Кукурудза	1,1–1,3
Лісостеп	Сірий лісовий важко- і середньосуглинковий	Зернові колосові	1,05–1,3
		Кукурудза	1,0–1,3
	Сірий лісовий легко суглинковий	Зернові колосові	1,1–1,3
	Чорнозем типовий і опідзолений легкосуглинковий	Зернові колосові	1,1–1,3
		Кукурудза	1,0–1,25
		Гречка	1,2–1,3
		Просо	1,2–1,4
	Горох	1,12–1,35	
Степ і Сухий Степ	Чорнозем звичайний і південний, темно-каштановий ґрунт	Зернові колосові	1,0–1,3
		Кукурудза	1,1–1,3

За даними Інституту землеробства УААН, для більшості зернових культур на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся оптимальні умови для росту і розвитку виявляються в діапазоні щільності 1,1–1,4 г/см<sup>3</sup>. У лісостеповій зоні на сірих лісових ґрунтах, чорноземах опідзолених і типових залежно від

гранулометричного складу оптимальна щільність становить 1,0–1,4 г/см<sup>3</sup>. У степовій зоні на чорноземах звичайних і південних, темно-каштанових ґрунтах оптимальна щільність становить 1,1–1,3 г/см<sup>3</sup>. Наведені у таблиці інтервали щільності не є константами. Вони змінюються у часі і насамперед залежно від вологості ґрунту. При підвищеній вологості оптимум змінюється до нижчих значень, за умов недостатнього зволоження – до вищих.

В ІГА УААН під керівництвом В. В. Медведєва розроблено діагностичні критерії оцінки рівнів окультуреності чорноземів за агрофізичними та морфологічними показниками, які слід використовувати при вирішенні питань контролю та керування їх фізичним станом. У виробничих умовах рекомендується враховувати насамперед структуру, щільність і водопроникність ґрунту.

На основі багаторічних досліджень в ІГА УААН було розроблено модель кореневмісного шару чорнозему типового для вирощування зернових. У цій моделі є два рівні оптимізації – без диференціації структурного складу і щільності по глибині оброблюваного шару ґрунту та з диференціацією. У першому варіанті ставиться завдання добитися середнього та доброго стану в шарі ґрунту, що піддається обробітку існуючими знаряддями. У другому варіанті отримання максимальної врожайності зернових досягається завдяки високій віддачі від мінеральних добрив.

Другий варіант моделі може бути здійснений лише за допомогою принципово нових комбінованих ґрунтообробних і посівних машин.

Основні заходи профілактики та боротьби з переущільненням ґрунтів.

1. Мінімізація обробітку ґрунту, зменшення глибини розпушування, збільшення ширини захвату агрегатів і швидкості виконання операцій, застосування комбінованих агрегатів, відмова від полицевої оранки, при можливості – і від щорічного обробітку ґрунту.

2. Виконання агротехнічних заходів для вирощування сільськогосподарських культур в оптимальні строки та при фізичній стиглості ґрунту.

3. Обмеження застосування на польових роботах важких колісних тракторів К-700А, Т-150К, К-701, переважне використання гусеничних тракторів, особливо на важких, запливаючих та еродованих ґрунтах. Застосування колісних тракторів з широкими шинами (Джондір, США).

4. Мінімізація руху по полю навантажених самохідних шасі та автомобілів. Заправка агрегатів насінням, добривами, отрутохімікатами та паливно-мастильними матеріалами лише на краю поля або на дорогах.

5. Засвоєння механізаторами технологій маршрутизації руху. Використання постійної технологічної колії. Здвоювання та застосування розширювачів коліс тракторів.

6. Дотримання рекомендованого питомого опору ходових систем на ґрунт: 0,8–1,0 кг/см<sup>2</sup> – під час основного обробітку; 0,4–0,6 кг/см<sup>2</sup> – при посіві та міжрядних обробітках.

7. Руйнування підорної підшви, розпушування ґрунту на глибину 30–40 см чизелями, розпушувачами ПАРАПЛАУ, стійками СІБІМЕ та ПРН-31000, застосування щілювачів і кротувачів на еродованих та запливаючих ґрунтах.

8. Дотримання чергування культур у сівозмінах, регулярне внесення гною, компостів, соломи, інших органічних добрив. Мульчування поверхні ґрунту рослинними рештками.

Застосування комплексу перелічених заходів дозволить зупинити процеси агрофізичної деградації, зберегти оптимальні фізичні властивості кореневмісного шару, підвищити родючість ґрунтів і врожайність вирощуваних культур.

Відновлення та підвищення родючості ґрунтів засобами агротехніки отримало назву *агрономічної меліорації*. Її завдання – оптимізація всіх режимів ґрунту: поживного, водного, повітряного, теплового та фітосанітарного. Агрономічна меліорація охоплює заходи "сухого" землеробства, що базуються на обробітку ґрунту без обертання скиби, мульчуванні його стернею та іншими поживними рештками; застосування

напівпарового обробітку ґрунту, досходового та післясходового боронування для боротьби з бур'янами і профілактичні заходи, що зменшують ураженість посівів шкідниками та хворобами; заходи для розширеного відтворення родючості ґрунту: внесення органічних та мінеральних добрив, в тому числі залишення в полі нетоварної частини врожаю, посів сидеральних культур тощо.

Агрономічна меліорація створює високий рівень культури землеробства, сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур, поліпшує режим елементів живлення ґрунту, особливо фосфатний та калійний – вміст рухомих  $P_2O_5$  підвищується на 30–50 %. Проте азотний режим потребує пильної уваги. Перехід на безполицевий обробіток ґрунту зменшує розклад гумусу і вивільнення мінерального азоту. Тому норми азоту підвищують на 5–10 %, щоб компенсувати нестачу азоту, що виникає в холодні весни, коли знижується мікробіологічна діяльність щодо вивільнення мінерального азоту.

Водний режим під час агрономічної меліорації також покращується. Заходи сухого землеробства, особливо ґрунтозахисний безполицевий обробіток ґрунту з мульчуванням його стернею та іншими пожнивними рештками, сприяють снігозатриманню, зменшенню промерзання ґрунту з глибиною і втрат вологи через випаровування. Її річний вологонакопичувальний ефект становить 30–50 мм. Саме він і має вирішальне значення для гарантування врожайності культур під час ґрунтових та атмосферних посух.

Заходи щодо розширеного відтворення родючості сприяють утворенню у ґрунті рухомого гумусу, що забезпечує структуроутворення. Формується водотривка структура, яка поліпшує повітряний і водний режими ґрунту. Систематичне застосування безполицевого обробітку сприяє вертикальній орієнтації пор аерації, що на 30% підвищує водопроникність ґрунту, а його несучу здатність – у 10 разів.



Вертикальна орієнтація пор аерації поліпшує всі ґрунтові режими. Це пояснюється просто: корені рослин, наприклад пшениці озимої, тягнуться донизу за вологою та поживою. Коли корені відмирають та гуміфікуються, залишається міцна гумусована трубочка. Поставлена вертикально, ця трубочка витримує великі навантаження і підвищує несучу здатність ґрунту при проходженні по полю важких машин та знарядь.

При розширеному відтворенні родючості ґрунту процеси гуміфікації пригнічують всілякі інфекції, захворювання рослин кореневими гнилями та іншими хворобами. Тому внесення у ґрунт будь-якої органіки поліпшує фітосанітарний режим і зменшує захворюваність рослин.

Вплив агрономічних меліорацій на урожайність культур вивчався під час двох тривалих стаціонарних дослідів, що проводилися на чорноземі типовому та південному.

На Новоодеській держсортодільниці вже 30 років проводяться порівняльні випробування полицевого та безполицевого обробітку ґрунту. Висновок, згідно з цими дослідями, такий: чим далі відходить час обертання скиби, тим вищими є прирости врожаїв сільськогосподарських культур.

У 8-річному стаціонарному досліді на чорноземі типовому випробовувались чотири системи обробітку ґрунту, в тому числі три безполицеві. Найвищі прирости врожаю отримані на варіантах з безполицевим обробітком ґрунту на 10–12 см. Особливо зросли прирости врожаю після виходу ґрунту з шокового стану, що спричинюється обертанням скиби, тобто через 5 років після початку дослідів.

Мілкий безполицевий обробіток забезпечує високу врожайність усіх сільсько-господарських культур на чорноземних ґрунтах, що містять понад 4% гумусу. На менш гумусованих ґрунтах найкраще зарекомендував себе різноглибинний безполицевий обробіток ґрунту. Під просапні культури застосовується глибокий плоскорізний обробіток на 25–30 см, під зернові колосові культури — мілкий обробіток на 10-12 см, під озимі після пізньо-збираних попередніх культур – на 4–5 см.

Напівпаровий обробіток ґрунту застосовується для боротьби з бур'янами. Час, що залишається між збиранням попередніх культур і сівбою озимих, між збиранням ранніх зернових і настанням морозів, доцільно використати для провокування сходів бур'янів і знищення їх обробітком ґрунту. Бур'яни краще за все знищуються на стадії білих ниточок культивацією паровими культиваторами на глибину 4–5 см. Культивації слід повторювати через 14–18 діб залежно від вологості ґрунту і температури повітря.

Через 3–4 роки застосування напівпарового обробітку засміченість бур'янами полів знижується удвічі – втричі. З цього часу замість напівпарового обробітку краще висівати поукісні та сидеральні культури. Напівпаровий обробіток, як і паровий, обумовлює зростання втрати гумусу. При сівбі поукісних і сидеральних культур ця тенденція уповільнюється або цілком зникає. Чим менше ґрунт "гуляє" без рослин, тим менше він спрацьовується. У Швейцарії, наприклад, на зиму взагалі заборонено законом залишати поля без рослинного покриву.

Поукісні посіви висівають слідом за збиранням ранніх зернових сівалкою-культиватором СЗС-2,1, СЗС-2,1Л без попереднього обробітку, прямо в стерню. Можна також застосовувати сівалки прямої сівби типу "Грейнплейнз" (США). Як поукісні культури можуть використовуватися кормові суміші, кукурудза на зелений корм, ярий та озимий ріпак. При ранніх строках збирання зернових культур як пожнивні культури можна використовувати гречку і просо на зерно.

До відтворення родючості залучається нетоварна частина врожаю. Найдоцільніше для цієї мети використовувати соломку пшениці озимої, стебла соняшнику, кукурудзи, бадилля картоплі та овочевих культур. Тонна сухих пожнивних решток з додаванням 10 кг діючої речовини азоту еквівалентна 5 т напівперепрілого гною.

У разі залишення на полі соломи пшениці озимої комбайн працює з подрібнювачем, без копнувача; подрібнена солома повітряним потоком

розсівається по стерні. Відразу після проходу комбайна поле обробляють в один слід важкою дисковою бороною для перемішування соломи з ґрунтом.

При збиранні кукурудзи на зерно стебла подрібнюють комбайном і розсівають по стерні. Вони також перемішуються з верхнім шаром ґрунту. Стебла соняшника після збирання врожаю подрібнюють проходом у 1–2 сліди важкої дискової борони. Після цього проводиться глибокий плоскорізний обробіток ґрунту.

## **1.5. ДЕГУМІФІКАЦІЯ ҐРУНТІВ, ПРИЧИНИ ТА ЇЇ НАСЛІДКИ. ЗАХОДИ З ВІДНОВЛЕННЯ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ҐРУНТУ.**

**Поняття дегуміфікації та масштаби її розвитку.** Стійкість родючості ґрунту дуже залежить від динамічної рівноваги між процесами гуміфікації та мінералізації органічної речовини. При цілинному ґрунтоутворенні гуміфікація переважає над мінералізацією і відбувається поступове накопичення органічної речовини ґрунту, вміст якої за певних умов стабілізується.

З початком сільськогосподарського використання ґрунтів динамічна рівновага (гуміфікація ↔ мінералізація) зрушується у бік підсилення мінералізації, спостерігається зниження вмісту гумусу. Основними причинами даного явища є різке скорочення надходження рослинних решток у ґрунт, зміна їх якісного складу, підсилення мікробіологічної діяльності та перемішування поверхневого шару ґрунту з менш гумусованим нижчезалягаючим шаром. Крім того, у разі нестачі свіжої органічної речовини в ґрунті гетеротрофна мікрофлора для життєдіяльності починає використовувати гумус як джерело енергії, що обумовлює дегуміфікацію ґрунту.

Даний процес триває доти, доки не сформується мікробіологічний комплекс, який відповідає новим ґрунтовим умовам. Після цього між процесами гуміфікації і мінералізації знову настає динамічна рівновага, гумусний стан ґрунту стабілізується на новому, нижчому рівні. Зазначимо, що точний час, необхідний для стабілізації, не встановлено.

Найбільш різкі зміни щодо вмісту гумусу відбуваються в перші роки після розорювання цілини в орному шарі. У подальшому зменшення запасів гумусу стає помітним по всьому профілю. В чорноземах типових, опідзолених і вилугованих втрати гумусу після розорювання цілини дещо вищі, ніж у чорноземах звичайних і південних.

До розорювання чорноземів типових Лівобережного Лісостепу України в їх верхньому шарі містилось 10–11 % гумусу. Нині залишилась у кращому випадку половина, а нерідко лише його третина. Вміст гумусу у староорних ґрунтах дуже залежить від характеру їх використання. Інтенсивний полицевий обробіток, надмірне насичення сівозмін просапними культурами, ерозія, дефляція, надмірне зрошення, недостатнє внесення органіки – все це може обумовити істотне зниження вмісту гумусу.

За останні десятиріччя в багатьох країнах світу вміст і запаси гумусу в ґрунтах, що використовуються під рілля, зменшились на 15–25 %, а в деяких випадках – на 50 % від попереднього вмісту. Абсолютне зниження вмісту гумусу в ґрунті за 20–50 років його сільськогосподарського використання становило у середньому від 0,6 (дерново-підзолисті ґрунти) до 3,6 (чорноземи типові), тобто 18–36 % від початкового вмісту.

Значних розмірів досягли втрати гумусу в ґрунтах України. Дегуміфікацією охоплено 39 млн. га сільськогосподарських угідь.

В богарних умовах чорноземи типові західних областей лісостепової зони України за 100 років втратили 25, в умовах зрошення – до 60 % гумусу. В абсолютних величинах найбільших щорічних втрат (0,6–0,8 т/га) зазнали чорноземи типові.

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва підвищує втрати гумусу в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Середньорічні втрати його за останні 20 років (на кінець 80-х років) порівняно з темпами втрат за попередні 80 років зросли в лісостеповій зоні у 1,65 рази, степовій – 2,4, поліській зоні – 8,4 рази. Прискорення темпів втрат гумусу за останні 25–30 років пояснюється багатьма причинами:

- підсиленням мінералізації гумусу внаслідок підвищення інтенсивності обробітку ґрунту;
- необґрунтованим поглибленням орного шару;
- практично повним відчуженням з поля нетоварної частини врожаю;

- недостатнім надходженням у ґрунт поживних решток та органічних добрив;
- внесенням високих норм мінеральних добрив, незбалансованих за складом, і низьких норм органічних добрив;
- спалюванням стерні;
- підсиленням процесів водної ерозії та дефляції;
- зміною структури посівних площ у бік підвищення частки просапних культур.

Порівняно з 1930–1940 рр. на 40 % зменшилися площі, зайняті зерновими культурами, при одночасному збільшенні втричі технічних і у 10 разів кормових культур (в основному за рахунок зернової кукурудзи).

На кінець 80-х років в Україні 52 % ріллі займали зернові культури, 15 – технічні, картопля та овочі, 33 % – кормові культури. Щорічні втрати гумусу через підвищення темпів мінералізації органічних речовин порівняно з їх накопиченням становили 18 млн. т на всій площі ріллі, або 0,6 т/га за рік.

У районах з сильною водною ерозією та дефляцією втрати гумусу ще більші. На Поліссі лише від водної ерозії середньорічні втрати гумусу дорівнюють 2,4 млн. т, у лісостеповій зоні – 10,3, у степовій – 11, в цілому по Україні – 23,7 млн. т. У 1990–1997 рр. втрати органічної речовини мало досліджувались. Хоч рівень інтенсифікації помітно знизився, однак різко зменшилось і застосування органічних добрив. В умовах гострої економічної кризи люди виживають за рахунок нещадної експлуатації природної родючості ґрунтів, що не може не відбитися на стані гумусу ґрунтів.

Зниження вмісту гумусу в ґрунтах супроводжується погіршенням його якості. У складі гумусу зменшується частка рухомого гумусу, відносно зростає його інертна частина. Пасивний гумус не бере активної участі в енергетичному обміні ґрунту, дуже повільно віддає поживні речовини, що містяться в ньому. Тому він слабо впливає на ефективну родючість ґрунту, навіть за умов, що його запаси, як це буває в чорноземах, залишаються високими. Через значні втрати гумусу погіршується його груповий склад. У

дерново-підзолистих ґрунтах зростає фульватність гумусу, в чорноземах зменшується кількість гумінових кислот, що призводить до погіршення всього комплексу агрономічно цінних властивостей ґрунтів.

На рівних позитивних формах рельєфу вододілів та опуклих схилів внаслідок втрати гумусу частіше проявляються ґрунтові посухи. На увігнутих схилах, в пологих лощинах, куди стікають поверхневі води, нерідко утворюються мочари. Цінні угіддя на значних площах втрачають родючість і їх вилучають із сільськогосподарського користування через неможливість вчасно обробити і засіяти.

**Моделювання динаміки прогнозування зміни запасів гумусу в ґрунті.** Для моделювання гумусо-накопичення, а також прогнозу щорічних втрат гумусу в природних екосистемах і агроценозах (сівозмінах) запропоновано багато досить складних математичних моделей. Їх складність обумовлена не лише у використанні складного математичного апарату, а й у потребі мати в розпорядженні дослідника важко-одержувані і не зовсім надійні параметри. Прикладом простих, за висловом автора, "огрублених" моделей може бути нелінійна модель І. М. Рижової (1992), але і її розв'язок є досить складний. Крім того, вона потребує наявності таких параметрів, як потенціальної (клімаксна) річна продукція фітоценозу, запасу вуглецю гумусу в ґрунті, за яким досягається половина цієї потенціальної річної продукції, і т. д.

Існує відносно проста математична модель, яка базується на зв'язку між запасами вуглецю гумусу в певному шарі ґрунту та щорічними потоками вуглецю гумусу і органічного вуглецю негумусової природи (органічних решток, органічних добрив тощо). Ця модель дозволяє отримати досить достовірні прогнозні дані щодо динаміки гумусу в ґрунті (відхилення розрахованих даних від експериментальних дорівнює 0,3 %).

Але і для її побудови потрібні наступні показники: запас вуглецю гумусу в певному шарі ґрунту, т/га; вміст у ґрунті органічного вуглецю негумусової природи, т/га; щорічне надходження до ґрунту органічного

вуглецю (органічних решток, гною тощо), т/га; коефіцієнт гуміфікації органічного вуглецю негумусової природи; коефіцієнт щорічної мінералізації вуглецю гумусу в частках одиниці від його загальних запасів у досліджуваному шарі ґрунту; коефіцієнт щорічної мінералізації у ґрунті органічного вуглецю негумусової природи, в частках одиниці; коефіцієнт спрощеної прямолінійної залежності між запасами вуглецю гумусу та щорічним надходженням у ґрунт органічного вуглецю негумусової природи.

#### **Оцінка дегуміфікації за методом прогнозування балансу гумусу.**

Для прогнозування дегуміфікації в сівозмінах проводять розрахунки балансу гумусу в них. У розрахункових методах баланс гумусу являє собою різницю між статтями його надходжень та витрат за певний інтервал часу, найчастіше за ротацію сівозміни.

*Статті приходу* в балансі гумусу складаються з надходження гумусу в ґрунт з органічними рештками (поверхневими і кореневими) сільськогосподарських культур, гноєм та іншими органічними добривами, посівним і посадочним матеріалом, зв'язування вуглекислого газу атмосфери та ґрунтового повітря синьозеленими водоростями й гетеротрофною мікрофлорою ґрунту.

*Стаття витрат* – це мінералізація органічної речовини за умов прийнятої технології вирощування сільськогосподарських культур, винос гумусу з коренемісткого шару ґрунту з внутрішньо-ґрунтовим та вертикальним стоком і втрати, що зумовлені водною ерозією і дефляцією ґрунтів.

В Україні для розрахунку балансу гумусу широко застосовують метод Г. Я. Чесняка (1987), за яким середньорічний баланс гумусу в ґрунті на 1 га за ротацію сівозміни визначають як різницю між сумою новоутвореного гумусу під культурами за ротацію сівозміни за рахунок рослинних решток і збільшення вмісту гумусу в ґрунті за ротацію сівозміни за рахунок органічних добрив та сумарною кількістю гумусу, що мінералізується під культурами за ротацію сівозміни.



Баланс гумусу складають для орного шару і для всього профілю ґрунту. З практичною метою найчастіше обмежуються розрахунком балансу для орного шару ґрунту, в якому процеси мінералізації і гуміфікації найінтенсивніші і значною мірою регулюються. Зниження вмісту гумусу в орних ґрунтах є наслідком багаторічного від'ємного балансу, зумовленого інтенсивним використанням ґрунтів і недостатнім надходженням у них органічної речовини.

При внесенні 1 т гною може утворитися гумусу: в ґрунтах степової зони – 56 кг, лісостепової – 54, Полісся – 42 кг. Мінімальна потреба в органічних добривах для створення бездефіцитного балансу становить 335 млн. т за наявності 10–15 % багаторічних культур у структурі посівних площ.

За даними Інституту ґрунтознавства УААН, за 1984–1985 рр. в Україні під всі посіви вносилося в середньому 8,2 т/г органічних добрив; зокрема, під зернові – 5,9 т/га. Найбільші норми органічних добрив вносилися під картоплю (54,6 т/га), буряки цукрові (30,3 т/га) та овочі (25,2 т/га). Однак для досягнення позитивного балансу гумусу в ґрунтах навіть такі норми органічних добрив не достатні.

Розрахунки, що для ведення землеробства з бездефіцитним балансом гумусу слід вносити гною в середньому на 1 га сівозміни на Поліссі – 15–16 т, в лісостеповій зоні – 10–12, в степовій – 8–10 т. Для розширеного відтворення гумусу внесення органічних добрив найближчим часом слід збільшити в зоні Полісся до 18–20 т/га, в лісостеповій – 13–15, в степовій зоні – 10–12 т/га, тобто у середньому по країні до 11 т/га.

Важливим резервом поновлення органічної речовини в ґрунті є рослинні рештки сільськогосподарських культур. З підвищенням урожайності їх кількість зростає, а частка у загальній біомасі знижується. Тому, чим вища урожайність, тим більше ґрунт збагачується органічною речовиною.

Різні *рослини* відіграють неоднакову роль у поповненні запасів гумусу у ґрунті. У польових сівозмінах коефіцієнт гуміфікації органічних решток коливається в межах від 0,10–0,13 (буряки цукрові, соняшник) до 0,23–0,25 (горох, вика, соя, люцерна, еспарцет). Отже, мінімальні показники мають рослинні рештки просапних культур, максимальні — зернобобових культур і багаторічних трав. Зернові культури займають проміжне положення (0,13–0,20). Мінералізація гумусу під різними культурами теж неоднакова (табл. 1.2):

Таблиця 1.2

**Середньорічна мінералізація гумусу в чорноземі типовому  
лісостепової зони України, т/га**

Чорний пар	2,00
Картопля, баштанні	1,61
Коренеплоди	1,60
Буряки цукрові	1,59
Кукурудза на зерно	1,56
Горох, вика, соя	1,50
Кукурудза на силос	1,47
Соняшник	1,39
Пшениця озима	1,35
Пшениця озима на зелений корм	1,24
Ячмінь	1,23
Овес	1,20
Однорічні трави, просо, сорго, яра пшениця, гречка, вико-вівсяна суміш	1,10
Люцерна, конюшина, еспарцет	0,60

В полі чорного пару вона досягає 2 т/га, на полях з багаторічними травами – 0,6, а під рештою культур становить 1,10–1,6 т/га. Тому баланс гумусу істотно залежить від *структури посівних площ*.

В умовах природних зон України посіви багаторічних трав у польових сівоzmінах забезпечують таке щорічне поповнення втрат гумусу в ґрунтах: Полісся – близько 0,2, лісостепова зона – 0,1 т/га.

Істотним джерелом органічних добрив є *сидерати*. Їх вирощування на площі 8–10 млн. га дозволило б накопичувати 200–250 млн. т біомаси, що еквівалентно 100 млн. т гною. При інтенсивному землеробстві доцільно сидерати застосовувати як проміжну культуру, що дає змогу використовувати зелене добриво в сівоzmінах без зміни структури посівних площ. Джерелом збільшення внесення органічних добрив і підвищення запасів гумусу в ґрунті є внесення *соломи*. За вмістом органічної речовини та здатністю відтворення гумусу 1 т соломи є еквівалентом 4–5 т підстилкового гною. Оскільки співвідношення С : N в соломі злакових є значним і становить 70–80 до 1, для підвищення коефіцієнта гуміфікації під час її внесення потрібно на кожну тонну соломи додатково вносити 8–10 кг діючої речовини мінерального азоту.

Для задоволення потреби землеробства в органічних добривах разом з використанням традиційних їх видів потрібно вишукувати нові органічні матеріали. Це насамперед сапропелі, а також відходи лісової, деревообробної, гідролізної, харчової, шкіряної та інших видів промисловості.

Розв'язання проблеми гумусу нерозривно пов'язане з загальною культурою ведення землеробства, складовою частиною якого є *система обробітку ґрунту*. Віковий досвід землеробства показує, що при оранці з поворотом скиби неможливо зберігати і підтримувати запаси гумусу в ґрунтах на достатньому рівні. Про це свідчать масштаби дегуміфікації ґрунтів у нашій країні і за кордоном.

Вихід з положення, що склалося, один: створення регіональних екологічно збалансованих ґрунтозахисних систем землеробства, що забезпечать цілковите припинення або зведення до мінімально допустимих меж втрат ґрунтів внаслідок ерозійних процесів, зниження інтенсивності

біологічної мінералізації гумусу. Важливою ланкою в таких системах землеробства поряд з контурно-меліоративною організацією території, комплексом протиерозійних гідротехнічних та лісомеліоративних заходів є ґрунтозахисні технології вирощування сільськогосподарських культур, основані на обробі ґрунту без обороту скиби. При існуючих обсягах використання органічних добрив лише такий обробіток в поєднанні з мульчуванням ґрунту рослинними рештками здатний наблизити процеси гуміфікації до природних і забезпечити вихід землеробства на позитивний баланс гумусу.

Систематичні спостереження за станом гумусу в ґрунтах агроценозів дають змогу виявити річні цикли його вмісту. Встановлено, що кількість гумусу у ґрунті протягом року не є постійною: найбільше його міститься навесні, найменше – під час збирання врожаю, втрати наполовину відновлюються восени, і навесні цикл замикається.

Для орного шару чорнозему типового середньо-суглинкового Київської обл. річне коливання вмісту гумусу становило 0,27 %. Для того ж ґрунту заповідника "Михайлівська Цілина" воно дорівнювало 1,3 %, а для чорнозему південного Миколаївської області – 0,17 %.

Річні цикли вмісту гумусу вдалося виявити на тривалих фонах систематичного безплужного обробітку ґрунту. На фоні оранки вони згладжуються і помітити їх важко. Якщо розглянути річні цикли вмісту гумусу в ґрунті в стаціонарному досліді Новоодеської держсортодільниці, то результати будуть такі: на 28-річних фонах мілкового безполицевого обробітку ґрунту коливання вмісту гумусу становили 0,17 %, у варіантах із комбінованим обробітком ґрунту – 0,09, при систематичній оранці – 0,04 %. Це свідчить, що в природі існує механізм саморегуляції гумусового стану ґрунту. Чим вища амплітуда річного циклу вмісту гумусу у ґрунті, тим більша здатність цього ґрунту до саморегуляції гумусового стану. При систематичному обробітку ґрунту з обертанням скиби він втрачає здатність до саморегуляції.

При зменшенні вмісту гумусу в ґрунті від весни до кінця літа (збирання врожаю) на 0,27 % у ґрунті виділяється багато енергії, що концентрується у вирощеній біомасі. В той же час у ґрунті зменшується вміст органічної речовини на 8–6 т/га. У зв'язку з цим виникає питання: як ґрунт відновлює втрачену енергію?

Встановлено, що гетеротрофні організми, у тому числі і мікроорганізми, мають майже всі ті самі механізми фіксації вуглекислоти, що і автотрофи, за виключенням рибульозо-1,5-дифосфаткарбоксилазної реакції. Принциповою різницею процесів фіксації вуглекислоти у автотрофів і гетеротрофів є використання ними для цієї мети джерела енергії. Автотрофи використовують енергію, що вивільнюється у процесі фотолізу води, гетеротрофи – енергію окиснення органічних сполук. Нині відомо, що гетеротрофні організми можуть здійснювати понад 20 реакцій карбоксилювання. Ці реакції діляться на три групи: такі, що відбуваються за рахунок енергії аденозинтрифосфату кальцію (АТФ); такі, що відбуваються за рахунок енергії відновлених форм піримідин-нуклеотидів, і такі, що не потребують енергії ззовні (табл. 1.3).

*Таблиця 1.3*

***Різний вміст АТФ у ґрунті залежно від обробітку та рівня удобрення***

Обробіток	Удобрення	Глибина відбору ґрунту, см	Вміст АТФ, $10^{-8}$ г/г ґрунту	Теплотворність ґрунту, Дж/г
Оранка на різну глибину	Контроль 12 т/га гною + N <sub>78</sub> P <sub>70</sub> K <sub>78</sub>	0–10	2,4	18,4
		20–30	6,0	16,1
		0–10	5,9	19,8
		20–0	2,9	14,7
Безплужний на різну глибину	Контроль 12 т/га гною + N <sub>78</sub> P <sub>70</sub> K <sub>78</sub>	0–10	0,6	20,7
		20–30	9,9	14,2
		0–10	2,7	23,6
		20–0	1,0	18,3

І іони  $\text{HCO}_3^-$ , і  $\text{CO}_2$  беруть участь у реакціях карбоксилювання: іони  $\text{HCO}_3^-$  – в АТФ-залежних реакціях, що не потребують надходження енергії ззовні, газоподібний  $\text{CO}_2$  – у реакціях, залежних від нікотинаміддинуклеотиду  $\text{NADH}_2$  та нікотинамід-динуклеотидфосфату  $\text{NADPH}_2$ .

Вуглекислота, що використовується в реакціях карбоксилювання у тканинах гетеротрофного організму, бере участь у біосинтезі жирних кислот, ліпідів, багатьох амінокислот, білків; в синтезі вуглеводів, утворенні пуринових і піримідинових основ (нуклеотидів і нуклеїнових кислот) та інших процесах обміну речовин.

Процеси фіксації вуглекислоти можуть здійснюватися з різною швидкістю. Основними чинниками, що впливають на інтенсивність цих процесів, є: концентрація і співвідношення в середовищі  $\text{HCO}_3^-$  та  $\text{CO}_2$ ; рН середовища; концентрація іонів металів, активаторів або інгібіторів карбоксилаз; міра забезпеченості клітин джерелами енергії (АТФ,  $\text{NADH}_2$ ,  $\text{NADPH}_2$ ), активність карбоксилаз і концентрація їх коферментів (біотину, нікотинаміну, тетрагідрофолату, вітамінів  $\text{B}_6$  та  $\text{B}_{12}$  і К).

Інтенсивність фіксації вуглекислоти мікрофлорою ґрунту залежить від населеності ґрунту мікрофлорою, її видового складу, способу обробітку і удобрення. Вона залежить також від наявності енергії, фіксованої в органічних добривах і акумульованої мікроорганізмами у формі АТФ.

Результати вимірювань інтенсивності асиміляції вуглекислоти з міченою радіоактивним ізотопом С-14 мікрофлорою ґрунту показують, що ця інтенсивність зменшується в ряду від чорноземів типових до південних і узгоджується з вмістом гумусу та заселенням ґрунту мікрофлорою.

У варіантах з оранкою незалежно від підтипу чорнозему максимальна інтенсивність асиміляції вуглекислоти спостерігається на глибині 20–30 см.

При безполицевому обробітку в чорноземі типовому найбільше засвоєння  $\text{CO}_2$  характерне для верхнього 10-сантиметрового шару. В чорноземі звичайному та південному максимум асиміляції властивий шару

10–20 см, що пояснюється більш жорстким гідротермічним режимом цих ґрунтів. Для шару 0–30 см інтенсивність асиміляції  $\text{CO}_2$  у варіантах з безплужним обробітком вища, ніж на оранці. Це свідчить про більшу чисельність та кращі умови життєдіяльності автотрофних і гетеротрофних мікроорганізмів під час обробітку ґрунту без обороту скиби.

Засвоєння  $\text{CO}_2$  мікроорганізмами ґрунту не є постійним у часі. На чорноземі звичайному у верхній (0–10 см) та нижній (20–30 см) частинах оброблюваного шару ґрунту інтенсивність асиміляції вуглекислоти є високою навесні. Влітку цей показник знижується, а восени зростає знову.

Певний інтерес викликають дані, що тривале застосування добрив знижує інтенсивність засвоєння  $\text{CO}_2$  в 1,2–1,4 рази порівняно з варіантами без добрив. Це обумовлено збільшенням чисельності та кращим розвитком гетеротрофних мікроорганізмів в ґрунті удобрених варіантів внаслідок більшого надходження свіжої органічної речовини з добривами та рослинними рештками.

Вуглець вуглекислоти асимілюється різними класами органічних сполук живих клітин. Частка фракції білків і нуклеїнових кислот становить 30–42 %, на фракцію, що крім цих компонентів містить також ліпіди, припадає 31–47 % загальної кількості  $\text{CO}_2$ . Отже, вуглець вуглекислоти ґрунту і ґрунтового повітря бере участь у процесах утворення біомаси ґрунту, включаючись у низку органічних сполук.

Вуглець вуглекислоти бере участь у процесах гумусоутворення, включаючись з  $\text{NaHCO}_3$  як у загальний органічний вуглець ґрунту, так і у фракції гумінових кислот і фульвокислот. Накопичення міченого вуглецю  $^{14}\text{C}$  вуглекислоти загальним органічним вуглецем ґрунту і фракцією фульвокислот інтенсивніше відбувається у варіантах з безплужним обробітком порівняно з оранкою. збільшення часу на реакції між вуглекислотою та органічною речовиною ґрунту від 4 годин до 3 та 10 діб обумовлює зниження вмісту мітки  $^{14}\text{C}$  у фракціях загального органічного

вуглецю та фульвокислот і накопичення її у фракції гумінових кислот. Це пов'язано з конденсацією фульвокислот і переходом їх у гумінові кислоти, а також заміною карбоксилів на азотомісткі функціональні групи.

Отже, вуглець вуглекислоти ґрунту та ґрунтового повітря бере активну участь в утворенні гумусових речовин ґрунту. Спочатку він фіксується гетеротрофними організмами, що використовують його для побудови власного тіла. Цей процес відбувається протягом декількох годин. Накопичення мітки в гумусових речовинах відбувається повільніше – за декілька діб, при цьому вміст її зростає спочатку в фульвокислотах, а потім вона переходить до гумінових кислот.

Асиміляція вуглекислоти ґрунтового повітря – одна з прибуткових статей механізму саморегуляції родючості ґрунту.



## **1.6. КИСЛОТНА ДЕГРАДАЦІЯ ҐРУНТІВ, ПРИЧИНИ ЇЇ ВИНИКНЕННЯ ТА НАСЛІДКИ. СТРОКИ, НОРМИ, СПОСОБИ, МІСЦЕ ВНЕСЕННЯ ВАПНЯКОВИХ МАТЕРІАЛІВ У СІВОЗМІНІ.**

**Загальне поняття, причини та масштаби розвитку.** Зростаюча кислотність ґрунтового покриву – одна з найгостріших проблем сучасності та найближчого майбутнього. Процес підкислення ґрунтів набуває глобальних масштабів, спричиняючи негативні агрогеохімічні наслідки.

Особливу тривогу викликає те, що явище підкислення ґрунтів має прихований і в багатьох випадках вторинний характер. Спочатку відбувається процес декальцинації, а потім, значно пізніше, спостерігається підкислення ґрунту. Нерідко вже провапновані ґрунти знов стають кислими. З'являються кислі ґрунти і в районах, де їх раніше не було.

Причин, що обумовлюють підкислення, багато. Найістотнішими з них є кислотні дощі, низький рівень удобрення ґрунтів органікою, необґрунтовано інтенсивне застосування засобів хімізації в землеробстві. Отже, вторинне підкислення ґрунтів має переважно антропогенне походження.

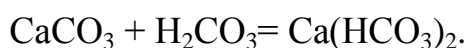
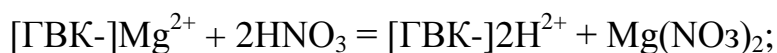
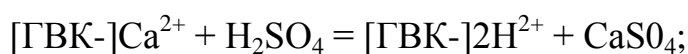
За даними ЮНЕСКО, в атмосферу надходить  $10^9$  т/рік кислотних агентів газового та аерозольного характеру. Це насамперед сполуки сірки, азоту, вуглецю і хлору. При їх окисненні та конденсації утворюються сірчана, соляна, вугільна й азотна кислоти, які випадають на ґрунти з дощовою водою.

Найбільше кислотних дощів випадає у країнах Скандинавського півострова. Нині добре відомо, що підкислення ґрунтів – це проблема східних районів США, Канади, Німеччини, Великої Британії, Бельгії, Польщі, України, Молдови, країн Прибалтики, низки областей Росії.

За останні 50–60 років спостерігається загально планетарне підвищення кислотності дощових опадів. Сильне зростання цього показника зареєстровано в багатьох індустриальних районах Швеції, Норвегії, США та

Канади. У цих країнах рН дощової води знизився з 6–6,5 до 5–4,6, а в окремі періоди до 4–3,5. Зареєстровані випадки, коли у Підмосков'ї (Росія) спостерігались випадки зниження рівня рН дощової води до 3–2,6.

Особливо висока кислотність вод виникає під час весняного сніготанення. Реакція таких вод може досягати рН 4–3,5. Кислі талі та дощові води, потрапляючи у ґрунт, спричиняють підкислення всього профілю ґрунту, а нерідко підкислюють і підґрунтові води. Кислоти, потрапляючи в ґрунт, взаємодіють з його органічною та мінеральною частинами. При цьому відбуваються такі реакції:



Встановлено, що гідроліз і нітрифікація однієї грам-молекули  $\text{NH}_4\text{HNO}_3$  дає в результаті дві грам-молекули  $\text{HNO}_3$ . При нітрифікації однієї грам-молекули  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  утворюються дві грам-молекули азотної і одна молекула сірчаної кислоти. З однієї грам-молекули  $\text{NH}_4\text{OH}$  за певних умов може утворитися одна грам-молекула азотної кислоти.

Тому темпи вапнування ґрунтів повинні перевищувати темпи внесення мінеральних добрив. Невиконання цього правила приведе до вторинного підкислення ґрунтів.

В Україні є понад 11 млн. га дерново-підзолистих, буроземних, сірих опідзолених ґрунтів і чорноземів опідзолених з підвищеною кислотністю, з яких 7,8 млн. га припадає на ріллю, понад 3 млн. га — на природні кормові угіддя.

В Україні внесення поживних елементів з мінеральними добривами зросло у середньому за рік у 1971–1975 і 1976–1980 рр. відповідно на 84 та 147 % порівняно з періодом 1966–1970 рр. Використання вапнякових матеріалів зросло всього на 30 %. У цей період спостерігалось збільшення площ слабо- і середньо-кислих ґрунтів за рахунок зменшення площ ґрунтів з

близькою до нейтральної реакції, особливо в районах бурякосіяння, де площа слабо-кислих ґрунтів збільшилась на 555, а середньо-кислих – на 196 тис. га.

Підсилювались процеси декальцинації і вторинного підкислення чорноземів вилугованих, типових і звичайних через широке впровадження у виробництво індустриальних та інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур з внесенням підвищених і високих норм мінеральних добрив.

У 90-х роках рівень внесення мінеральних добрив різко зменшився і 1998–1999 рр. становив лише 17–20 кг діючої речовини на 1 га. У той же час знизилась і норми внесення органічних добрив та хімічних меліорантів. Тому ситуація щодо підкислення і декальцинації ґрунтів наприкінці 90-х років не змінилася. На підкислення і декальцинацію ґрунтів істотно впливають також кислотні дощі, викиди промислових підприємств, перенесення водою і вітром продуктів з териконів та відвалів розкривних робіт.

Встановлено, що внесення мінеральних добрив без вапнякових матеріалів спричиняє підкислення чорноземів типових, початкова реакція яких була близькою до нейтральної (а стала 5,4–5,2). При тривалому внесенні підвищених доз мінеральних добрив спостерігається зростання активної кислотності. Внесення азотних добрив ще більш підвищує активну кислотність ґрунту порівняно з внесенням фосфорно-калійних добрив. Найбільша активна кислотність відмічається при внесенні 157 кг/га азоту. Аналогічні зміни при внесенні мінеральних добрив відбуваються і з обмінною кислотністю, але найбільш істотно збільшується обмінна титрована та гідролітична кислотність. Перша зростає у 2–2,3 рази, друга – у 2,5–3,8 рази.

Під впливом підвищених норм мінеральних добрив змінюється також склад обмінних катіонів. Знижується сума увібраних основ. Ємність катіонного обміну чорнозему типового дещо зростає під впливом внесення добрив, але збільшення її відбувається за рахунок гідролітичної кислотності. До негативного впливу підвищених доз азотних добрив слід віднести і різке

зниження буферної ємності ґрунту в кислій області з 1,96 мг-екв. рН на контролі до 0,99 мг-екв. рН при внесенні  $N_{157}P_{87}K_{83}$ ! Це означає, що опірність, або "імунітет", ґрунту до антропогенних чинників деградації зменшився удвічі всього за декілька років.

Наведені дані свідчать, що навіть на чорноземах типових за наявності високих норм мінеральних добрив потрібно вносити вапнякові матеріали. За існуючими рекомендаціями, на кожен центнер фізіологічно кислих туків слід вносити від 0,4 до 3 ц  $CaCO_3$  (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

**Дози  $CaCO_3$  для нейтралізації фізіологічно кислих добрив, ц на 1 ц туків**

Добриво	Доза $CaCO_3$
Хлористий амоній	1,40
Сульфат амонію	1,20
Сульфат амонію-натрію	1,90
Аміачна селітра	0,75
Аміачна вода	0,40
Аміак безводний	2,9-3,0
Сечовина	0,80
Амофос	0,65

Істотний вплив на кислотність ґрунту можуть мати промислові викиди, що містять сульфідів та оксиди металів. У ґрунті вони утворюють сірчану кислоту, яка обумовлює підкислення. На освоєних болотних ґрунтах підкислення може бути спричинене окисненням сульфідів заліза та мангану. На цих ґрунтах дренажними водами виносяться сполуки кальцію, магнію та калію, тому для підвищення їх родючості слід проводити вапнування.

**Прогноз декальцинації та підкислення ґрунтів.** Динаміка (розвиток у часі) та кінетика (зміна під впливом якогось чинника постійної чи змінної інтенсивності) багатьох природних чи антропогенно спричинених процесів може бути достатньо точно описана простими диференціальними рівняннями першого порядку, яке добре описує розвиток у часі чи під впливом зростаючих доз мінеральних добрив процесів підкислення чорноземних ґрунтів. При цьому враховуються такі показники, як гідролітична кислотність ґрунту; час (кількість років спостережень); доза азоту на 1 га сівозміни, кг.

Рівняння радіоактивного розпаду добре описує розвиток у часі чи під впливом певного чинника процес декальцинації (зменшення вмісту в ґрунті обмінного кальцію) чи загального зниження суми увібраних основ: При цьому враховуються такі показники, як гідролітична кислотність ґрунту; час (кількість років спостережень); вміст у ґрунті обмінного кальцію на 1 га сівозміни, кг. Результати розрахунків, проведених за цими рівняннями, мають достатньо високу точність щодо моделювання процесу декальцинації. Відхилення розрахункових даних від експериментальних не перевищує 0,45 %.

Результати застосування такого методу моделювання процесів декальцинації та підкислення дозволяють дати наступну загальну рекомендацію щодо подолання декальцинації і підкислення чорнозему типового малогумусного під впливом зростаючих доз азоту: *кожен центнер аміачної селітри, що вноситься на 1 га сівозміни на чорноземі типовому малогумусному центрального і правобережного районів лісостепової зони України потребує внесення в ґрунт 0,5 ц вапна.*

Таким чином, своєчасне виявлення, моделювання динаміки та прогнозування декальцинації і підкислення таких цінних за своєю продуктивністю ґрунтів, як чорноземи, має виключно важливе значення.

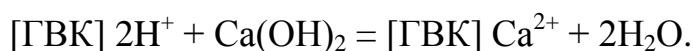
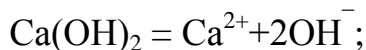
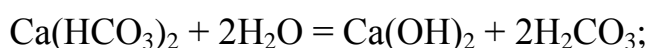
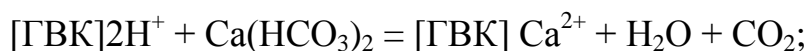
Кислотні дощі, внесення хімічно та фізіологічно кислих добрив значно підкислили реакцію середовища навіть традиційно нейтральних ґрунтів. В орному шарі чорноземів виявляється до 4–6 мг-екв. гідролітичної

кислотності на 100 г ґрунту. Підкислення ґрунтів різко знижує ефективність всіх інших заходів щодо підвищення родючості. Тому в комплекс заходів для відтворення родючості слід обов'язково включати заходи хімічної меліорації кислих і лужних ґрунтів: вапнування та гіпсування.

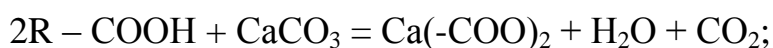
Завдяки вапнуванню нейтралізується кислотність, рослини забезпечуються кальцієм та іншими елементами живлення, підсилюється мікробіологічна активність ґрунту, припиняється каолінізація глинистих мінералів, зменшується вміст розчинних сполук алюмінію, заліза, мангану; поліпшуються агрегатний склад, агрохімічні та фізико-хімічні властивості, істотно зростає ефективність мінеральних добрив.

Для регулювання кислотності ґрунту застосовують різні меліоранти. Найчастіше це осадові породи, що складаються переважно з кальциту  $\text{CaCO}_3$ , доломіту  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  тощо.

При взаємодії вапна з ґрунтом відбуваються такі реакції:



Вапно взаємодіє також з вільними гумусовими та іншими кислотами, азотною кислотою, що утворюється внаслідок нітрифікації, нейтралізуючи їх:

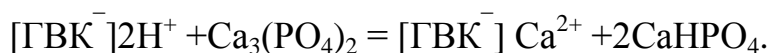


На кислих ґрунтах, що містять обмінний алюміній, з вуглекислим кальцієм відбувається реакція



Кальцій переходить в увібраний стан, ґрунтовий розчин збагачується на бікарбонат кальцію.

На дуже кислих ґрунтах з гідролітичною кислотністю понад 2,5 мг-екв/100 г ґрунту нейтралізуючу дію на ґрунт чинить і фосфоритне борошно:



Фосфорит переходить у розчинну сполуку, чим досягається краще живлення рослин фосфором.

Потреба ґрунтів у вапнуванні визначається комплексом показників: ступенем та величиною кислотності ґрунту, ступенем насиченості його основами, гранулометричним складом і вмістом органічної речовини, відношенням культур сівозміни до реакції середовища. Для визначення потреби у вапнуванні користуються шкалою (табл. 1.5).

Таблиця 1.5

**Потреба ґрунтів у вапнуванні за гідролітичною кислотністю**

Потреба у вапнуванні	Гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту
ґрунти потребують першочергового вапнування в усіх зонах України	>4
ґрунти потребують першочергового вапнування в Поліссі та Лісостепу. Середня потреба у вапнуванні ґрунтів Прикарпаття та західної частини Лісостепу, слабка – у гірських районах Карпат	3–4
Середня потреба у вапнуванні ґрунтів у Поліссі та Лісостепу, слабка – у Передкарпатті, відсутня – у гірських районах Карпат	2–3
Доцільне вапнування опідзолених ґрунтів Лісостепу; необхідне – на Поліссі, на супіщаних, піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах	1,8–2
Слабка потреба у вапнуванні піщаних і глинисто-піщаних ґрунтів	1,8–1,5
Немає потреби у вапнуванні	< 1,5

За мірою кислотності та потребою у вапнуванні ґрунти України поділяють на п'ять груп (табл. 1.6).

**Потреба ґрунтів у вапнуванні залежно від рН<sub>KCl</sub>**

Міра кислотності	рН <sub>KCl</sub>	Потреба ґрунтів у вапнуванні
Дуже сильна	<4,5	Першочергове вапнування в усіх типах сівозмін
Сильна	4,1–4,5	Першочергове вапнування в усіх типах сівозмін
Середня	4,6–5,0	Першочергове вапнування в овочевих і кормових сівозмінах на супіщаних та суглинкових ґрунтах; середня потреба у польових сівозмінах на піщаних ґрунтах
Слабка	5,1–5,5	Вапнування 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	Вибіркове вапнування супіщаних та суглинкових ґрунтів і насамперед у сівозмінах з вимогливими до вапна культурами. Не потребують вапнування ґрунти з рН <sub>KCl</sub> > 6,5 незалежно від їх поширення

Якщо у чорноземах лісостепової зони лінія карбонатів розташована 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 або багаторічні трави.

За ступенем насиченості основами та потребою у вапнуванні ґрунти поділяються на чотири групи: <50% – необхідно вапнувати у першу чергу; 50–70 % – є потреба у вапнуванні; 70–90 % – вапнування проводять з урахуванням набору культур у сівозміні та рівня внесення мінеральних добрив; > 90 % – вапнувати не потрібно.

За реакцією на вапнування сільськогосподарські культури також поділяють на 4 групи:



1 – дуже позитивно реагують на вапнування — конюшина, люцерна, столові та цукрові буряки, капуста, коноплі, ріпак;

2 – добре реагують на вапнування – пшениця, кукурудза, ячмінь, горох, огірки, цибуля, соняшник;

3 – позитивно реагують на вапнування – жито, овес, томати, гречка, льон;

4 – мають слабку реакцію на вапнування – картопля, люпин, брюква, сераделла.

Важкі за гранулометричним складом кислі ґрунти легше переносять підвищені норми вапна. На легких ґрунтах доцільно вносити менші дози.

В Україні в усіх зонах поширення кислих ґрунтів, незалежно від вирощуваних культур, дозу вапна визначають за величиною гідролітичної кислотності ґрунту за спеціальною формулою, в якій враховуються: кількість грамів  $\text{CaCO}_3$ , необхідних для нейтралізації 1 мг-екв кислотності в 1 кг даного ґрунту; його гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту; глибина шару ґрунту, в який вноситься вапно; щільність ґрунту,  $\text{г/см}^3$ .

Останнім часом для розрахунку норм вапна в Україні широко застосовується нормативний метод.

За І. С. Шатіловим та ін. (1986), дози вапна для дерново-підзолистих ґрунтів з вмістом гумусу в межах від 1 до 5 % при  $\text{pH}_{\text{ккл}} 3,8-5,5$  з урахуванням гранулометричного складу слід визначати за такими формулами:

*для піщаних ґрунтів*

$$Д = 0,85 Г \cdot \text{pH} - 1,08 \text{pH} + 4,32Г + 7,8;$$

*для супіщаних ґрунтів*

$$Д = 0,85 Г \cdot \text{pH} - 1,08 \text{pH} + 4,32Г + 8,0;$$

*для легкосуглинкових ґрунтів*

$$Д = 0,55 Г \cdot \text{pH} - 1,23 \text{pH} + 3,17Г + 9,5;$$

*для середньосуглинкових ґрунтів*

$$Д = 0,55 Г \cdot \text{pH} - 1,23 \text{pH} + 3,17Г + 9,9;$$

*для важкосуглинкових ґрунтів*

$$D = 0,65 \Gamma \cdot \text{pH} - 1,88 \text{pH} + 3,42\Gamma + 1,43;$$

*для глинистих ґрунтів*

$$D = 0,65 \Gamma \cdot \text{pH} - 1,88 \text{pH} + 3,42\Gamma + 1,46,$$

де  $D$  – доза  $\text{CaCO}_3$ , т/га;  $\text{pH}$  – показник кислотності ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ );  $\Gamma$  – вміст гумусу у ґрунті, %.

Для вапнування ґрунтів застосовують матеріали, які крім  $\text{CaCO}_3$  містять інші форми кальцію та магнію, наприклад доломітове борошно, гідроксид кальцію, магнію або їх оксиди ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ). При розрахунках доз вапна їх потрібно перетворити в  $\text{CaCO}_3$ .

Для визначення потреб ґрунтів у повторному вапнуванні проводиться додаткове агрохімічне обстеження. Визначають показники, що характеризують ступінь і величину кислотності. Строки повторного вапнування можна визначити і за балансовими розрахунками. Баланс кальцію та магнію у кислих ґрунтах Полісся складається таким чином, що при внесенні 5,5–6 ц/га мінеральних добрив повторне вапнування слід проводити через 7–8 років після першого; при внесенні щорічно 10–12 ц/га мінеральних добрив – через 6–7, в окремих районах – через 4–5 років. Середня періодичність вапнування ґрунтів в різних регіонах України є різною: у Передкарпатті, Карпатах і Закарпатті – 4–6 років, Поліссі – 6–7, лісостеповій зоні – 6–9 років.

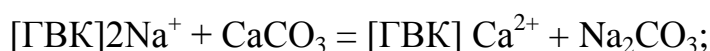
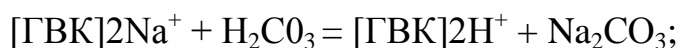
Враховуючи різне ставлення сільськогосподарських культур до реакції ґрунтового розчину, вапно у ґрунт вносять з таким розрахунком, щоб його максимальна дія виявлялась на культурах першої та другої груп і меншою мірою – на культурах третьої та четвертої груп.

У зерно-льоно-картопляних сівозмінах Полісся вапно вносять при вирощуванні картоплі, льону та люпину. В лісостеповій зоні найкращим місцем для вапна є попередники тих культур, які дуже добре реагують на вапнування. Добрі результати дає внесення вапна безпосередньо під цукрові

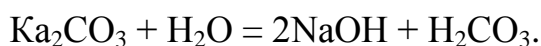
буряки. У західних районах України в 9–10-пільних сівозмінах вапно доцільно вносити у два прийоми: 0,5 дози на початку та 0,5 дози у середині ротації з урахуванням чергування культур. Слід також пам'ятати, що 1 т вапна забезпечує приріст врожаю зернових у 2–2,2 ц/га протягом 5–6 років. Вапнування істотно підвищує ефективність мінеральних добрив.

**До хімічної меліорації належить і гіпсування лужних ґрунтів.** В Україні солонцеві ґрунти поширені у районах північного і центрального районів Лівобережного Лісостепу, Донбасу, східної частини Харківської області Присивашся, Причорномор'я, Керченського півострова.

Сода має такий негативний вплив на сільськогосподарські культури, що навіть при вмісті її в ґрунті 0,005 % вони починають страждати і гинути. Сода утворюється внаслідок обмінних реакцій між ґрунтом, насиченим увібраним натрієм, вугільною кислотою або карбонатом кальцію підґрунтових вод та ґрунтових розчинів:



Сода піддається в ґрунті активному гідролізу:



Тому солонці мають високу лужність (рН понад 8,5–9).

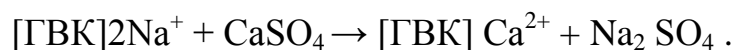
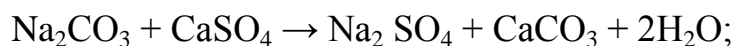
Солонцюваті ґрунти характеризуються високою в'язкістю, липкістю, вони мало водопроникні у вологому стані і дуже тверді, зцементовані та безструктурні в сухому. На таких ґрунтах у посушливі періоди рослини страждають від нестачі вологи, у вологі періоди – від нестачі повітря.

Залежно від вмісту увібраного натрію (% ємності катіонного обміну) ґрунти поділяються на такі групи: не солонцюваті – менше 5; слабо-солонцюваті – 10–5; середньо-солонцюваті – 15–10; дуже солонцюваті – 20–15; солонці – понад 20.

Поряд з натрієвими солонцями значні площі займають мало-натрієві (магнієві) солонці. Особливість цих ґрунтів полягає у високому вмісті в ГВК увібраного магнію (до 50 %) при незначному вмісті увібраного натрію. Мало-

натрієві солонці мають всі ті ж негативні властивості, що і натрієві. Ліквідація негативних властивостей солонців є основним завданням хімічної меліорації – гіпсування.

При внесенні гіпсу у ґрунт іони кальцію нейтралізують соду ґрунтового розчину та витісняють увібраний натрій з ГВК:



У невеликій кількості  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , що утворюється при гіпсуванні, не шкодить рослинам. Але при багаторічному гіпсуванні солонців у ґрунті утворюється багато  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , який необхідно видаляти з кореневмісного шару промиванням. В умовах богарного землеробства промивання можна здійснити снігозатриманням та акумуляцією поверхневого стоку.

Гіпсування ґрунтів проводять при вмісті увібраного натрію понад 5% ємності катіонного обміну. Розрахунки норм гіпсування виконуються за формулами:

*для нейтральних ґрунтів*

$$D = 0,086 (\text{Na} - 0,05\text{ЄКО}) \text{hd}$$

*для слаболужних ґрунтів*

$$D = 0,086 (\text{Na} - 0,05\text{ЄКО}) + (\text{S}-0,7) \text{hd}$$

*для дуже лужних (содових) ґрунтів*

$$D = 0,086 (\text{Na} - 0,05\text{ЄКО}) + (\text{C} - 0,7) \text{hd}$$

*для малонатрієвих (магнієвих) солонців*

$$D = 0,086 [(\text{Na} - 0,1 \text{ЄКО}) + (\text{Mg} - 0,3\text{ЄКО})] \text{hd},$$

де D — доза гіпсу ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), т/га; Na — вміст увібраного натрію, мг-екв/100 г ґрунту; ЄКО — ємність катіонного обміну; h — глибина меліоративного шару ґрунту, см; S — вміст токсичної лужності ( $\text{HCO}_3^-$  —  $\text{Ca}^{2+}$ ) у водній витяжці; C — вміст карбонату натрію ( $\text{CO}_3^{2-}$  —  $\text{Na}^+$ ) у водній витяжці, мг-екв/100 г ґрунту; Mg — вміст увібраного магнію, мг-екв/100 г ґрунту.

Найчастіше для меліорації солонців використовують гіпс і фосфогіпс. У гіпсі міститься 79–85 % сульфату кальцію. За вимогами стандарту, всі частки сиромеленого гіпсу повинні проходити через сито з діаметром отворів 1 мм і не менше 70–80 % – через сито з отворами 0,25 мм. Вологість не повинна перевищувати 8%. Фосфогіпс – відхід виробництва преципітату. Він містить 70–75 % гіпсу, 2–3 – фосфору, до 3 — заліза та алюмінію, 5–6 – глини та близько 15 % – води.

Останнім часом як меліоранти використовують глиногіпс, хлорид кальцію, сірку, сульфат заліза, сульфат алюмінію, дефекат, неорганічні кислоти (сірчану, соляну, азотну) тощо. Вибір меліоранту визначається ефективністю його впливу на ґрунт та відповідністю властивостям ґрунту.

Якщо замість гіпсу використовують інший меліорант, то, визначаючи його дозу, враховують вміст меліоруючих речовин, еквівалентний 1 т гіпсу. Для цього користуються коефіцієнтами перерахунку цих речовин на гіпс:

Меліоруюча речовина Коефіцієнт

Гіпс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 1,0

Хлорид кальцію ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 0,85

Сірка (S) 0,19

Сірчана кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 0,57

Сульфат заліза ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) 1,62

Сульфат алюмінію [ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ] 1,29

Полісульфід кальцію ( $\text{CaS}_5$ ) 0,77

Вапняк ( $\text{CaCO}_3$ ) 0,58

Глиногіпс (60%  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 1,67

Фізичну норму меліоранта обчислюють з урахуванням вмісту гіпсу в матеріалі.

Слід підкреслити, що хімічні меліоранти не вирішують всіх проблем докорінного поліпшення солонців. Їх треба застосовувати в комплексі з агротехнічними та біологічними методами. Лише за цієї умови реалізується максимальна ефективність хімічної меліорації.

Комплекс заходів меліорації солонців та солонцюватих ґрунтів повинен охоплювати:

1. хімічні заходи – внесення меліорантів;
1. обробіток ґрунту чизельними розпушувачами на глибину 35–45 см або плантажну оранку на 60–70 см;
2. планування (вирівнювання) поверхні поля;
3. регулювання поверхневого стоку та влаштування дренажу та промивного водного режиму за рахунок зрошення і снігозатримання;
4. використання органічних і мінеральних добрив як засіб, що прискорює хімічну меліорацію і підвищує родючість ґрунту;
5. створення після меліорації сприятливого агробіологічного фону висівом солестійких рослин (у перші роки – буркуна, суданської трави, люцерни, а в міру окультурення – ячменю, пшениці озимої, сорго, буряків цукрових).

## 1.7. ОХОРОНА ҐРУНТІВ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АГРОХІМІКАТАМИ ТА ПРОДУКТАМИ ТЕХНОГЕНЕЗУ

На даному етапі розвитку аграрних технологій ведення інтенсивного сільського господарства неможливе без застосування добрив. Практика їх використання розширюється й постійно вдосконалюється. 300-400 млн. т мінеральних добрив використовується для забезпечення населення планети продуктами харчування. Поряд з мінеральними, розширюються масштаби використання органічних добрив та хімічних меліорантів. Однак хімізація землеробства мусить бути науково-обґрунтованою. Необдуманність у використанні "хімії" на полях може мати катастрофічні наслідки.

Надлишок азотних добрив небажаний. Надлишковий азот викликає переважний ріст вегетативних органів за рахунок генеративних, підвищує чутливість рослин до низьких температур. Надлишковий азот особливо небезпечний у нітратній формі, тому що він не сорбується ґрунтом, легко мігрує по профілю і потрапляє в ґрунтові води. Зі збільшенням кількості азотних добрив виявляється підвищення концентрації нітратів у природних водах. Підвищення концентрації нітратів у питній воді до 40–50 мг/л стало причиною захворювання дітей метагемоглобанемією у США, Ізраїлі, Франції, ФРН та інших країнах (*Б. Коммонер, 1974*).

Не тільки нітратні, але й аміачні сполуки азоту здатні забруднювати ґрунти. Відомо, що амонійний азот перешкоджає хлоруванню води, якщо його концентрація перевищує 1 мг/л. До того ж, окиснюючись до нітратів, амонійний азот зв'язує кисень, що приводить до кисневого голодування гідробіонтів і псування води. Джерелом надлишкової кількості аміачного азоту в ґрунті служать відходи тваринництва і міські стічні води. Сучасні підприємства індустриального тваринництва, птахофабрики і міста формують вогнища аномально високого вмісту азоту і фосфору у вигляді органічних і мінеральних сполук, що, потрапляючи в екосистеми, локально перенасичують їх, доводячи вміст  $N-NO_3$  до 400 мг/кг ґрунту, а  $N-NH_4^+$  до

2200 мг/кг ґрунту (В.А.Ковда, 1976). Аномально високі концентрації сполук азоту спостерігаються навколо промислових підприємств, особливо тих, що виробляють азотні добрива. Перспективний шлях розв'язання азотної проблеми, на думку академіка **Е.М. Мішустіна**, полягає у посиленні уваги до біологічних джерел азоту в ґрунті, зокрема – в розширенні площ посівів бобових культур та використанні біодобрив.

Незважаючи на низьку розчинність фосфорних добрив і більшості інших сполук цього елемента, головний геохімічний напрямок їхнього глобального кругообігу спрямовано на озера, гирла рік, морів і шельфів океану. Близько 3–4 млн. т. фосфатів щорічно надходить з континентів в океан. Має місце локальне зафосфачування ґрунтів у зв'язку з низькою розчинністю його сполук. Але основна проблема фосфору – вичерпність його ресурсів, що веде до порушення необхідного співвідношення N : P : K у добривах.

Поряд з азотом і фосфором, найважливішим елементом живлення в ґрунтах є калій. Для компенсації виносу калію з урожаєм використовують калійні добрива різного складу. Найчастіше використовують хлорид калію. Однак його застосування веде до нагромадження в ґрунтах іону хлору, токсичного для більшості рослин. Наприклад, у картоплі він викликає водянистість бульб.

**Пестициди** – отрутохімікати для боротьби з бур'янами (**гербіциди**), із грибовими хворобами рослин (**фунгіциди**) і шкідниками (**зооциди, інсектициди** й ін.) широко застосовуються в сільському господарстві і зберігають більше 30 % врожаю. Найбільше застосування знаходять такі пестициди: хлоровані вуглеводи (гексахлоран), дієни (альдрін, севін), складні ефіри фосфорних кислот (ФОС), карбамати (карбін, тіллам), заміщені сечовини (фенурон, монурон). При обробці посівів пестицидами основна їх частина накопичується на поверхні едафотопів і рослин. Вони адсорбуються органічною речовиною ґрунтів і мінеральними колоїдами. Сорбція токсикантів зворотна. Надлишки пестицидів можуть мігрувати з



гравітаційним потоком і потрапляти в ґрунтові води. Накопичуючись у ґрунті, вони можуть передаватися по ланцюгах харчування і викликати захворювання тварин і людей. Нагромадження залишків пестицидів у ґрунті залежить і від природи токсиканта. Найбільш стійкі – хлорорганічні сполуки і група дієнів. Вони зберігаються у ґрунті протягом декількох років. До того ж, чим вище доза, тим довше зберігається токсикант. Фосфорорганічні сполуки і похідні карбамідної кислоти втрачають свою токсичність менш ніж за 3 місяці і при розкладі не утворюють токсичних метаболітів.

При внесенні пестицидів авіа методами вони розпорошуються і можуть переноситися повітряними масами на великі відстані. Багато біоцидів та їх метаболітів виявляються там, де їх ніколи не застосовували (наприклад, в Антарктиді). Разом з поверхневими водами пестициди можуть потрапляти у водойми й отруювати воду. Систематичне застосування у великих кількостях стійких пестицидів, що володіють кумулятивними властивостями, приводить до того, що основним джерелом забруднення водойм стає стік талих, дощових і ґрунтових вод. Процеси природної детоксикації йдуть активніше в умовах інтенсифікації процесів мінералізації органічної речовини.

Одна з основних умов охорони ґрунтів від забруднення пестицидами – створення і застосування менш токсичних і менш стійких сполук і зменшення доз їхнього внесення у ґрунт. Повна детоксикація біоцидів відбувається лише при їхньому розкладі на нетоксичні компоненти. Розкладанню токсикантів сприяють реакції окиснення, відновлення і гідролізу. Найбільш активне розкладання пестицидів здійснюють мікроорганізми. При участі ферментів мікроорганізмів у ґрунті і ґрунтовому розчині йдуть ті ж процеси гідролізу, окиснення чи відновлення. Мікроорганізми використовують для своєї життєдіяльності вуглець, азот, фосфор чи калій, що входять до складу біоцидів. Ефективним і екологічно безпечним способом боротьби за врожай є заміна застосування хімічного біоцида на використання біологічного ворога тої чи іншої хвороби, шкідника чи бур'яна.

Охорона ґрунтів від надлишку добрив має ряд спільних рис з охороною ґрунтів від надлишку пестицидів. Розробка нових довгостроково діючих гранульованих форм добрив, застосування комплексних форм, використання правильної технології їх внесення, дотримання правил збереження і транспортування – все це охороняє ґрунт від надлишку агрохімікатів.

Мінімалізувати хімічне втручання можливо лише шляхом "біологізації" землеробства, яке передбачає екологічний підхід організації виробництва сільськогосподарської продукції. Людство має відмовитись від застосування легкокорозійних мінеральних добрив (особливо азотних) та хімічних засобів боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами рослин, замінивши його оптимальним стимулюванням біологічної активності едафотопу і екосистеми в цілому.

Сучасна індустріальна діяльність супроводжується надходженням у біосферу побічних продуктів. У формі твердих відходів промисловості надходить щорічно 20–30 млрд. т різних речовин, з них 50 % – органічних. З твердими відходами на поверхню ґрунтів надходять забруднювачі навколишнього середовища. Серед них найбільш небезпечними вважають ртуть, свинець, кадмій, миш'як, селен і фтор. Забруднення ґрунтів важкими металами має різну природу, але переважно це відбувається при спалюванні викопного палива: вугілля, нафти, горючих сланців. Людством вже добуто і використано понад 130 млрд. т вугілля і 40 млрд. т. нафти. Отже, із золою надійшли на поверхню ґрунтів мільйони тонн металів, значна частина яких акумульована у верхніх шарах. Антропогенна діяльність на порядок збільшила надходження свинцю і кадмію. Головне джерело забруднення ґрунтів свинцем – вихлопні гази автомобілів. Щорічно з ними надходить більш 250 тис. т. свинцю. Важкі метали надходять у ґрунт також з добривами і пестицидами. Більшість сполук важких металів акумулюються в підстилці і гумусовому горизонті. Розподіл важких металів по поверхні залежить від характеру й особливостей джерела забруднення, метеорологічних особливостей регіону, зокрема – від рози вітрів, геохімічних факторів і

ландшафтної обстановки в цілому. Ареал максимального забруднення рідко перевищує 10–15 км у радіусі від джерела, але невеликі концентрації при попаданні у високі шари атмосфери можуть переноситися на значні відстані. Metали втягуються у біологічний кругообіг, передаються по ланцюгах харчування і викликають цілу низку захворювань у тварин і людини, при високих концентраціях згубно впливають на рослини, знижують біологічну активність ґрунтів.

Нерівномірність техногенного розподілу металів збільшується неоднорідністю геохімічної обстановки в природних ландшафтах. У зв'язку з цим, для прогнозування можливого забруднення продуктами техногенезу і запобігання небажаних наслідків необхідно брати до уваги закони міграції хімічних елементів у різних природних ландшафтах і геохімічних умовах. Продукти техногенезу, залежно від їх природи і тієї ландшафтної обстановки, куди вони потрапляють, можуть втрачати токсичність, трансформуватись природними процесами або зберігатися і накопичуватися, згубно діючи на живі організми.

В автономних ландшафтах розвиваються процеси самоочищення від техногенних забруднень, тому що продукти забруднення розсіюються поверхневими і внутріґрунтовими водами. В акумулятивних ландшафтах продукти техногенезу консервуються і накопичуються. Ртуть, свинець, кадмій добре сорбуються у верхніх сантиметрах перегнійно-акумулятивного горизонту різних типів ґрунтів суглинкового складу. Міграція їх по профілю і винос за межі ґрунтового профілю незначні. Але в ґрунтах легкого складу, кислих і збіднених гумусом, процеси міграції цих елементів посилюються.

Фтор також має токсичний вплив на мікрофлору, безхребетних тварин і рослинність. Адсорбція фтору відбувається в ґрунтах з добре розвинутим поглинальним комплексом. Розчинні сполуки фтору легко переміщуються по ґрунтовому профілю і можуть потрапляти в ґрунтові води. Джерелом цього полютанту в ґрунтах часто виступають фосфорні добрива. Цинк і мідь менш токсичні, але й більш мобільні, ніж свинець і кадмій. Підвищення вмісту

органічної речовини й поважчення гранулометричного складу ґрунтів зменшує міграційну здатність цинку та його сполук.

Спільна дія важких металів на живі організми в ґрунті має сильніший інгібуєчий вплив, ніж при тій же концентрації кожен елемент окремо. У різних типах ґрунтів рівень токсичності важких металів може відрізнятися на порядок і вище. Наприклад, встановлено, що кадмій на неокультурених підзолистих ґрунтах має гнітючий вплив при вмісті 5 мг/кг, а на окультурених – починаючи з 50 мг/кг.

З продуктами неповного згорання вугілля і нафти в ґрунт надходять поліциклічні ароматичні вуглеводи, серед яких особливо небезпечний бензпірен. Він сильний канцероген. **ґрунт – кінцевий резервуар акумуляції бензпірену.** Найбільше його накопичується в гумусовому горизонті. З ґрунтовим пилом, ґрунтовими водами, з продуктами харчування бензпірен може потрапляти в організм тварин і людини. ґрунтові мікроорганізми мають здатність розкладати бензпірен на нетоксичні компоненти, але процес надходження преавулює над його детоксикацією.

Антропогенне надходження сірки в ґрунт і на поверхню рослинності відбувається у формі  $\text{SO}_2$  й інших газоподібних сполук та у виді кислотних дощів. ґрунт сорбує двооксид сірки. Швидкість сорбції збільшується з наростанням вологості ґрунтів, підвищенням рН, збільшенням вмісту органічної речовини, ємності поглинання і питомої поверхні ґрунтів. Повітряно-сухі ґрунти сорбують 1–5, а вологі 9–67  $\text{mgSO}_2/\text{m}^2$  ґрунту (К.Сміт, 1973). ґрунти сорбують також і відновлені сполуки сірки: сірководень, метилмеркаптан, сірковуглець і ін. Двооксид сірки в атмосфері окиснюється в триоксид. Оксиди сірки й азоту техногенного походження, при розчиненні в рідкій фазі хмар і туману перетворюються в кислоти і випадають з опадами. На фонових територіях з опадами надходить 3–6 кг/га сірки, у промислових регіонах – 25–30 кг/га. Відповідно, вміст водорозчинної сірки в дерново-підзолистих ґрунтах фонових територій складає 5–7 мг/100 г, поблизу промислових виробництв він зростає і становить понад 20 мг/100 г ґрунту.

Двооксид і триоксид сірки можуть переноситися повітряними масами на десятки і сотні кілометрів від джерела викиду. Щорічно в атмосферу надходить до 500 млн. т кислотних компонентів.

При надходженні лужних, лужноземельних і важких металів з викидами металургійних заводів, а також аміаку з викидами комбінатів по виробництву добрив відбувається підлугування ґрунтів. Масштаби цих процесів значно менші, ніж процесів підкислення, і негативні наслідки також не настільки значні. Але при цьому аномально може зростати вміст у ґрунтах тих чи інших компонентів, що призводить до порушення необхідних пропорцій в елементах живлення. Підвищена лужність ґрунтів несприятлива для багатьох сільськогосподарських рослин. До того ж, в умовах лужної реакції середовища і промивного режиму різко зростає мобільність органічної речовини, що збіднює ґрунти на гумус.

Проте в наш час чи ненайбільший деструктивний вплив на екосистеми здійснюють природні та антропогенні (штучні) **радіонуклеїди**. Починаючи з кінця XIX століття, природний радіаційний фон, складовою частиною якого є радіаційний фон ґрунтів, невпинно зростає, що свідчить про прогресуюче забруднення довкілля цим видом полютантів. Джерелом природних радіонуклеїдів є космічне та внутрішнє земне випромінювання. Штучні радіоактивні ізотопи в ґрунтах – результат видобутку урану, роботи ядерних реакторів різного типу, функціонування радіохімічної промисловості, випробування ядерної зброї, використання радіонуклеїдів у народному господарстві та недосконалість утилізаційних технологій. Аварія на Чорнобильській АЕС – гіркий приклад людської безвідповідальності. Лише на території України забруднено 74 райони в 12 областях, а це 6,7 млн. га продуктивних ґрунтів, в тому числі: до 1 Кі/км кв – 5,6 млн. га, від 1 до 5 Кі/км кв – 1,0 млн. га, від 5 до 15 Кі/км кв – 100 тис. га, понад 15 Кі/км кв – 27 тис. га. Понад 58 тис. га отруєно на тисячі років у зоні відчуження, де була проведена повна евакуація населення (П.П. Надточій, В.Г. Гермащенко, Ф.В. Вольвач, 1998).

Захист ґрунтів від техногенних поллютантів базується, в першу чергу, на вдосконаленні технологій і принципів організації виробництва. Створення замкнених технологічних систем, організація безвідходного виробництва веде до різкого, майже повного скорочення надходження в едафотоп продуктів техногенезу. Крім запобіжних заходів, важливе значення мають заходи по ліквідації існуючого забруднення.

При атмосферному забрудненні ґрунтів важкими металами й іншими токсичними компонентами, коли вони у великих кількостях концентруються у верхніх горизонтах ґрунту, можливе вилучення цього шару і поховання його. У даний час отриманий ряд хімічних речовин, що здатні інактивувати важкі метали чи понизити їх токсичну дію. Це іонообмінні смоли, що утворюють хелатні сполуки з важкими металами. Іонообмінні смоли вносять у ґрунт у дозах, обумовлених рівнем забруднення. Негативною властивістю речовин-інактиваторів є їхня обмежена ємність.

Найбільш доступний, але не завжди найефективніший спосіб закріплення важких металів та радіонуклідів у ґрунті – внесення вапна й органічних добрив, що адсорбують важкі метали і токсини. Внесення органічних добрив у високих дозах, використання зелених добрив, борошна з рисової соломи і т.п. знижує надходження кадмію і фтору в рослини, а також токсичність важких металів. Регулювання складу і доз мінеральних добрив може зменшити токсичну дію низки елементів. Внесення підвищених доз фосфору знижувало токсичну дію свинцю, міді, цинку і кадмію.

## 1.8. НАЦІОНАЛЬНА ПРОГРАМА ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ

Найважливішою умовою збереження біосфери, нормального рослинного покриву і продуктивності сільського господарства є постійна турбота про охорону ґрунту, його структуру і властивості, здійснення системи заходів з підвищення родючості. Багато країн – таких як США, Німеччина, Франція, Канада, Китай, – вже прийшли до розуміння того, що охорона ґрунтів, боротьба з деградацією і забрудненням можуть ефективно проводитися тільки на державному рівні.

Ключовим принципом державної політики є неприпустимість такої дії на ґрунти, що призводить до погіршення його якості, до деградації, забруднення і руйнування. У рішеннях всесвітніх конференцій з навколишнього середовища і розвитку (1992р., Ріо-де-Жанейро, 2002р., Йоганесбург) визначено, що охорона і раціональне використання ґрунтів повинні стати центральною ланкою політики, оскільки стан ґрунтів визначає характер життєдіяльності людства і вирішальним чином впливає на довкілля.

Охорона ґрунтів повинна стати важливою задачею, бо без збереження ґрунтів і за умови втрати ними здатності виконувати екологічні, санітарно-гігієнічні і господарські функції неможливо забезпечити розвиток держави.

Ґрунти України досить добре вивчено, але це не стало перешкодою для інтенсивного розвитку процесів деградації. Біля третини орної території еродовано, втрачено 30% органічної речовини, приблизно 40% орних ґрунтів ущільнено у підорному шарі, помітно знижуються запаси поживних речовин, численні проблеми спостерігаються на меліорованих ґрунтах.

Метою створення Національної програми охорони ґрунтів України є призупинення ґрунтово-деградаційних процесів, зокрема дегуміфікацію, ерозійні явища, збіднення ґрунтів на поживні елементи. Окрім того, треба відвернути екологічні ризики, що створюються за рахунок підкислення, засолення, осолонцювання, зменшення біорізноманіття, забруднення. Обов'язково треба покращити природне середовище, умови праці та життя

сільського населення, і взагалі, привабливість агросфери, особливо для молоді.

**Мета Програми:** сприяння реалізації державної політики, спрямованої на збалансоване використання та охорону ґрунтів, створення екологічно безпечних умов проживання населення та біологічного різноманіття, захист ґрунтів від виснаження, деградації, забруднення, відтворення та збереження їхньої родючості, усунення негативних явищ у розвитку ґрунтових процесів, стабілізацію виробництва сільськогосподарської продукції та забезпечення оптимальних обсягів робіт і відповідних витрат, необхідних для розв'язання цих проблем.

Національну програму охорони ґрунтів України (Програму) бажано гармонізувати з «Європейською ґрунтовою політикою», документом ЄС, спрямованим на охорону ґрунтів та затвердженим у 2002р., базові принципи якої наступні:

- незалежність від форми власності на землю;
- моніторинг на єдиних засадах;
- районування території з виокремленням ґрунтів «hot spots» (з несприятливими властивостями для впровадження першочергових ґрунтозахисних заходів);
- упровадження ґрунтозахисних землеробських технологій (мінімальна, консервативна, нульова, підтримувальна, точна, органічна, тощо);
- сприяння фермеру в разі дотримання ним ґрунтоохоронних стандартів;
- ухвалення ґрунтозахисних законодавчих актів, директив, декларацій, хартій.

Більш ніж десять років функціонування «Європейської грантової політики» були спрямованими на розвиток моніторингу на єдиних засадах, районування території більшості країн з виокремленням ґрунтів з несприятливими властивостями, упровадження ґрунтозахисних



землеробських технологій, активізацією суспільства і ухвалення ряду законодавчих актів. Досвід охорони ґрунтів, накопичений в Європі, особливо з методичних аспектів моніторингу, опрацювання новітніх способів використання ґрунтів (консервативного, підтримувального, мінімального, нульового), суспільної державної підтримки їх впровадження має бути використаний в Україні.

Реалізація програми повинна забезпечити:

- раціональне використання та збереження ґрунтів як найважливішого компонента агроєкосистеми;
- застосування ґрунтозахисних технологій при здійсненні господарської і інших видів діяльності;
- своєчасне виявлення негативних змін стану ґрунтів;
- наукову обґрунтованість заходів охорони ґрунтів;
- поступовий перехід на збалансоване землекористування;
- гласність, повноту та достовірність інформації про стан ґрунтів, про обсяги застосування заходів з охорони ґрунтів;
- участь громадськості у прийнятті рішень у галузі охорони ґрунтів; невідворотність відповідальності за шкоду, спричинену ґрунтам.

Необхідність розроблення Програми зумовлена визнанням того, що:

- системна економічна криза охопила також і сферу використання ґрунтових ресурсів;
- незадовільний екологічний стан ґрунтових ресурсів є однією з головних причин погіршення якості навколишнього природного середовища;
- розв'язання проблем у сфері використання та охорони ґрунтів належить до пріоритетних напрямів державної політики у проведенні соціально-економічних реформ, у тому числі земельної реформи;
- реформування господарського комплексу повинне проводитися з достатнім гарантуванням екологічної безпеки населення, відновленням стану навколишнього природного середовища, у тому числі якісного стану земель. Основними стратегічними завданнями Програми є забезпечення пріоритету

вимог екобезпеки у процесі використання ґрунтів, гармонійне поєднання господарської діяльності з охороною довкілля, підвищення родючості ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення, захист ґрунтів від ерозії та створення на цій основі умов зростання обсягів виробництва сільськогосподарської продукції для зміцнення продовольчої безпеки країни.

Основними завданнями Програми є:

- проведення аналізу стану використання та охорони ґрунтів з урахуванням використання ресурсів біосфери, яке забезпечує її відтворення, функціональну рівновагу та еволюцію як базу соціально-економічного розвитку суспільства;

- припинення процесів деградації ґрунтів і падіння їхньої родючості;

- створення сучасних систем ґрунтозахисного землеробства з елементами біологізації;

- проведення хімічної меліорації ґрунтів і застосування добрив у науково обґрунтованих обсягах;

- впровадження заходів щодо відтворення родючості ґрунтів на техногенно забруднених землях сільськогосподарського призначення;

- формування національного, регіональних і місцевих банків даних про якісний стан ґрунтів і забезпечення функціонування інформаційно-аналітичної системи щодо відвернення негативних процесів та ліквідації їх наслідків, планування ґрунтозахисних та інших заходів.

Програма спрямована на забезпечення продовольчої безпеки країни шляхом:

- запобігання деградаційним процесам ґрунтового покриву та мінімізації їх наслідків, зокрема на землях сільськогосподарського призначення шляхом впровадження ґрунтозахисних технологій та інших заходів щодо охорони родючості ґрунтів;

- поетапного відновлення екологічно збалансованого співвідношення земельних угідь у зональних системах землекористування, у тому числі зменшення розораності земельного фонду та збільшення лісистості території;

- здійснення консервації деградованих, малопродуктивних та техногенно забруднених земель;
- резервування земель для природно-заповідного та іншого природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного використання; - пріоритетності екологічної безпеки та дотримання екологічних вимог охорони ґрунтів у процесі землевпорядкування територій;
- обмеження вилучення (викупу) особливо цінних ґрунтів, зокрема сільськогосподарського призначення, для несільськогосподарських потреб;
- пріоритетності здійснення превентивних заходів щодо ґрунтів, які ще не зазнали деградації чи зазнали її незначною мірою;
- першочергового виділення фінансових ресурсів для здійснення запобіжних заходів на найбільш напружених деградаційних територіях;
- застосування економічних важелів впливу на суб'єктів землекористування, зокрема за впровадження ґрунтозахисних технологій та інших заходів щодо охорони родючості ґрунтів;
- удосконалення системи моніторингу земель і ґрунтів;
- удосконалення системи управління використанням та охороною ґрунтів.

Програма спрямована також на виконання Україною міжнародних зобов'язань в рамках Конвенції Організації Об'єднаних Націй про боротьбу з опустелюванням у тих країнах, що потерпають від серйозної посухи та/або опустелювання, особливо в Африці.

**Визначення оптимальних напрямів реалізації Програми.** У зв'язку з інтенсивним використанням ґрунтового покриву України швидко змінюється, усе більшої актуальності набувають процеси деградації. Тому контроль змін і на його базі формування відповідних програм з призупинення деградації та відтворення родючості ґрунтів – надактуальна задача. В рамках цієї задачі для України особливе значення мають проблеми призупинення втрат гумусу у ґрунтах, подолання їх збіднення, відновлення біорізноманіття, з організації

протиерозійних робіт, відновлення хімічної та гідротехнічної меліорації, впровадження заходів з попередження техногенного забруднення.

*Призупинення падіння гумусу і досягнення його бездефіцитного балансу.* Головними напрямками, які дозволять призупинити дегуміфікацію ґрунтів є: впровадження у виробництво ґрунтоохоронних сівозмін з оптимальним співвідношенням культур, а також за рахунок розширення площ під багаторічними травами, особливо бобовими, вирощування проміжних культур і сидератів, заміна чистих парів зайнятими; застосування агротехнічних заходів, які сприяють більшому надходженню з ґрунту органічних речовин у вигляді кореневих і післяжнивних решток; створення умов для більш ефективної гуміфікації органічних матеріалів, що надходять до ґрунту через застосування відповідних агротехнічних і агрохімічних заходів; застосування торфу, сапропелю, ставкового мулу й інших вуглецьвмісних матеріалів. У зв'язку з відсутністю органічних добрив в аграрному секторі України (з 2008 р. їх внесено лише 0,5 т/га сівозмінної площі), особливого значення набуває налагодження випуску нового покоління органо-мінеральних біоактивних добрив на природній основі. Оптимізація гумусоутворення можлива через застосування біологічних препаратів, що сприяють високій целюлозолітичній активності розкладання рослинних решток і обмеженню розвитку шкідливих бактерій і міксоміцетів.

*Збагачення ґрунтів поживними речовинами.* Серед заходів, які спрямовано на збагачення ґрунтів поживними речовинами, головним є відновлення щорічного обсягу застосування мінеральних добрив до рівня 150-160 кг/га д.р. З метою підвищення окупності мінеральних добрив потрібно змінити технології їх застосування, а саме використовувати їх або в рядки під час сівби, або локально під час допосівної культивування та крім того – у підживлення в період вегетації рослин. При цьому окупність внесених добрив приростами врожаїв збільшиться у 2-3 рази. Важливим заходом також є обов'язкове застосування мікродобрив, або мінеральних добрив, збагачених на мікроелементи. Необхідно водночас реалізувати можливості Волино-

Подільських, Харківських, Донецьких, Вінницьких і Одеських родовищ фосфоритів для зменшення дефіциту виробництва фосфорних добрив.

*Захист ґрунтів від ерозії.* Для підвищення ефективності протиерозійних заходів необхідно змінити стратегію «боротьби з ерозією ґрунтів» на стратегію «управління ерозійно-аккумулятивними процесами». В цьому плані першочерговим є скорочення частки ріллі до 40–50 %. За умови виведення з обробітку біля 8,6 млн га малопродуктивних і деградованих земель співвідношення ріллі й екологостабільних угідь оптимізується, а інтенсивність ерозійних процесів різко зменшиться. Не менш важливим є розширення мінімальних і, особливо, нульових способів обробітку ґрунту. В Україні їх можна впровадити на мільйонах гектарів. Поряд з цими вирішальними проти деградаційними заходами необхідно використовувати і традиційні протиерозійні агротехнічні заходи, такі, як щільвання, смугове розміщення культур і докорінне поліпшення кормових угідь.

*Меліорація кислих і солонцевих ґрунтів.* У сучасних економічних умовах відновлювати традиційну технологію суцільної хімічної меліорації недоцільно через її високу витратність та збитковість. Зараз потрібні принципово нові підходи до вирішення проблем меліорації кислих і солонцевих ґрунтів з обов'язковим переходом на ресурсозберезувальні технології. З економічних причин хімічну меліорацію слід здійснювати на кислих і солонцевих ґрунтах, що добре піддаються цьому заходу, оскільки витрати на підвищення їхньої родючості окупаються швидше і не потребують додаткових витратних заходів. На перших етапах відродження хімічної меліорації кислих ґрунтів в Україні найбільш доцільно проводити «підтримувальне» вапнування, яке спрямоване на гальмування процесів підкислення ґрунтів. За цією технологією на кожен гектар вносять не 5-6 т вапна, а лише 1-1,5 т. На солонцевих комплексах, де плями солонців не становлять більше 25-30 %, гіпсування ґрунтів слід проводити не суцільно, а контурно. За неможливості застосування контурного гіпсування, меліоранти слід вносити на весь масив, але у точних нормах, розрахованих для

конкретного типу ґрунту, що забезпечує ресурсозбереження до 60 %. Обов'язково треба відновити глибоку плантажну оранку, ефективність і тривалість післядії якої дуже значні порівняно з хімічною меліорацією. У масштабах країни використання запропонованих ресурсозбережувальних технологій дозволить заощадити енергетичні та матеріальні ресурси на 50-60 % та підвищити продуктивність кислих і солонцевих земель на 35-40 %. Окремим і дуже важливим ланцюгом ресурсозбережувальних технологій на кислих і солонцевих ґрунтах є фітомеліорація. Вона включає підбір і розміщення в сівозмінах сільськогосподарських культур, толерантних до кислої/лужної реакції ґрунтового середовища. Ґрунти, що непридатні для меліорації, доцільно вилучити із сільськогосподарського використання для їх ренатуралізації.

*Реконструкція зрошувальних і осушувальних систем.* Для подолання кризової ситуації на масивах меліорованих земель необхідно вивести з використання землі з незадовільним екологомеліоративним станом, на землях із задовільним екологомеліоративним станом реконструкцію зрошувальних і осушувальних систем слід виконувати лише за здійснення заходів з попередження або мінімізації негативного впливу зрошення/осушення на ґрунти та агроландшафти. Необхідно здійснити комплексну реконструкцію систем, впровадити прогресивні системи землеробства, які забезпечать економічну ефективність використання та екологічну стабільність меліорованих агроландшафтів.

*Впровадження заходів з попередження техногенної деградації ґрунтів.* З метою запобігання розвитку деградаційних процесів на ґрунтах, які забруднені важкими металами, необхідно впроваджувати технологічні заходи з детоксикації ґрунтів. Серед них найбільш доступні землекористувачам – локальне внесення мінеральних добрив, використання залізовмісних меліорантів, внесення вапна, проведення фітомеліорації. Застосування цих заходів на забруднених ґрунтах дозволить попередити розвиток техногенної

деградації і гарантуватиме одержання рослинницької продукції, яка відповідає санітарно-гігієнічним вимогам.

*Оптимізація біологічного стану ґрунтів.* Заходи, спрямовані на використання природного біологічного потенціалу ґрунту, є значним внеском у розв'язання проблем збереження родючості ґрунтів у цілому, і у пошук додаткових джерел оптимізації живлення сільськогосподарських культур зокрема. На біологічно активних ґрунтах сільськогосподарські культури забезпечуються комплексом типових для даного ботанічного виду мікроорганізмів, одержують повноцінне живлення, а отже реалізують свій генетичний потенціал щодо врожайності. Таким чином, оптимізацію біологічного стану ґрунтів необхідно проводити за такими напрямками:

- комплексне та системне обстеження біологічного стану ґрунтів різних природно-кліматичних зон України;

- організація агроекологічного та проблемно-орієнтованого моніторингу з обов'язковим мікробіологічним компонентом;

- формування інформаційно-аналітичної бази даних щодо стану ґрунтової мікробіоти в сучасних природних і агроценозах для прогнозування спрямованості мікробіологічних процесів та запобігання біодеградації у ґрунтах;

- нормативне забезпечення контролю за рівнем допустимого антропогенного навантаження на ґрунтові біологічні системи та розробка відновлювальних агротехнологій з максимальним використанням природного мікробіологічного потенціалу ґрунту;

- організація мережі інформаційно-консультативної діяльності з метою широкого запровадження у виробництво інноваційних мікробних біотехнологій.

У розвинутих країнах спостерігається зростання уваги добіопрепаратів, що зумовлено гострою необхідністю отримання біологічно повноцінних та безпечних продуктів харчування, а також біологічного оздоровлення агроценозів. Їх розробляють усі країни світу – виробники зерна

(zareєстровано та виготовляється понад 300 біологічних засобів захисту, які випускають більше 80 компаній). Увага до біопрепаратів обумовлена ще й щорічним зростанням на 15 % виготовлення нових синтетичних органічних продуктів, які продовжують забруднювати агроценози, що значно знижує їхню біологічну продуктивність. У світовій практиці застосування біопрепаратів враховує дві принципові переваги: збільшення продуктивності рослин без витрат невідновлювальних ресурсів і відсутність шкідливих викидів у природне середовище. Біопрепарати придатні для використання на будь-якому етапі розвитку рослини, а також під час зберігання, коли застосування хімічних засобів значно обмежено санітарними вимогами.

Програмою передбачено такі види охорони ґрунтів сільськогосподарського призначення:

- захист ґрунтів від ерозії, заболочення, вторинного засолення, зсувів, переущільнення, забруднення промисловими, у тому числі біологічними патогенними агентами, радіоактивними та хімічними речовинами;

- рекультивація порушених ґрунтів та земель;

- поліпшення сільськогосподарських ґрунтів;

- створення полезахисних лісосмуг, інших ґрунтозахисних лісонасаджень

*Удосконалення системи моніторингу ґрунтів.* З метою забезпечення збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про стан ґрунтових ресурсів, прогнозування його змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій, для прийняття ефективних управлінських рішень передбачено формування національного, регіональних та місцевих банків даних про якісний стан ґрунтів, забезпечення функціонування інформаційно-аналітичної системи щодо відвернення негативних процесів і ліквідації їх наслідків, планування ґрунтозахисних та інших заходів.

Проведення моніторингу ґрунтових ресурсів в Україні буде узгоджено з головними ознаками європейського моніторингу ґрунтів, що передбачає:

- незалежність від відомчого впливу;



- доступність у населення до інформації про стан ґрунтів;
- просту 2-ланцюгову структуру (регіональна лабораторія –центр);
- широкий перелік індикаторних показників;
- особливий статус постійних спостережних ділянок;
- періодичну атестацію аналітичних лабораторій, приладів і кадрів;
- сувору відповідальність за достовірність отриманої інформації;
- однотипну методологію виконання робіт, скоординовану з іншими компонентами довкілля.

Першочерговими заходами удосконалення державної системи моніторингу ґрунтів та їх родючості є:

- пріоритетне запровадження геоінформаційних технологій та використання уніфікованих процедур і методів збирання, накопичення, оновлення, зберігання, оброблення, користування та розповсюдження отриманої інформації;

- використання матеріалів дистанційного зондування Землі;

- оновлення системи (мережі опорних пунктів) моніторингу ґрунтів на принципах її раціонального розміщення та репрезентативної щільності з урахуванням ґрунтів опорних пунктів наукових установ, навчальних закладів і проектних організацій (ґрунтових, агрохімічних, ерозійних, меліоративних, геоботанічних, інженерно-геологічних тощо), на яких проводиться спеціальний, кризовий та науковий моніторинг і комплекс досліджень з визначення якісного стану ґрунтів і розроблення прогностичних моделей і ґрунтозахисних технологій;

- створення мережі ділянок з еталонними ґрунтами;

- впровадження систем глобального позиціювання для оперативного визначення точного географічного положення ділянок прояву негативних процесів;

- інформаційна взаємодія між суб'єктами державної системи моніторингу ґрунтів.

Реалізація у Програмі моніторингу, що вже став ознакою цивілізованості у багатьох країнах, крім виробничих аспектів, передбачає гармонізацію та включення створеної національної мережі спостережень до міжнародних мереж і надання їм відповідного статусу.

*Створення Служби охорони ґрунтів*, що повинна перебрати на себе усі зобов'язання, що випливають із Закону України «Про охорону земель» та інших законів і стати центральним виконавчим органом, що відповідає за стан земельних ресурсів країни. Наявні в країні служби, які мали скласти основу нової системи контролю й управління земельними ресурсами (землепорядна, охорони родючості ґрунтів, екологічна, санітарно-епідеміологічна) працюють розрізнено, виконують вузькі потреби відомств. Значною частиною земельних ресурсів (під лісами, відомств, запасу, гірських територій, населених пунктів) об'єктивно управляти ще важче, бо тут нема майже ніяких матеріалів про ґрунти.

Служба здійснюватиме програмне, методичне, правове та нормативне забезпечення моніторингових і ґрунтово-агрохімічних обстежень, створюватиме та контролюватиме хід виконання ґрунтоохоронних програм, буде брати активну участь у просвітницько-виховній ґрунтоохоронній роботі (щорічно видаватиме бюлетень про стан ґрунтів, створюватиме та постійно оновлюватиме веб-сайт, підтримуватиме науково-публіцистичну діяльність, співпрацюватиме з громадськими екологічними та ґрунтоохоронними товариствами, надаватиме їм методичну допомогу тощо).

Реалізація будь-яких об'єктивних механізмів контролю стану ґрунтів (як основи наступного їх оптимального управління) неможлива на базі застарілих підходів.

Основними шляхами реалізації Програми є:

– *удосконалення існуючих і розроблення нових більш дієвих законів про охорону ґрунтів і їхню родючість*. Зокрема, потрібно прийняти нові закони України: «Про ґрунти та їх родючість», «Про моніторинг ґрунтів», «Про екологічно чисті ґрунти», «Про особливо цінні і зникаючі ґрунтові об'єкти»,

«Про вивід деградованих і малопродуктивних ґрунтів з ріллі і їх консервацію», «Про страхування земель» і інші. Кожна гілка влади, як на державному так і місцевому рівні повинна бути відповідальною за раціональне використання, охорону та захист ґрунтів. Влада систематично в межах своєї просторової компетенції повинна тримати питання охорони і родючості ґрунтів у полі свого зору: контролювати стан, приймати адекватні управлінські рішення, залучати фінансові ресурси для їх здійснення, а в разі необхідності, карати порушників, привертати увагу засобів масової інформації, організовувати освітянську та виховну роботу. Таку саму відповідальність повинні мати власники земель. Вони не повинні родючі землі використовувати не за призначенням, захарашувати ґрунти. Особливо уважно і згідно регламентам необхідно поводитись з відходами, які здатні погіршувати ґрунти, рослини, водні джерела;

– *підняття рейтингу проблеми захисту і відтворення ґрунтів в суспільстві.* Необхідно, щоб держава імплементувала Програму, надала їй статусу національної, довела її до кожної області, району, сільгосп підприємства, віднайшла кошти для фінансування (за рахунок земельного податку і за рахунок коштів землекористувачів). Програма повинна стати базою для опрацювання та впровадження заходів збереження унікального ґрунтового покриву, який має Україна. Дії державних органів влади зверху донизу треба підпорядкувати вирішенню Програми. Цьому ж повинна сприяти діяльність політичної еліти суспільства, вищої, середньої і нижньої ланок керівництва;

– *оновлення кадастрової, картографічної та аналітичної інформації про ґрунти в зв'язку з достатньо швидким розвитком деградаційних процесів.* В Україні обстеження ґрунтових ресурсів ведеться за методикою і даними, головним чином, обстеження ґрунтів 1957-1961 рр. Але ця методика і матеріали застаріли. Україна не має сучасних карт, і, як наслідок, усі матеріали, що базуються на їх основі (зонування, районування, бонітети, різноманітні агротехнічні рекомендації тощо) потребують оновлення. Тому

треба переглянути як методику складання картографічної і аналітичної документації, так і самі матеріали. На новому етапі вивчення ґрунтового покриву, обстеження ґрунтів з метою складання нових карт і уточнення генетичної приналежності ґрунтів не повинні бути відірвані від агрохімічної паспортизації, як це склалося в Україні протягом десятиліть;

– *приведення у відповідність вимогам часу стану наукового забезпечення проблеми раціонального землекористування, особливо проблеми подолання деградації земель, а саме: задіяти геоінформаційні, дистанційні, автоматизовані комп'ютерні й інші сучасні технології – для забезпечення обґрунтованих просторових рішень, ідентифікації деградаційних явищ, особливо ерозії, протидеградаційної організації сільськогосподарської території, нових методів упорядкування інформації у вигляді баз даних і експертних автоматизованих систем з розширеними можливостями довідкового обсягу;*

*залучення всіх верств суспільства до оволодіння максимумом знань про ґрунти і необхідності їх охорони. Треба збільшити обсяги й якість викладання ґрунтознавства і охорони ґрунтів у школах, технікумах, інститутах, університетах, видати відповідні підручники для різних категорій споживачів інформації. Деградацію земель слід розглядати як результат несприятливого стану суспільства, не гармонізованих зв'язків між різними його шарами, як результат недостатніх знань і невміння організувати відповідну роботу;*

– *створення асоціацій як способу активізації громадянського суспільства на підтримку новітніх ґрунтозахисних технологій відповідно до дій, що здійснюються у європейських країнах з метою підтримки новітніх ґрунтозахисних технологій землеробства, або у Бразилії, Аргентині й Австралії (нульового обробітку), або у Португалії, Іспанії і Італії – (протиерозійних заходів), або у Швейцарії і Данії (екологічно чистого землеробства);*

– створення мережі консультаційних і навчальних центрів з метою запобігання деградації земель. З цією метою розгорнути освітянську діяльність у засобах масової інформації, особливо по телебаченню, організувати у всіх природно-сільськогосподарських зонах демонстраційні заходи, конференції, фахові і популярні видання, буклети, газети. Тематика, пов'язана з охороною земель, повинна стати найважливішою. В умовах України, де фактично не існує служби впровадження подібно до extension service, як це має місце у розвинутих країнах заходу, такі заходи вкрай необхідні;

– в умовах приватної власності на землю значно зростає роль громадської підтримки, яка забезпечується за рахунок участі організацій, спілок, засобів масової інформації. Громадські організації (наукові товариства, союзи товаровиробників, різні фонди екологічного, правового й інших спрямувань) як атрибут цивільного демократичного суспільства практично не впливають на вирішення питань раціонального використання та збереження ґрунтового покриву як найважливішого національного надбання України. Треба активізувати зусилля органів державної і місцевої влади, а також власників землі та землекористувачів на охороні земель, підвищенні культури землеробства, якості еколого-виховної роботи, впровадженні заходів з меліорації ґрунтів, виконанні протиерозійних, агротехнічних, культуртехнічних заходів, створенні полезахисних лісових смуг. Програма повинна передбачати розширення робіт у регіонах, формування базових господарств (зразків захищених територій);

– зменшення розриву між наукою, владою і суспільством, точніше між ґрунтознавцями, які розроблюють рекомендації із захисту ґрунтів, менеджерами, які повинні створювати умови для їх впровадження, і агросферою, яка повинна активно сприймати наукові рекомендації. З цього ж випливає необхідність опрацювання механізмів взаємодії між різними верствами суспільства;

– активізація міжнародної співпраці з метою розробки ефективної стратегії захисту ґрунтів від деградації. Форми співпраці можуть бути різними: гармонізація методів оцінки деградації, спільні проекти, обмін фахівцями, реалізація освітянських програм. Головне тут – виявити найбільш цінний досвід різних країн у вивченні деградованих земель, їх реабілітації та зробити його надбанням для України.

*Використання та охорона ґрунтів, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи.* Необхідність проведення захисних заходів у межах Волинської, Житомирської, Київської, Рівненської, Черкаської, Чернівецької та Чернігівської областей, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, буде зберігатися до 2050 року. Без цього неможливо забезпечити отримання сільськогосподарської продукції, яка відповідає санітарним нормам.

Загальна площа ґрунтів, що знаходяться в зоні радіоактивного забруднення, становить 534,5 тис. га, з них лісів 253,6 тис. га, забруднених сільськогосподарських земель, що не використовуються – 126,7 тис. га.

В найкоротші строки необхідно провести уточнювальне радіоекологічне обстеження ґрунтів сільськогосподарського призначення.

Передбачається консервація радіоактивно забруднених сільськогосподарських угідь, на яких неможливе одержання сільськогосподарської й іншої продукції, продуктів харчування, що відповідають державним і міжнародним допустимим рівням вмісту радіоактивних речовин (за винятком угідь, на яких здійснюються заходи згідно інших цільових програм) шляхом залуження та залісення з метою захисту басейну р. Дніпро, моніторингу стану природного середовища, утримання земель у належному санітарному стані .

Особливий статус серед територій, які зазнали радіаційного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, має зона відчуження та відселена частина зони безумовного (обов'язкового) відселення (259,8 тис. га). До зони відчуження віднесено більше половини території Поліського та

Іванківського районів (з урахуванням колишнього Іванівського району) Київської області, а також частину території Овруцького та Народицького районів Житомирської області.

Зазначені ґрунти виведені з господарського обігу, відмежовані від суміжних територій і віднесені до категорії радіаційнонебезпечних земель, які згідно Земельного кодексу України відносяться до категорії земель іншого призначення. На цих землях, у тому числі на землях колишнього лісового та водного фондів і колишніх сільгоспугідь, неможливе одержання сільськогосподарської й іншої продукції, продуктів харчування, що відповідають державним та міжнародним допустимим рівням вмісту радіоактивних речовин. Діяльність на цих територіях, у тому числі і з використанням вказаних ґрунтів можлива лише за наявності спеціального дозволу, виданого в порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України.

На радіоактивно забруднених ґрунтах передбачено здійснення наступних обов'язкових заходів запобігання винесенню радіонуклідів з території зон і радіоактивному забрудненню навколишнього середовища, зокрема, шляхом підтримки природного залуження та лісовідновлення, а також з метою захисту басейну р. Дніпро тощо, моніторингу стану ґрунтів та нерадіаційних компонентів ґрунтів, утримання земель у належному санітарному стані. Передбачається здійснення заходів на цих територіях щодо збереження ділянок, які мали статус заказників у доаварійний період та проведення досліджень з метою можливого виділення нових природоохоронних об'єктів. Забороняється будь-яка інша діяльність, яка не забезпечує режим радіаційної безпеки.

Використання зазначених ґрунтів здійснюється відповідно до Закону України «Про правовий режим територій, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи», інших законодавчих актів.

## **Етапи виконання Програми**

Програма виконується у два етапи. На першому етапі виконання Програми – 2016–2020 рр. – передбачається:

- створення нормативно-правової та нормативно-технічної бази як передумов для раціонального землекористування, забезпечення продовольчої безпеки та економічної стабільності держави;
- здійснення заходів щодо удосконалення організаційного забезпечення раціонального використання та охорони ґрунтових ресурсів на загальнодержавному рівні;
- розроблення зональних, регіональних і обласних програм раціонального використання та охорони ґрунтів;
- розроблення систем ґрунтозахисного землеробства з елементами біологізації;
- забезпечення припинення деградації ґрунтів на найбільш розійно небезпечних територіях;
- створення державної служби моніторингу і охорони родючості ґрунтів та її територіальних органів;
- започаткування ґрунтового обстеження, картографування ґрунтів та оброблення отриманої інформації;
- проведення геоботанічного обстеження сільськогосподарських угідь;
- здійснення контролю відтворення й охорони родючості ґрунтів на підставі даних агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення та результатів моніторингу ґрунтів.
- впровадження ресурсозберувальних технологій використання агрохімікатів;
- проведення моніторингу та комплексної оцінки техногенно забруднених ґрунтів сільськогосподарського призначення та агрохімічних заходів щодо відтворення їх родючості;
- розроблення механізму формування та ведення національного, регіональних та місцевих банків даних про якісний стан ґрунтів і



забезпечення функціонування інформаційно-аналітичної системи щодо відвернення негативних процесів та ліквідації їх наслідків, планування ґрунтозахисних та інших заходів.

- розроблення та впровадження економічних механізмів землекористування;

- організація моніторингу виконання Програми.

На другому етапі – 2021–2025 роки – планується завершити здійснення заходів, передбачених Програмою, зокрема:

- удосконалення нормативно-правової та нормативно-технічної бази;

- здійснення заходів щодо удосконалення організаційного забезпечення раціонального використання та охорони ґрунтових ресурсів на загальнодержавному рівні;

- забезпечення припинення деградації ґрунтів на найбільш деградованих територіях;

- завершення геоботанічного обстеження сільськогосподарських угідь та узагальнення його результатів;

- стабілізація процесів відтворення родючості ґрунтів та досягнення бездефіцитного балансу поживних речовин;

- продовження ґрунтового обстеження;

- стимулювання робіт, пов'язаних з відтворенням та охороною родючості ґрунтів.

### **Механізм виконання Програми.**

*Організаційне забезпечення.* Для забезпечення виконання заходів і завдань, пов'язаних з охороною родючості ґрунтів, на місцевому рівні розробляються і затверджуються в установленому порядку місцеві програми охорони родючості ґрунтів, у яких передбачаються першочергові заходи, спрямовані на вирішення таких питань:

*На регіональному рівні* – науково-методичне, програмне й організаційне забезпечення, створення та ведення регіональних інформаційних баз даних про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського

призначення; проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення та моніторингу ґрунтів; ведення польових дослідів, камеральних і аналітичних робіт; розроблення та реалізації заходів щодо відтворення та охорони родючості ґрунтів; оцінки стану родючості ґрунтів; підготовки та подання держадміністраціям узагальненої інформації про стан ґрунтової родючості, просвітницької, виховної та кваліфікаційної діяльності.

*На районному рівні* – систематичний контроль якості землекористування, змін родючості ґрунтів, технологій вирощування культур; створення зразків екологічно безпечних і ефективно функціонуючих територій (полів для демонстрації ґрунтозахисних технологій); консультативна діяльність, надання допомоги землекористувачам з розроблення планів з охорони ґрунтів і контролю за її виконанням; просвітницька та виховна діяльність із землевласниками та землекористувачами.

#### *Нормативне забезпечення.*

Для виконання Програми необхідно розробити та забезпечити реалізацію відповідних нормативно-правових актів, зокрема підготувати проект постанови Кабінету Міністрів України щодо встановлення нормативних документів із стандартизації в галузі охорони земель та відтворення родючості ґрунтів.

Необхідно також розробити та затвердити нормативи в галузі охорони та відтворення родючості ґрунтів рекомендації щодо:

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

Крім того, передбачається розробка інших нормативів, зокрема:

- організаційно-методичних, в яких визначаються основні загальні положення використання та охорони ґрунтів;

- технологічних навантажень у процесі використання сільськогосподарських угідь (хімічні, механічні, меліоративні, оцінні);
- гірничо-технічних, якими регламентується проведення рекультивації порушених земель;
- режимних, які стосуються зон особливого режиму землекористування, де забороняється чи обмежується певна господарська чи інша діяльність/

Передбачається впровадження сертифікації ґрунтів земельних ділянок, а також технологій вирощування сільськогосподарських культур.

*Наукове забезпечення.*

Для виконання Програми необхідно забезпечити збалансоване поєднання фундаментальних і прикладних досліджень за такими напрямками:

- еколого-економічне обґрунтування різних видів господарської діяльності та визначення пріоритетних напрямів їх забезпечення ґрунтовими ресурсами;
- створення системи оцінки раціонального використання та охорони ґрунтів на принципах взаємодії суб'єктів власності і користування та створення сталого землекористування;
- удосконалення методології та методики оптимізації землекористування у сучасних умовах;
- розроблення класифікації ґрунтів за придатністю для використання та генетичної класифікації ґрунтів;
- створення автоматизованої системи збирання, збереження та використання інформації про кількісний та якісний стан ґрунтових ресурсів і оцінки ґрунтів для оперативного отримання інформації, потреб прогнозування, планування та проектування;
- планування, прогнозування й організація раціонального використання та охорони ґрунтів з дослідженням екологічних і економічних чинників;
- обґрунтування та встановлення природоохоронних обмежень щодо використання ґрунтів та формування екомережі;

– проведення (удосконалення) природно-сільськогосподарського, еколого-економічного, ґрунтово-ерозійного та інших видів районування ґрунтів.

Пріоритетне значення буде надано науковим дослідженням у галузі охорони родючості ґрунтів з таких проблем:

– ведення регіональних довготривалих дослідів з діагностики, еволюції й управління ґрунтовою родючістю у регіонах з метою удосконалення технологій застосування агрохімікатів, зокрема добрив і хімічних меліорантів;

– розробка сучасної генетичної класифікації ґрунтів;

– наукове обґрунтування нових ресурсозберезувальних технологій охорони родючості ґрунтів, у тому числі удобрення, хімічної меліорації;

– удосконалення концепції моніторингу стану ґрунтів і ґрунтової родючості, опрацювання програмних, технічних та інших методів, у тому числі дистанційних засобів, геоінформаційних систем, багатофункціональних баз даних, сучасних підходів до одержання, передачі, акумулювання, обробітку і картографування інформації;

– створення сучасних методик обстеження ґрунтів із застосуванням методів дистанційного зондування Землі;

– розширення нормативно-правової бази для виконання робіт з охорони родючості ґрунтів;

– удосконалення та стандартизація методів дослідження ґрунтів і ґрунтової родючості;

– вивчення причин, механізмів, масштабів, інтенсивності деградацій ґрунтової родючості та розроблення засобів щодо її усунення;

– розроблення удосконалених принципів і методів природно-сільськогосподарського, еколого-агрохімічного і екологічного районувань ґрунтів сільськогосподарського призначення;

– регламентація методів, технологій та технічних засобів біологічного землеробства;

– удосконалення методів екологічної реабілітації техногенно забруднених ґрунтів сільськогосподарського призначення;

– використання геоінформаційних систем і даних дистанційного зондування Землі для оцінки та контролю продуктивності ґрунтів України.

Кадрове забезпечення Програми полягає у збереженні наукового потенціалу, підвищенні його кваліфікації, зокрема через аспірантуру та докторантуру наукових установ відповідного профілю, впровадженні стажування спеціалістів у аналогічних службах інших держав. Передбачається також підготовка ґрунтознавців для проведення ґрунтового обстеження.

#### *Фінансове забезпечення.*

Фінансування заходів Програми передбачається здійснювати за Охорона ґрунтів і відтворення їх родючості 43 рахунок коштів державних, місцевих бюджетів, інвестицій та інших джерел не заборонених Законом. Фінансування програми та її складових здійснюватиметься з урахуванням заходів, які фінансуються в рамках чинних державних, регіональних і галузевих програм та проектів, що реалізуються, фондів охорони навколишнього природного середовища у складі бюджетів усіх рівнів, коштів міжнародних програм, за відшкодування втрат сільськогосподарського і лісогосподарського виробництва, за економічне стимулювання раціонального використання та охорони ґрунтів.

Для реалізації Програми необхідно задіяти кошти з фондів, які утворюються за рахунок сплати податків землекористувачами. Треба відновити дію Закону України «Про плату за землю», який прийнято ще у 1996 році, але кожного року Верховна Рада його дію тимчасово призупиняла. Якби закон діяв і водночас було переглянуто дуже низькі ставки податків, скорочено перелік пільговиків, що не сплачують податок, а також запозичено частину коштів з великих населених міст (саме тут збирається 80 % земельного податку), то можна створити фонд об'ємом приблизно у 28-30 млрд грн, що достатньо для реалізації найбільш актуальних питань програми.

Крім цього, держава повинна турбуватися про власників землі, які дбайливо відносяться до ґрунтів, і за власні кошти впроваджують заходи з охорони та підвищення їх родючості. Необхідно розробити систему їх стимулювання, яка повинна передбачати:

- повну або часткову компенсацію витрат з реалізації заходів, спрямованих на поліпшення якості ґрунтів та охорону земель;

- тимчасове звільнення сільгоспвиробника від плати за земельні ділянки, на яких здійснено заходи з поліпшення якості ґрунтів та охорони земель за власний рахунок;

- надання пільгових кредитів, субсидій, повного або часткового відшкодування відсотків за кредит.

Все це дозволить задіяти значну кількість коштів у відновлення родючості ґрунтів і підвищення їх продуктивності.

Потреба в коштах і джерелах фінансування для забезпечення обсягів заходів і завдань, передбачених Програмою, визначена відповідно до чинного законодавства. Розрахунки здійснено відповідно до вимог законів України «Про охорону земель», а також Бюджетного кодексу України та податкового законодавства. Питомі показники вартості обсягів заходів визначені за нормативами і даними, що фактично склалися.

За рахунок коштів державного бюджету здійснюється:

- розроблення планів використання й охорони ґрунтів;
- реалізація заходів щодо запобігання деградації ґрунтів;
- рекультивация земель;
- будівництво та реконструкція протиерозійних гідротехнічних і протизсувних споруд;

- творення нових і реконструкція існуючих захисних лісонасаджень;

- моніторинг ґрунтів;

- ґрунтове обстеження;

- агрохімічна паспортизація земель сільськогосподарського призначення;

- створення національного, регіональних та місцевих банків даних про якісний стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення;
- геоботанічні обстеження ґрунтів сіножатей та пасовищ;
- економічне стимулювання здійснення заходів щодо використання та охорони і родючості ґрунтів;
- науково-дослідні роботи в галузі охорони і родючості ґрунтів;
- інформаційне забезпечення виконання Програми;
- наукове забезпечення здійснення заходів Програми та кадрове забезпечення.

За рахунок часткового фінансування з державного або місцевого бюджетів здійснюється:

- внесення мінеральних добрив і мікродобрив (у разі наявних можливостей); - внесення органічних добрив;
- хімічна меліорація (вапнування, гіпсування);
- посів сидеральних культур (у разі наявності можливостей).

За рахунок часткового фінансування з місцевого бюджету здійснюється:

- внесення мінеральних добрив;
- внесення мікродобрив;
- добування і внесення торфу та сапропелю (у разі наявності можливостей);
- використання бактеріальних препаратів та регуляторів росту рослин (у разі наявності можливостей);
- хімічна меліорація (вапнування, гіпсування);
- посів сидеральних культур.

За рахунок коштів землевласників і землекористувачів частково або повністю здійснюється:

- проведення культуртехнічних робіт;
- протиерозійні агротехнічні заходи;
- залуження деградованих і малопродуктивних орних земель;

– поліпшення стану сіножатей та пасовищ.

За рахунок часткового фінансування за кошти землевласників і землекористувачів здійснюється:

- унесення мінеральних добрив та мікродобрив;
- добування і внесення торфу та сапропелю;
- використання бактеріальних препаратів та регуляторів росту рослин;
- хімічна меліорація (вапнування, гіпсування);
- посів сидеральних культур.

Програмою передбачено врахування потенційних і заподіяних ризиків від наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру і, насамперед, вилучення сільськогосподарських і лісогосподарських угідь, впливу на рекреаційні об'єкти та об'єкти природно-заповідного фонду, що потребує вжиття надзвичайних заходів з боку держави.

Загальна вартість усього комплексу робіт на 10 р. (з урахуванням вартості мінеральних добрив) за цінами 2015 р. становить 603,128 млрд грн, з яких 11,099 млрд грн – кошти державного бюджету й місцевих бюджетів, середньорічний загальний обсяг фінансування становить 60,313 млрд грн. Без вартості мінеральних добрив загальний обсяг фінансування проекту Програми за 10 р. дорівнює 53,128 млрд грн (середньорічний – 5,313 млрд грн), у тому числі за рахунок коштів:

– державного та місцевих бюджетів – 11,099 млрд грн, що становить 20,9 % (середньорічний – 1109,9 млн грн);

– за рахунок землевласників і землекористувачів – 42,029 млрд грн, що становить 79,1 % (середньорічний – 4202,9 млн грн).



## ЧАСТИНА II (ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ)

### 2.1. ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ГУМУСУ В ҐРУНТІ

Гумус (лат. humus – земля, ґрунт) – це темно-забарвлена органічна речовина ґрунту, що утворюється в результаті біохімічних перетворень рослинних і тваринних решток. До складу гумусу входять гумінові кислоти (найважливіші для родючості ґрунтів) і фульвокислоти (кренова, апокренова кислоти). На гумус припадає 85–90 % всіх органічних речовин ґрунту. До складу органічних речовин відносяться також сполуки рослинного, тваринного і мікробного походження, що містять клітковину, лігнін, білки, цукор, смоли, жири, дубильні речовини, а також проміжні продукти їх розпаду. Ґрунтовий гумус знаходиться в тісній взаємодії з мінеральною колоїдною частиною ґрунту і важко від неї відокремлюється будь-яким прийомом.

До складу гумусу входить 58 % вуглецю, 32,8 % кисню, 305–405 % водню тощо.

Гумус впливає на родючість, колір, фізичні властивості ґрунту тощо.

**Метод Тюріна.** Суть методу ґрунтується на окисненні вуглецю гумусу 0,4 н. розчином двохромовокислого калію ( $K_2Cr_2O_7$ ) виготовленого на сірчаній кислоті з розведенням у воді у відношенні 1:1. За кількістю біхромату калію, що пішла на окислення, визначають вміст гумусу.

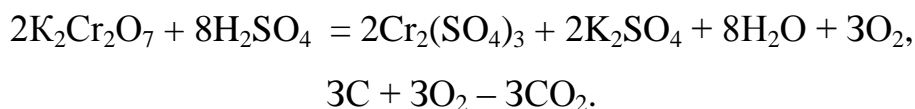
Метод, який запропонований І.В. Тюріним, на відміну від інших, відзначається простотою, точністю і швидкістю визначення гумусу.

Обладнання і реактиви: фарфорові ступки, суконки, скляні палички, сита з отворами 0,25 мм, торзійні ваги, колби ємністю 100 і 500 мл, електроплитка, лійки, бюретки, промивалки, 0,4 н. розчин  $K_2Cr_2O_7$  (39,23 г біхромату калію розчиняють в 1л розведеної водою 1:1 сірчаної кислоти), 0,2 н. розчин солі Мора  $FeSO_4(NH_4)_2SO_4$  (78.4 г солі розчиняють в мірній колбі на 1 л і доводять водою до позначки), дифеніламін.

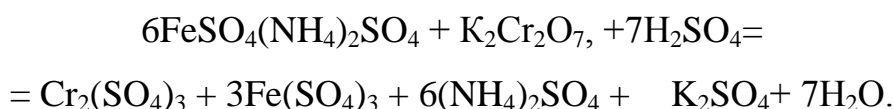
*Хід роботи* 1. Із загальної проби взяти 50–60 г ґрунту, розтерти в ступці й просіяти крізь сито з отворами 1 мм. Ґрунт розстелити на папері тонким шаром і за допомогою скляної палички, наелектризованої суконкою, не торкаючись поверхні, провести над ґрунтом. Корінці та інші рослинні рештки, що не втратили ще анатомічної будови, чіпляються до палички. Вибирання повторити кілька раз.

2. Частину ґрунту перенести у фарфорову ступку, розтерти дерев'яним товкачиком і просіяти крізь сито з отворами 0,25 мм. З виготовленої проби відважити на торсійних (або аналітичних) вагах наважку ґрунту від 0,1 до 0,5 г. Маса наважки буде залежати від вмісту гумусу: чим більше в ній гумусу, тим менша її маса.

Наважку ґрунту обережно перенести в конічну колбу ємністю 100 мл і додати з бюретки 10 мл двохромовокислого калію. В шийку колби вставити лійку діаметром 4 см для зменшення випаровування, поставити на електроплитку з сіткою і кип'ятити 5 хв, не допускаючи бурного кипіння. При кип'ятінні двохромовокислий калій і сірчана кислота розкладаються з виділенням кисню, який і окислює вуглець гумусу:



проте не весь кисень витрачається на окислення вуглецю ґрунтового гумусу. Частина його, що не пішла безпосередньо на окислення ґрунтового гумусу, визначається за окисленням солі закису заліза, який входить до складу солі Мора. Проводиться так зване зворотне титрування залишку розчину хромової суміші 0,2 н. розчином солі Мора. При цьому відбувається реакція



3. Розчин  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ , що утворюється в результаті реакції, має темно-зелене забарвлення, тому, коли при кип'ятінні всі 10 мл  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  віддадуть свій кисень для окислення вуглецю гумусу, вміст колби позеленіє. Цього допускати не можна. Потрібно слідкувати за тим, щоб в розчині завжди був

надлишок  $K_2Cr_2O_7$ , який своїм забарвленням затушовує темно-зелений колір  $Cr_2(SO_4)_3$ , що утворюється.

Як тільки колір суспензії в колбі при кип'ятінні почне зеленіти, колбу треба зняти з електроплитки, охолодити, долити ще 10 мл  $K_2Cr_2O_7$  і знову кип'ятити 5хв (час відраховується з моменту закипання).

4. Після закінчення кип'ятіння колбу охолодити і її вміст перенести в іншу колбу ємністю 500 мл. Колбу, в якій кип'ятили суспензію, кілька раз обполіснути дистильованою водою. Об'єм води у великій, колбі повинен становити приблизно 200 мл.

5. До суспензії додати 8 крапель дифеніламіну і вміст колби збовтати (рідина набуває темно-бурого забарвлення).

6. Відтитрувати  $K_2Cr_2O_7$  (що не вступив у реакцію і залишився після кип'ятіння) 0,2 н. розчином солі Мора до темно-зеленого забарвлення. При цьому потрібно уважно слідкувати за зміною забарвлення рідини. Від додавання 1–2 крапель розчину солі Мора воно буде змінюватися поступово: від фіолетового, синього, а потім до темно-зеленого.

7. Провести контрольне титрування двохромовокислого калію розчином солі Мора для встановлення еквівалентного відношення між ними. Для цього в колбу ємністю 300 мл налити приблизно 200 мл води, додати спочатку 10 мл розчину  $K_2Cr_2O_7$  і перемішати, а потім 8–10 крапель дифеніламіну і знову збовтати. Одержаний розчин відтитрувати 0,2 н. розчином солі Мора до темно-зеленого кольору. Вміст гумусу (х, %) обчислити за формулою:

$$X = \frac{(a-b) \cdot T \cdot 0,0010362 \cdot 100 \cdot KГ}{m_r},$$

де а – кількість 0,2 н. розчину солі Мора, що пішла на титрування 10 мл  $K_2Cr_2O_7$  (контрольне титрування), мм; б – кількість 0,2 н. розчину солі Мора, використаної на титрування залишку  $K_2Cr_2O_7$ , що не брав участі в окисненні гумусу і залишився після кип'ятіння; Т – поправка до титру солі Мора; 0,0010362 – гумусове число, запропоноване

Іщери́ковим, яке означає, що 1 мл 0,2 н розчину солі Мора відповідає 0,0010362 г гумусу; 100 – число для переведення у відсотки; КГ – коефіцієнт гігроскопічності;  $m_t$  – наважка повітряно-сухого ґрунту, г.

**Метод Тюріна в модифікації В. М. Симакова.** У модифікації визначення гумусу спочатку і до моменту закінчення п'ятихвилинного кип'ятіння проводиться так, як і за методом Тюріна.

*Подальший хід аналізу.*

5. Після кип'ятіння колбу з суспензією охолодити, з промивалки обмити дистильованою водою лійку та стінки колби, довести об'єм води в ній до 30-40мл.

6. У колбу з суспензією додати 4–5 крапель 0,2 %-го розчину фенілантранілової кислоти і вміст колби збовтати.

7. Відтитрувати  $K_2Cr_2O_7$ , що не вступив в реакцію і залишився після кип'ятіння, 0,2 н. розчином солі Мора. Кінець титрування визначається переходом вишнево-фіолетового кольору в зелений.

8. Провести контрольне титрування. Для цього в колбу місткістю 100 мл налити 30–40 мл дистильованої води, додати 10 мл  $K_2Cr_2O_7$ , перемішати і знову додати 4–5 крапель індикатора (фенілантранілову кислоту), відтитрувати розчином солі Мора.

Результати аналізу обчислити за формулою Тюріна.

## 2.2. РОЗРАХУНОК БАЛАНСУ ГУМУСУ У СІВОЗМІНІ

Збереження та підвищення родючості ґрунтів – одне з основних завдань як науковців, так і практиків. За останній час у сільському господарстві відбулися значні зміни. Недотримуються науково обґрунтовані системи сівозмін, проводиться мінімізація обробітку ґрунту, різко знизилась обсяги застосування органічних і мінеральних добрив та зросла кількість побічної рослинної продукції, яка заорюється в ґрунт. Все це суттєво вплинуло на рівень родючості ґрунту і, в першу чергу, на вміст гумусу та рухомих поживних речовин.

Проблема збереження та підвищення природної родючості ґрунтів є базовою як при оцінюванні рівня живлення сільськогосподарських культур зокрема, так і при аналізі використання земель сільськогосподарського призначення загалом. В цій проблемі важливе значення займає питання балансу гумусу як основного критерію екологічної стійкості землеробства.

Тривале інтенсивне сільськогосподарське використання порушує екологічну рівновагу, що призводить до зменшення вмісту органічної речовини у ґрунтах, зниження рівня їх родючості. Втрати гумусу у чорноземах України за час сільськогосподарського використання становлять близько 50%. За останнє десятиріччя дефіцит балансу гумусу в середньому по Україні становить 0,62 т/га за рік. Тому на даний час питання балансу гумусу є досить актуальним і необхідно знаходити всі можливі резерви для того, щоб досягти рівня його бездефіцитності.

Розрахунок балансу гумусу дозволяє здійснювати контроль за характером змін його вмісту при тій структурі посівних площ, яка складається у останні роки, та рівні застосування мінеральних і органічних добрив.

*Баланс гумусу* математично являє собою різницю між статтями його надходження і втрат за однаковий проміжок часу. Розрізняють наступні типи балансу гумусу у ґрунті:

– бездефіцитний – коли мінералізація гумусу дорівнює гуміфікації органічних решток;

– додатній – гуміфікація перевищує мінералізацію гумусу;

– від’ємний (дефіцитний) – втрати гумусу перевищують його утворення.

Таблиця 2.1

**Рівняння регресії для визначення маси рослинних решток за урожайністю основної продукції сільськогосподарських культур (за Г.Я. Чесняком, 1987)**

Сільськогосподарські культури	Рештки	
	поверхневі	кореневі
Пшениця озима	$X=0,32y+13,5$	$Z=0,71y+10,0$
Пшениця яра, ячмінь	$X=0,29y+6,8$	$Z=0,54y+9,3$
Овес	$X=0,19y+14,8$	$Z=0,42y+8,4$
Просо, сорго	$X=0,50y+7,4$	$Z=0,37y+12,8$
Гречка, мак	$X=0,28y+8,3$	$Z=0,65y+11,5$
Кукурудза на зерно	$X=0,20y+1,6$	$Z=0,83y+7,2$
Горох, вика, соя	$X=0,12y+4,5$	$Z=0,36y+8,9$
Соняшник	$X=0,41y+3,2$	$Z=1,16y+4,9$
Буряки цукрові	$X=0,005y+2,8$	$Z=0,06y+9,7$
Буряки кормові	$X=0,003y+2,4$	$Z=0,05y+5,2$
Кукурудза на силос, силосні	$X=0,006y+9,7$	$Z=0,10y+13,5$
Багаторічні трави (сіно)*	$X=0,12y+5,9$	$Z=1,02y+4,7$
Картопля, овочі, баштанні, гарбузи	$X=0,068y+0,5$	$Z=0,07y+8,9$
Однорічні трави, вико-вівсяна сумішка (сіно)*	$X=0,12y+6,8$	$Z=0,50y+13,3$

де: X – кількість поверхневих рослинних решток, т/га;

Z – кількість кореневих рослинних решток, т/га;

y – урожайність основної продукції культури, ц/га.

\*Розрахунок подано на основі врожаю сіна. У випадку збору врожаю на зелений корм величину зібраної зеленої маси слід помножити на коефіцієнт 0,25.

Кількість післяжнивних залишків визначають за фактичною (або плановою) врожайністю культур сівозміни. Найбільша кількість

післяжнивних залишків фіксується при розорюванні багаторічних трав, найменша – після просапних культур (соняшник, цукровий буряк, кормові коренеплоди, картопля, овочі). Зернові культури і кукурудза на силос залишають середню кількість залишків.

Накопичення післяжнивних залишків збільшується з підвищенням урожайності сільськогосподарських культур, проте знижується з ростом урожаю.

Гуміфікація післяжнивних (табл. 2.2) решток залежить від культури: у багаторічних і однорічних трав, зернобобових культур вона найбільша (0,23 – 0,25), а у просапних культур – найменша (0,08 – 0,15).

Таблиця 2.2

**Коефіцієнти гуміфікації післяжнивних решток (kg)**

Культура або групи культур	Ґрунтово-кліматична зона		
	Полісся	Лісостеп	Степ
Озимі зернові	0,23	0,25	0,20
Озимі на зелений корм	0,15	0,14	0,13
Горох, вика, соя, ріпак	0,24	0,23	0,25
Кукурудза на зерно	0,22	0,20	0,20
Ячмінь, овес, просо, сорго, гречка	0,23	0,22	0,22
Однорічні трави, вико-овес (сіно)	0,24	0,25	0,22
Багаторічні трави (сіно)	0,23	0,25	0,25
Кукурудза на силос	0,14	0,15	0,15
Цукрові та кормові буряки	0,08	0,10	0,10
Картопля, овочі, баштанні	0,13	0,08	0,10
Соняшник	–	0,15	0,14
Льон	0,25	–	–
Солома на добриво	0,20	0,22	0,25
Гній підстилковий	0,042	0,054	0,059
Сидеральні культури	0,25	0,28	0,30

**Гуміфікація органічних добрив**

Органічні добрива підвищують урожайність сільськогосподарських культур, і відповідно кількість післяжнивних залишків. Частина органічної речовини, яка надійшла з органічними добривами, гуміфікується і бере участь у відтворенні гумусу. Коефіцієнти гуміфікації стандартного підстилкового гною у різних ґрунтово-кліматичних зонах наведені у табл. 2.2.

Кількість гумусу ( $Q_2$ ) у т/га, яка утворилася з стандартного підстилкового гною, розраховують за формулою:

$$Q_2 = H_{\Gamma} \cdot k_g,$$

де  $H_{\Gamma}$  – норма гною, яка була внесена або буде вноситись під сільськогосподарську культуру, т/га;

$k_g$  – коефіцієнт гуміфікації підстилкового гною.

#### **Загальне надходження гумусу ( $Q$ ) у т/га**

за рахунок гуміфікації післяжнивних залишків та внесених органічних добрив вираховують за формулою:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

### **Статті витрат гумусу**

#### **Мінералізація гумусу**

Розмір мінералізації гумусу ( $V$ ) у т/га визначається загальною кількістю гумусу в орному шарі, ступеню його стійкості при різних системах обробітку і кліматичних умов та розраховується за формулою:

$$V_1 = G \cdot H \cdot d_V \cdot k_M \cdot k_K,$$

де  $G$  – вміст у гумусу у ґрунті, %;  $H$  – глибина орного шару, см;  $d_V$  – щільність складення ґрунту, г/см<sup>3</sup>;  $k_M$  – коефіцієнт мінералізації гумусу;  $k_K$  – відносний індекс біологічної продуктивності.

Вміст гумусу у ґрунті – один із основних генетичних його показників. На вміст гумусу впливає гранулометричний склад ґрунту, клімат, еродованість та інші показники. Вміст гумусу у досліджуваних табл. визначають за



результатами агрохімічної паспортизації на основі агрохімічного паспорту поля чи земельної ділянки або беруть з табл. 2.3.

Таблиця 2.3

**Вміст гумусу у ґрунтах різних ґрунтово-кліматичних зон (G)**

Ґрунти	Вміст гумусу, %
Дерново-підзолисті піщані та супіщані	0,8–1,5
Дерново-підзолисті суглинкові, ясно-сірі лісові	1,5–2,5
Сірі лісові	2,5–3,5
Темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені	3,5–5,0
Чорноземи вилугувані, реградовані і типові	5,0–6,5
Чорноземи звичайні і південні	4,0–5,5
Каштанові та темно-каштанові	2,5–3,5
Коричневі	2,6–3,6
Буроземно-підзолисті	1,5–3,0

Глибина орного шару (H) залежить від культур, які вирощується, а на Поліссі – від потужності гумусового горизонту. При розрахунках потрібно користуватись конкретними даними вимірної глибини орного шару ґрунту. У випадках розрахунку балансу гумусу на великих площах можна використовувати приблизні дані (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

**Орієнтовна глибина орного шару різних типів ґрунтів (H)**

Ґрунти	Глибина орного шару, см
Дерново-підзолисті, ясно-сірі та сірі лісові	20–22
Темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені	25–27
Чорноземи вилугувані, реградовані і типові	30–32
Чорноземи звичайні і південні	25–27
Каштанові та темно-каштанові	20–22
Коричневі	20–22
Буроземно-підзолисті	18–20

Щільність складення ґрунту ( $d_v$ ) залежить від гранулометричного складу та вмісту гумусу і коливається від 1,00 до 1,60 г/см<sup>3</sup> (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

**Щільність складення ґрунту ( $d_v$ )**

Ґрунти	Щільність складення ґрунту, г/см <sup>3</sup>
Дерново-підзолистий супіщаний	1,50–1,60
Дерново-підзолистий суглинковий	1,35–1,50
Дерново-карбонатний суглинковий	1,40–1,50
Дерново-глейовий суглинковий	1,30–1,40
Лучний суглинковий	1,15–1,20
Сірий лісовий суглинковий	1,30–1,40
Темно-сірий опідзолений суглинковий	1,10–1,20
Чорнозем опідзолений суглинковий	1,10–1,20
Чорнозем типовий, реградований та вилугуваний суглинковий	1,00–1,20
Чорнозем звичайний та південний суглинковий	1,10–1,30
Каштановий та темно-каштановий суглинковий	1,30–1,40

Коефіцієнт мінералізації гумусу ( $k_M$ ) – щорічна частка гумусу, яка мінералізується (визначається в середньому за кілька років). Мінералізація залежить від ґрунтово-кліматичної зони (ґрунту), частоти обробітку. Чим менше ґрунт обробляється, тим менші втрати гумусу за рахунок мінералізації. Тому всі сільськогосподарські культури можна розмістити у наступний зростаючий ряд:

- багаторічні трави (без обробітку);
- культури суцільної сівби (передпосівний обробіток);
- просапні культури (передпосівний і міжрядний обробітки);
- пар (табл. 2.6):

Таблиця 2.6

**Коефіцієнт мінералізації гумусу ( $k_M$ )**

Група культур за інтенсивністю обробітку	Ґрунтово-кліматична зона, ґрунт			
	Полісся	Лісостеп		Степ
	Дерново-підзолисті, ясно-сірі лісові	Темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені і	Чорноземи типові	Чорноземи звичайні і південні, каштанові
Багаторічні трави	0,0067	0,0037	0,0032	0,0027
Зернові, колосові	0,0110	0,0060	0,0052	0,0045
Просапні	0,0260	0,0125	0,0108	0,0095
Чистий пар	0,0310	0,0162	0,0140	0,0120

Відносний індекс біологічної продуктивності ( $k_K$ ) характеризує кліматичні умови мінералізації гумусу в досліджуваному місці по відношенню до середнього показника по країні, прийнятому за одиницю (табл. 2.7).

Таблиця 2.7

**Відносний індекс біологічної продуктивності ( $k_K$ )**

Ґрунтово-кліматична зона	$k_K$
Полісся та Передгірські і гірські райони	0,93
Лісостеп	1,065
Степ	1,16

**Втрати гумусу від ерозії**

Втрати гумусу ( $V_2$ ) у т/га внаслідок ерозії вираховують за формулою:

$$V_2 = B_E \cdot G,$$

де  $B_E$  – втрати ґрунту під впливом ерозії (табл. 2.8), т/га;  $G$  – вміст гумусу у ґрунті, %.

**Щорічні втрати ґрунту від водної ерозії з 1 га силових земель України**

Ґрунтово-кліматична зона	Крутизна схилу, °	Винос дрібнозему, т/га
Полісся	0,5–2	7–8
	2–5	17–20
	5–10	50–65
	>10	115–140
Лісостеп	0,5–2	6–10
	2–5	17–37
	5–10	60–95
	>10	145–190
Степ	0,5–2	1,5–4,5
	2–5	6–45
	5–10	23–45
	>10	60–120

**Загальні втрати гумусу (V) у т/га розраховують за формулою:**

$$V = V_1 + V_2$$

**Баланс гумусу**

**Баланс гумусу (Bg) у т/га вираховують за формулою:**

$$Bg = Q - V$$

## Розрахунок балансу гумусу в сівозміні

Показник	Культура				
Урожай культури, т/га (U)					
Коефіцієнт накопичення залишків (kp)					
Коефіцієнт гуміфікації залишків (kg)					
Гуміфікація післяжнивних залишків, (Q <sub>1</sub> )					
Норма гною, т/га (H <sub>Г</sub> )					
Коефіцієнт гуміфікації підстилкового гною (kg)					
Гуміфікація органічних добрив, (Q <sub>2</sub> )					
<b>Загальне надходження гумусу, (Q)</b>					
Вміст гумусу в ґрунті, (G)					
Глибина орного шару, (H)					
Щільність складення, (d <sub>v</sub> )					
Коефіцієнт мінералізації, (k <sub>M</sub> )					
Відносний індекс біологічної продуктивності (k <sub>K</sub> )					
Мінералізація гумусу (V <sub>1</sub> )					
Втрати від ерозії (B <sub>E</sub> )					
Загальні втрати від ерозії (V <sub>2</sub> )					
<b>Загальні втрати гумусу (V)</b>					
<b>Баланс гумусу (B<sub>G</sub>)</b>					

### 2.3. ВИЗНАЧЕННЯ КИСЛОТНОСТІ ҐРУНТУ

Кислотність ґрунту зумовлюється наявністю в ньому вільних і увібраних іонів водню і алюмінію. При підвищеній кислотності пригнічується більшість сільськогосподарських культур та життєдіяльність мікроорганізмів, зокрема нітрифікаторів й амоніфікаторів.

Розрізняють кислотність ґрунту активну і потенціальну. Активна зумовлюється вільними іонами водню, які є в ґрунтовому розчині, й виражається величиною рН (від'ємний логарифм концентрації іонів увібраних іонів водню і алюмінію).

Потенціальна кислотність ґрунту зумовлюється наявністю іонів водню і алюмінію в твердій фазі ґрунту. Вона може бути обмінна і гідролітична. Обмінна кислотність зумовлена тією частиною іонів водню і алюмінію, яка може бути витіснена з ґрунтового вбирного комплексу катіонами 1 н. розчину нейтральних солей. При внесенні мінеральних добрив катіони водню і алюмінію витісняються в ґрунтовий розчин, чим погіршують умови розвитку рослин і формування врожаю. Обмінна кислотність виражається в мг-екв./100 г ґрунту, або в одиницях рН сольової витяжки. Гідролітична кислотність зумовлена іонами водню і алюмінію, які можуть бути витіснені з ґрунтового вбирного комплексу катіонами 1 н. розчину гідролітично лужних солей. Вона характеризує повну кислотність, оскільки включає потенціальну і активну види. Гідролітична кислотність виражається в мг-екв./100 г ґрунту.

**Визначення активної кислотності (рН водної витяжки) рН-метричним методом.** Суть методу полягає у визначенні кислотності водної витяжки рН-метричним методом при відношенні ґрунту до води як 1:2,5 для мінеральних і 1:25 для торф'яних ґрунтів.

Обладнання і реактиви: ваги, рН-метр, буферні розчини рН 4,01; 6,86; 9,18; колби, склянки.

*Хід роботи.* 1. 20 г повітряно-сухого ґрунту перенести в склянку ємністю 100 мл, додати 50 мл дистильованої води, добре збовтати і залишити на наступний день до повного осадження ґрунту і освітлення розчину.

2. Підготувати рН-метр до роботи згідно з інструкцією, настроїти його за допомогою буферних розчинів.

3. У розчин обережно, щоб його не сколотити, занурити електроди рН-метра і встановити рН водного розчину досліджуваного ґрунту.

**Визначення обмінної кислотності (рН сольової витяжки).** Суть методу полягає у витісненні з ґрунтового вбирного комплексу іонів  $H^+$  і  $Al^{+++}$  1,0 н. розчином  $KCl$  при відношенні ґрунту до води 1:2,5 для мінеральних ґрунтів і 1:25 для торф'яних з наступним вимірюванням активності іонів потенціометричним методом.

Обладнання і реактиви: ваги, рН-метр, буферні розчини, 1 н. розчин  $KCl$ .

*Хід роботи.* 1. 20 г ґрунту перенести у склянку ємністю 100 мл, додати 50 мл 1 н. розчину  $KCl$ , збовтати 1 хв і залишити на другий день.

2. Підготувати рН-метр до роботи згідно з інструкцією. Настроїти його за буферними розчинами рН 4,01; 6,86; 9,18.

3. Не збовтуючи розчину, після відстоювання занурити в нього скляні електроди і визначити рН. Дані про кислотність ґрунту використовують для встановлення ступеня кислотності та потреби його у вапнуванні (табл. 2.10).

Таблиця 2.10

### Класифікація ґрунтів за ступенем кислотності

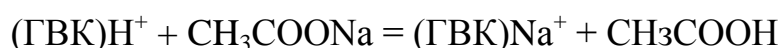
$pH_{KCl}$	Ступінь кислотності	Забарвлення на картограмі	Потреба у вапнуванні
<4,0	Дуже сильнокисла	Червоне	Сильна
4,1–4,5	Сильнокисла	Оранжеве	Сильна
4,6–5,0	Середньокисла	Жовте	Середня
5,1–5,5	Слабокисла	Зелене	Середня
5,6–6,0	Близька до нейтральної	Голубе	Незначна
>6,0	Нейтральна	Синє	Відсутня

**Визначення гідролітичної кислотності за методом Каппена.** Суть методу полягає в обробленні ґрунту 1,0 н. розчином оцтовокислого натрію з утворенням оцтової кислоти, яка відтитровується 0,1 н. розчином NaOH. За кількістю мілілітрів витраченого для титрування лугу визначають гідролітичну кислотність.

Обладнання і реактиви: ваги, колби ємністю 500 і 250 мл, піпетки ємністю 50мл, лійки, фільтри, бюретки, 1 н. розчин CH<sub>3</sub>COONa, 0,1 н. розчин NaOH, фенолфталеїн.

*Хід роботи.* 1. Зважити 40 г повітряно-сухого ґрунту, просіяного крізь сито з отворами 1 мм, помістити в колбу ємністю 500 мл і додати 100 мл 1 н. розчину CH<sub>3</sub>COONa.

2.Вміст колби збовтати на ротаторі 1 год. При цьому відбувається реакція:



Одногодинне збовтування можна замінити п'ятихвилинним кип'ятінням з відстоюванням протягом доби.

2.Суспензію відфільтрувати крізь сухий складчастий фільтр.

3.Відібрати піпеткою 50 мл фільтрату в конічну колбу ємністю 250 мл, додати 1–2 краплі фенолфталеїну і відтитрувати 0,1 н. розчином NaOH до рожевого забарвлення, що не зникає протягом 1 хв.

3.Гідролітичну кислотність ґрунту обчислити (H<sub>r</sub>, мг-екв/100 г ґрунту) за формулою

$$H_r = \frac{a \cdot T \cdot 1,75 \cdot 5 \cdot \text{КГ}}{10}$$

де а – кількість 0,1 н. розчину NaOH, що пішла на титрування, мл; T — поправка до титру NaOH; 1,75 – поправка на повне витіснення іонів водню; 5 – коефіцієнт для переведення на 100 г ґрунту, що відповідає 50 мл фільтрату або 20 г ґрунту, що є п'ятою частиною від 100 г; КГ – коефіцієнт гігроскопічності; 10 – коефіцієнт для переведення результатів аналізу в міліграми – (1 мг-екв. водню відповідає 10 мл 0,1 н. розчину CH<sub>3</sub>COONa, що титрує 0,1 н. розчину NaOH).



## 2.4. ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ ҐРУНТУ У ВАПНУВАННІ І РОЗРАХУНОК НОРМИ ВАПНА

Ефективність мінеральних добрив різко знижується, при їх використанні на кислих ґрунтах. Тому в кожній сівозміні господарства відповідно до матеріалів агрохімічного обстеження виділяють поля, на яких необхідно проводити вапнування, встановлюють послідовність вапнування ґрунтів на окремих полях сівозміни з урахуванням ступеня їх кислотності, ступеня насиченості ґрунту основами і відношення окремих сільськогосподарських культур до реакції ґрунту.

Потребу ґрунтів у вапнуванні можна встановити за значенням обмінної кислотності або ступенем насиченості ґрунту основами (табл. 2.11).

Таблиця 2.11

### Визначення потреби у вапнуванні ґрунтів

Ступінь кислотності	$pH_{KCl}$	Нг, мг-екв. на 100 г ґрунту	V, %	Потреба у вапнуванні
Дуже сильно кислі	до 4,1	Більше 4,0	до 50	Дуже велика
Сильнокислі	4,1–4,5	3,0–3,9	50–60	Велика
Середньокислі	4,6–5,0	2,0–2,9	60–70	Підвищена
Слабокислі	5,1–5,5	1,8–1,9	70–80	Середня
Близькі до нейтральних	5,6–6,0	1,4–1,7	80–90	Мала
Нейтральні	6,1–7,0	до 1,4	90–100	Відсутня

При складанні плану вапнування спочатку необхідно визначити відношення сільськогосподарських рослин до реакції ґрунту. Вказати показники, за якими можна визначити потребу ґрунтів у вапнуванні. Такі з них, як  $pH_{KCl}$ , V (%), Нг (мг-екв/100 г ґрунту) по кожному полю слід взяти з господарства.

В першу чергу слід вапнувати сильнокислі, а в останню – слабокислі ґрунти. При цьому ґрунти з вищим ступенем насичення основами менше потребують вапнування. Важкі, багаті на гумус ґрунти сильніше протидіють зміні реакції в сторону підкислення чи підлуговування. Тому на цих ґрунтах при рівних значеннях кислотності норми вапна повинні бути більшими, ніж на бідних органічною речовиною ґрунтах, які мають невисокі буферні властивості.

Норми вапна слід встановлювати відповідно до реакції сільськогосподарських культур щодо кислотності ґрунту та вапнування. В польових сівоzmінах з багаторічними травами необхідно вапнувати повною нормою вапна під покривну культуру або під найбільш чутливі до кислотності культури: буряки цукрові, пшеницю озиму, ячмінь, горох, кукурудзу.

В сівоzmінах з картоплею або льоном норму вапна зменшують на 25%, а вапнування наближають до садіння картоплі або сівбу льону. У випадку, коли вапнування проводять повною нормою вапна, ці культури розміщують на провапнованому полі через 4-5 років після хімічної меліорації. Це запобігає враженню бульб картоплі паршою звичайною, а льону - судинним бактеріозом.

В овочевих і кормових сівоzmінах одноразово вносять повну норму вапна під капусту, коренеплоди, конюшину, зернові та зернобобові культури.

Повну норму вапна ( $N_{CaCO_3}$ ) встановлюють за гідролітичною кислотністю:

$$N_{CaCO_3} = \frac{0,5 \times Hr \times S \times h \times d}{1000}, \text{ т/га}$$

де 0,5 – кількість г  $CaCO_3$ , необхідних для нейтралізації 1 мг-екв. кислотності в 1 кг ґрунту;  $N_g$  – величина гідролітичної кислотності, мг-екв. на 100 г ґрунту;  $S$  – площа 1 га, 10 000 м<sup>2</sup>;  $h$  – глибина орного шару, м;  $d$  – щільність ґрунту, кг/м<sup>3</sup>; 1000 – для перерахунку в тони.

У випадку, коли вапняковий матеріал заорюють на глибину 0,25 м, а щільність ґрунту становить 1 200 кг/м<sup>3</sup>, формула визначення норми вапна буде мати вигляд:

$$N_{CaCO_3} = N_{г} \cdot 1,5 \text{ (т/га)}$$

Норма вапнякового матеріалу ( $N_{ВМ}$ ) обраховується за формулою:

$$N_{ВМ} = \frac{N_{CaCO_3}}{C} \times 100, \text{ т/га}$$

де  $C$  – вміст вапна ( $CaCO_3$ ) у вапняковому матеріалі, %.

Нейтралізуючу здатність вапнякових матеріалів (вміст  $CaCO_3$ ) приведено в табл. 2.12.

Таблиця 2.12

### Нейтралізуюча здатність вапнякових матеріалів

Назва вапнякового матеріалу	Загальний вміст $CaCO_3$ та $MgCO_3$ в перерахунку $CaCO_3$ , %	Форма вапна
Вапнякове борошно	85–88	$CaCO_3$
Доломітове борошно	85–108	$CaCO_3 + MgCO_3$
Мелена крейда	90–100	$CaCO_3$
Палене вапно негашене	До 178	$CaO$
Палене вапно гашене	До 135	$Ca(OH)_2$
Дефекат	До 70 Для I класу не менше 60 Для II класу не менше 40	$CaCO_3$ з домішками $Ca(OH)_2$
Цементний пил	Не менше 60	$CaO$ , $Ca(OH)_2$ , силікати
Шлак торф'яний	14–27	$CaO$ , $Ca(OH)_2$ , силікати
Місцеві вапняки	Не менше 60	$CaCO_3$

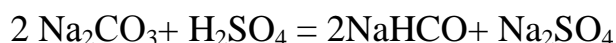
Потрібно враховувати, що на одному і тому ж полі в Лісостепу вапнування слід проводити приблизно через 5 – 8 років. Черговість проведення вапнування на полях, що потребують цього заходу, залежить від ступеня кислотності та чутливості культури до реакції ґрунту. В поясненні до плану вапнування необхідно вказати строки і способи внесення вапнякових матеріалів, вказати форми і норми вапнякових добрив.

## 2.5. ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ СОЛОНЦЕВАТОСТІ ҐРУНТІВ І ДОЗ ГПСУ. ВИЗНАЧЕННЯ ЛУЖНОСТІ ВІД РОЗЧИННИХ КАРБОНАТІВ

Лужність обумовлюється наявністю в ґрунті соди ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) та лужних солей кремнієвої й органічних кислот. Вона визначається у водних витяжках солончаків і солонців, які мають содове засолення.

*Хід роботи.* У конічну колбу на 100 мл приливають піпеткою 25–50 мл водної витяжки, додають дві краплі фенолфталеїну і титрують 0,01 н або 0,02 н розчином сірчаної кислоти ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) до зникнення рожевого забарвлення. Концентрація  $\text{H}_2\text{SO}_4$  залежить від інтенсивності забарвлення водної витяжки: при слабкому забарвленні витяжки беруть меншу концентрацію  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при сильному – більшу. У випадку, коли витяжка слабо забарвлена органічними речовинами, титрування проводять в присутності “свідка” (колби з такою ж кількістю водної витяжки, але без фенолфталеїну). Титрують доти, поки колір витяжки в обох колбах не буде однаковим.

При титруванні реакція проходить за рівнянням:



Таким чином, сода відтитровується рівно наполовину, оскільки обезбарвлення індикатора відбувається при переході карбонату в бікарбонат ( $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ = \text{HCO}_3^-$ ). Отже, загальна кількість  $\text{CO}_3^{2-}$  (лужність обумовлена нормальними карбонатами) дорівнює подвоєній кількості сірчаної кислоти, використаної на титрування.

Лужність від розчинних карбонатів може бути виражена у процентах іонів  $\text{CO}_3^{2-}$  до абсолютно сухого ґрунту та в мг-екв. на 100 г абсолютно сухого ґрунту. Розрахунок лужності у міліеквівалентах виконують за формулою:

$$A = \frac{2 \cdot a \cdot 500 \cdot K_2}{V}$$

де: 2 – коефіцієнт перерахунку бікарбонатів в карбонати; а - кількість розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  яка пішла на титрування, мл; Н – нормальність титрованого розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; V – загальна кількість води для приготування водної витяжки,

мл; В – об’єм водної витяжки для титрування, мл; С – наважка ґрунту, г; 100 – коефіцієнт перерахунку на 100 г ґрунту; коефіцієнт гігроскопічності (для перерахунку на абсолютно сухий ґрунт).

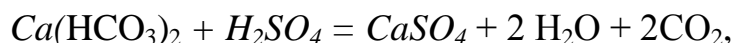
### Визначення загальної лужності

Величина загальної лужності залежить від вмісту в ґрунті гідрокарбонатів лужних та лужноземельних металів.

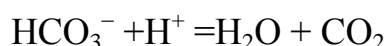
Загальну лужність визначають після встановлення лужності від розчинних карбонатів (в тій же колбі та пробі).

*Хід роботи.* Після відтитрування  $\text{CO}_3^{2-}$  – іона (визначення лужності від розчинних карбонатів) в колбу з витяжкою додають одну-дві краплі метилоранжу і збовтують. При відсутності розчинних нормальних карбонатів індикатор метилоранж додають одразу після фенолфталеїну. У присутності метилоранжу витяжка забарвлюється в жовтий колір.

Титрування виконують 0.01 н або 0,02 н (для засолених ґрунтів) розчином сірчаної кислоти до переходу забарвлення індикатора в оранжеве. При титруванні реакція проходить за рівнянням:



тобто до повного руйнування гідрокарбонатів:



Для більш точного визначення кінця титрування треба титрувати в присутності “свідка” (колби з такою ж кількістю водної витяжки та метилоранжу).

Загальну лужність обчислюють за сумою мілілітрів  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , на титрування  $\text{CO}_3^{2-}$  та  $\text{HCO}_3^-$  іонів. Вона виражається в мг-екв.  $\text{HCO}_3^-$  на 100 г абсолютно сухого ґрунту та у процентах  $\text{HCO}_3^-$  до абсолютно сухого ґрунту.

Розрахунок лужності в мг-екв.  $\text{HCO}_3^-$  проводять за формулою:

$$A = \frac{(a_1 + a_2) \cdot V \cdot N \cdot 100 \cdot K_2}{B \cdot C}$$

де:  $a_1$  – кількість розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , використаного на титрування  $\text{CO}_3^{2-}$ , мл;  $a_2$  –

кількість розчину  $H_2SO_4$ , використаного на титрування  $HCO_3^-$ , мл;  $N$  – нормальність титрованого розчину  $H_2SO_4$ ,  $V$  – загальна кількість води для приготування водної витяжки, мл;  $B$  – об'єм водної витяжки для титрування, мл;  $C$  – наважка ґрунту для приготування водної витяжки, г; 100 – коефіцієнт перерахунку на 100 г ґрунту;  $K_2$  – коефіцієнт гігроскопічності (для перерахунку на абсолютно сухий ґрунт).

Якщо розрахунок загальної лужності виконують у процентах, то одержану кількість мілілітрів множать на міліеквівалентну вагу  $HCO_3^-$ ; яка дорівнює 0,061 (61:1000).

Реактиви: 0,01 н або 0,02 н  $H_2SO_4$ , Метилоранж.

### **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. 2.13).

*Таблиця 2.13*

### **Групи солонцестійких сільськогосподарських культур**

Міра стійкості	Культури
Дуже сильна	Буркун білий та жовтий, гірчиця
Сильна	Волосянець ситніковий, пирій без кореневищний, сизий, повзучий та солончаковий, регнерія волокниста, ячмінь, буряк кормовий і цукровий
Середня	Строкатогібридна, сильно гібридна і жовтогібридна люцерна, житняк гребінчастий і ширококолосий, кострець 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; озима пшениця.

На площах з великою кількістю содових солонців доцільно вводити чотиріпільні 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 та додатковому перемішуванню меліоранта з ґрунтом при міжрядних обробітках (табл. 2.14).

*Таблиця 2.14*

**Місце внесення гіпсу у сівозмінах різної спеціалізації**

Сівозміна, угіддя	Місце внесення гіпсу
Зерно-парова	У пару під озимі
Зерно-просапна	Під просапні культури
Зерно-паро-просапна	У пару і просапні культури
Зерно-бурякова	Під буряк або його попередник
Зрошувана	Під першу культуру під час зяблевої оранки
Природні кормові угіддя	На початку освоєння земель

У степовій зоні та зоні Сухого Степу України найкращим місцем внесення меліорантів у богарних умовах є парове поле, або поле просапних культур. На зрошуваних землях гіпс можна вносити під першу культуру при зяблевій оранці, або на весні під культивуацію.

На солонцюватих ґрунтах (чорноземах звичайних, південних та каштанових), де солонцевий шар не виноситься на поверхню під час оранки, всю норму меліоранта загортають боронами. На корково-стовпчастих



солонцях, де під час оранки виноситься на поверхню значна частина солонцевого шару, половину норми гіпсу вносять під оранку, та другу половину – 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 або плантажну оранку на 60–70 см;
- вирівнювання поверхні поля;
- створення за рахунок зрошення, снігозатримання, регулювання поверхневого стоку та влаштування дренажу, промивного водного режиму;
- використання органічних та мінеральних добрив, як заходів, що прискорюють хімічну меліорацію та підвищують родючість ґрунтів;
- створення після меліорації сприятливого агробіологічного фону висівом солестійких рослин (у перші роки – буркуна, суданки, люцерни, а в міру окультурення – ячменю, пшениці озимої, сорго, буряків цукрових).

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 розчинних не повинна перевищувати 5–6 г/л.

## **ДОДАТКИ**

Таблиця 1.

Характеристика найбільш поширених видів антропогенної деградації ґрунтів,

Причина деградації	Показники погіршення властивостей ґрунтів	Морфологічні ознаки погіршення ґрунтів
1	2	3
<b>Водна ерозія</b>		
Нераціональна господарська діяльність (повсюдне розорювання земель, вирубка лісів, інтенсивний випас худоби, промислове будівництво та ін.); прямолінійна організація території, застосування на схилових землях рівнинної агротехніки (поли-цевої 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, побу-ріння верхнього генетичного горизонту.
<b>Дефляція</b>		
Повсюдне розорювання земель, невідповідність способів обробітку і технологій вирощування сільськогосподарських культур, тривалий час відсутність рослинності, переосушення земель, втрата ґрунтами протиерозійної здатності (дегуміфікація, розпилення структури та ін.).	Знесення вітром дрібнозему, зменшення ґрунтової товщі, зміни мікроагрегатного гранулометричного складу ґрунтів, втрати гумусу і поживних речовин, падіння родючості, утворення наносів дрібнозему і похованих ґрунтів.	Вскорочений ґрунтовий профіль, зменшення або повна втрата верхнього гумусового і перехідних горизонтів, наявність наносів дрібнозему.
<b>Дегуміфікація</b>		
Недостатнє внесення органічних добрив; інтенсивний обробіток ґрунту; необґрунтоване поглиблення орного шару; відчуження 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 гумусовоаккумулятивного горизонту; розпилення структурних окремоостей; ущільнення ґрунту.
<b>Кислотна деградація (декальцинація)</b>		
Випадання кислих атмосферних опадів; довгострокове внесення фізіологічно-кислих мінеральних добрив; низький рівень застосування	Зміни у складі ґрунтового вбирного комплексу; підвищення вмісту обмінних катіонів $H^+$ та $Al^+$ ; втрати гумусу; зниження рН	Освітлення верхнього горизонту ґрунту; поява борошністої крем'янки на структурних окремостях; зниження лінії скипання від

органічних добрив та хімічних меліорантів.	грунту.	10% HCl.
<b>Вторинне осолонцювання</b>		
Тривале зрошення слабоміне-ралізованими лужними водами, які містять вільну соду або мають несприятливе співвідношення між натрієм і сумою кальцію і магнію у сольовому складі.	Содонагромадження (карбонати та бікарбонати натрію і магнію); зміни у 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 глянцевиx плівок по гранях структурних окремостей.
<b>Вторинне засолення</b>		
Підняття рівня мінералізованих підґрунтових вод вище критичного; полив мінералізованими водами.	Соленаягромадження (сульфати і хлориди натрію, магнію, кальцію).	Вицвіти солей на поверхні ґрунту або поверхні структурних окремостей; утворення ґрунтової кірки та брилистої структури.
<b>Агрофізична деградація</b>		
Повсюдне застосування глибокої полицевої оранки без врахування генетичних особливостей ґрунтів; застосування важкої техніки; колісних тракторів на сільсь-когосподарських роботах; недостатня кількість органічних добрив; порушення технологій вирощування сільськогосподарських культур.	Втрата агрономічно-цінної структури; розпилення ґрунту; утворення плужної підшви; зниження водопро-никності; ущільнення ґрунту; погіршення водно-повітря-ного режиму; зменшення протиерозійної здатності; зниження родючості.	Поява брилистості; наявність плужної підшви; підвищена щільність орного шару; застоювання води на поверхні ґрунту після опадів; утворення кірки.
<b>Підтоплення прісними водами (заболочування)</b>		
Підтоплення земель; підняття рівня прісних ґрунтових вод вище критичних значень.	Збільшення вологонасиченості ґрунтів; оглеєння генетичних горизонтів; оторфування рослинних решток; розвиток відновних поцесів.	Високий рівень підґрунтових вод; застоювання води на поверхні ґрунту; злитизація; поява ознак оглеєння генетичних горизонтів; утворення оторфованого горизонту на поверхні ґрунту.
<b>Забруднення важкими металами</b>		
Забруднення навколишнього середовища промисловими викидами і відходами.	Нагромадження в гуртах важких металів; втрати гуму-су; погіршення агрегатного стану ґрунтів, водного і повітряного режимів; падіння біологічної активності; втра-та протиерозійної здатності.	Не явні руйнування ґрунтових агрегатів; розпилення ґрунтів.

Таблиця 2.

Діагностичні критерії деградації ґрунтів  
(Узагальнені дані науково-дослідних установ України)

Показники	Ступінь деградації ґрунтів, недобір врожаю, %			
	Слаба, до 10%	Середня, 10-50	Сильна 50-90	Повна 90-100
1	2	3	4	5
<b>Водна ерозія і дефляція</b>				
Відсутні генетичні горизонти	Змито або дефльовано 1/2 Н чи НЕ	Змито або дефльовано понад 1/2 Н чи НЕ	Змито або дефльовано Н, НР чи НЕ, Е і частково Ph чи І	Змито або дефльовано Н НР, Ph чи НЕ, Е, І
<b>Дегуміфікація</b>				
Зменшення вмісту гумусу, % від похідного РСa	до 20 2,4-2,6	20-40 2,6-2,8	40-60 2,8-3,0	> 60 >3,0
Вміст обмінних катіонів, мг-екв на 100г ґрунту	8-5	5-3	3-1	<1
Ca <sup>2+</sup> , мг-екв/л	15-10	10-5	5-2,5	<2,5
Mg <sup>2+</sup>	3-2	2-1	2-1	<0,5
Сума увібраних катіонів, мг-екв на 100 г ґрунту	20-15	15-10	10-5	<5
<b>Вторинне підкислення</b>				
pH <sub>KCl</sub>	5,5-5,0	5,0-4,5	4,5-4,0	<4,0
H <sub>r</sub> , мг-екв на 100 г ґрунту	3-4	4-5	5-6	>6
<b>Вторинне підлужнення (осолонцювання)</b>				
Вміст обмінного натрію, % від ЄКО	1-3	3-6	6-10	>10
pH водний	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0	>9,0
Вміст Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> у водній витяжці, %	0,01-0,05	0,05-0,1	0,1-0,3	>0,3
Співвідношення aNa/aCa	0,5-1,5	1,5-3,0	3,0-6,0	>6,0
<b>Вторинне засолення</b>				
Вміст сухого залишку, % у водній витяжці при типі засолення:				
Хлоридно содовий і содово-хлоридний	0,15-0,25	0,25-0,4	0,4-0,6	>0,6
Сульфатно-содовий і содово-сульфатний	0,15-0,25	0,25-0,5	0,6-0,7	>0,7
Хлоридний	0,15-0,33	0,3-0,5	0,5-0,8	>0,8
Сульфатно-хлоридний	0,2-0,5	0,5-0,6	0,6-1,0	>1,0
Хлоридно-сульфатний	0,25-0,4	0,4-0,7	0,7-1,2	>1,2
Сульфатний	0,3-0,6	0,6-1,0	1,0-2,0	>2,0

1	2	3	4	5
<b>Агрофізична деградація</b>				
Структурно-агрегатний склад, %				
Повітряно-сухі агрегати розміром 0,25-10 мм	75-60	60-50	50-30	<30
Водостійкі агрегати розміром понад 0,25 мм	45-35	35-25	25-15	<15
Рівноважна щільність, г/см <sup>3</sup>	1,3	1,3-1,5	1,5-1,7	>1,7
Піщані та супіщані				
Суглинкові та глинисті	1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	>1,8
Водопроникність за пє5ршу годину, мм	100-50	50-30	30-10	<10
<b>Виснаження ґрунту на поживні речовини</b>				
Вміст поживних речовин, мг на кг ґрунту:				
Азот				
легкогідролізованих сполук за:	40-30	30-20	20-10	<10
Тюриним-Коновою	150-100	100-50	50-25	<25
Корнфілдом	50-25	25-15	15-5	<5
Рухомі фосфати за:	50-20	20-10	10-5	<5
Кірсановим	15-10	10-5	5-3	<3
Чиріковим				
Мачигінім	80-40	40-20	20-10	<10
Обмінний калій за:	40-20	20-10	10-5	<5
Кірсановим	200-100	100-50	50-25	<25
Чиріковим				
Мачигінім				
<b>Забруднення важкими металами</b>				
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
<b>Забруднення пестицидами</b>				
Вміст пестицидів у ґрунті, ПДК	1-2	2-5	5-10	>10
<b>Забруднення нафтою</b>				
Вміст бітумізованих речовин, % від маси ґрунту	<1	1-2,5	2,5-3,7	3,7-5,0
Сульфатно-хлоридний сухий залишок, %	-	-	<1	>1
<b> </b>				

1	2	3	4	5
<b>Підтоплення прісними водами (заболочування)</b>				
Рівень ґрунтових вод, см	250-150 глеюваті	180-120 глейові	120-60 Сильноглейові	З поверхні Болото, повне водонасичення; наявність торфового горизонту, оглеєння в усьому профілі
Коефіцієнт заболочування, $K=Fe/Mn$	7-10	10-30	>30	
<b>Забруднення радіонуклідами</b>				
Вміст $^{137}Cs$ , $Ki \cdot km^{-2}$	До 40	40-80	>80	

## ЛІТЕРАТУРА

1. Забалуєв В. О., Балаєв А. Д., Тараріко О. Г., Тихоненко Д. Г., Дегтярьов О. В., Тонха О. Л. та ін. За ред. В. О. Забалуєва, О. В. Дегтярьова. Охорона ґрунтів та відтворення їх родючості: навч. посібник. Харків, 2017. 348 с.
2. Забалуєв В. О., Петренко Л. Р., Піковська О. В. Практикум з охорони і відновлення родючості ґрунтів. К.: Знання, 2004. 398 с.
3. Світличний О. О., Чорний С. Г. Основи ерозієзнавства: підручник. Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. 266 с.
4. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві; за ред. М. К. Шикули. К.: Оранта, 1998. 679 с.
5. Сучасний стан, основні проблеми водних меліорацій та шляхи їх вирішення; за ред. П. І. Коваленка, К.: Аграрна наука, 2001. 214 с.
6. Тараріко Ю. О., Іваненко О. О., Бердніков О. М. та ін. Сучасні технології відтворення родючості ґрунтів та підвищення продуктивності агроєкосистем. К.: Аграрна наука, 2004. 126 с.
7. Гнатенко О. Ф., Капштик М. В., Петренко Л. Р., Вітвицький С. В. Ґрунтознавство з основами геології: навч. посібник. К.: Оранта, 2005. 648 с.
8. Заславський М. Н. Эрозиоведение. М.: Высшая школа, 1983. 320 с.
9. Назаренко І. І., Смага І. С., Польчина С. М., Черлінка В. Р.; за ред. І. І. Назаренка. Чернівці: Книги-ХІІ, 2006. 543 с.