

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА ІНСТИТУТ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

Шевченко М.С., Десятник Л.М.

Смарт методи управління родючістю ґрунтів

Навчальний посібник
для аспірантів спеціальності 201 – Агрономія

Дніпро -2019

Смарт методи управління родючістю ґрунтів : навчальний посібник для аспірантів спеціальності 201 – Агрономія / Укл.: Шевченко М.С., Десятник Л.М. Дніпро: ДУ ІЗК НААН, 2019. 176 с.

Укладачі: Шевченко М.С., зав. відділом землеробства, доктор с-г. наук, професор, Десятник Л.М., зав. лаб. сівозмін та природоохоронних систем обробітку ґрунту, кандидат с-г. наук, ст. н. с.

Затверджено на засіданні Науково-методичної ради з питань землеробства і рослинництва протокол № 3 від 09 серпня 2019 р.

Зміст

	Вступ	2
Тема 1	Ґрунтові ресурси Землі	3
Тема 2	Земельні ресурси України та основні засади їх використання	25
Тема 3	Ерозійні процеси – ґрунтові деградації, що спричиняють екологічну нестабільність і незбалансованість ґрунтового покриву.....	34
Тема 4	Заходи по захисту ґрунтів від ерозії	68
Тема 5	Чинники деградації ґрунтового покриву та види антропогенного забруднення ґрунтів, що спричиняють втрати родючості ґрунту	77
Тема 6	Раціональне використання і охорона земельних ресурсів, профілактика втрати родючості ґрунту	112
Тема 7	Раціональне використання і охорона зрошуваних земель	131
Тема 8	Рекультивация порушених земель та їх ефективне використання	140
Тема 9	Точне землеробство – новий етап розвитку агропромислового виробництва	146
Тема 10	Перспективи і шляхи розвитку ґрунтозахисного аграрного виробництва. Альтернативні екологізовані системи землеробства	155
	Перелік рекомендованої літератури	173

Вступ

Доля населення Землі у першу чергу залежить від наявності продуктів харчування, якими нас забезпечує аграрне виробництво. Це унікальний спосіб консервації сонячної енергії, яку людина споживає у вигляді продуктів рослинного і тваринного походження.

Отже, ґрунт — це основний засіб сільськогосподарського виробництва, джерело отримання продуктів харчування людей. Ґрунт — найважливіший ресурс людства. Разом з тим ґрунт — це відновлюваний ресурс.

В процесі життєдіяльності людина постійно впливає на ґрунт. Займаючись сільським господарством, вона відчужує з поля вирощену біомасу, розмикаючи таким чином малий біологічний кругообіг речовин. При цьому в ґрунті порушується екологічна рівновага і він втрачає значну кількість органічної речовини, що негативно позначається на всіх ґрунтових режимах: поживному, водному, повітряному, тепловому, фітосанітарному. В результаті погіршуються умови вирощування рослин, знижується врожайність сільськогосподарських культур.

Для підвищення врожайності використовуються органічні та мінеральні добрива, але не завжди раціонально. Для зменшення затрат ручної праці при боротьбі з бур'янами та знищенні шкідників і збудників хвороб рослин, а також для поліпшення умов збирання врожаю застосовуються пестициди. Ці речовини та їх метаболіти частково розкладаються у ґрунті, а частково поглинаються ґрунтовим вбирним комплексом, забруднюючи як ґрунт, так і продукцію рослинництва в наступні роки.

Зрошення значних площ в степовій і лісостеповій зонах створило умови для засолення та осолонцювання ґрунтів на значних площах. Нерегульоване зрошення чорноземів різко підсилило їх дегуміфікацію, декальцинацію, обумовило часткову втрату макроструктури і погіршення агрофізичних властивостей.

Всі ці явища складають основу антропогенного чинника впливу, який сприяє погіршенню якості ґрунтів та сільськогосподарської продукції і створює загрозу як здоров'ю людини, так і екологічній безпеці агроценозів.

Однак людина здатна не лише негативно впливати на ґрунт. Дотримуючись основних законів землеробства, зокрема, визначивши чинник життя рослин, що перебуває у мінімумі, та компенсувавши його за законом зворотного повернення, можна регулювати і відновлювати родючість ґрунту.

Для цього слід знати і уміти застосовувати основні принципи правильної експлуатації ґрунтів, щоб запобігти прояву чинників деградації. Необхідно вміти визначати засоби та прийоми, за допомогою яких можна досягти збереження та розширеного відтворення родючості ґрунту. Адже, попередити деградацію ґрунтів профілактичними заходами на два порядки дешевше, ніж відновлювати вже деградовані ґрунти. Саме тому питаннями охорони ґрунту, збереження і відтворення його родючості повинні повною мірою володіти науковці і спеціалісти сільськогосподарського виробництва.

Тема 1. Ґрунтові ресурси Землі

Біосферна роль земельних ресурсів. Природне навколишнє середовище в екології розглядається як сукупність абіотичної та біотичної складової, які також називають екологічними факторами. В той же час К. Уатт (Watt, 1973) сформулював іншу концепцію навколишнього середовища і визначив його як сукупність п'яти постійно взаємодіючих змінних ресурсів: простору, часу, речовини, енергії і різноманіття. Причому, зазначені ресурси, на його думку, є неподільними. Їх взаємодія проявляється в тому, що вони утворюють просторово-часовий континуум і речовинно-енергетичні потоки. Виходячи із екологічних понять і зазначеної концепції, земельні ресурси як речовина є основною складовою природних ресурсів. Основна їх біосферна роль – забезпечення оптимальних умов функціонування живої речовини і її біорізноманіття.

Земельні ресурси в сучасному розумінні – достатньо складне поняття. Існує декілька його визначень. Наводимо лише два із них, що досить часто зустрічаються в літературі і які, на наш погляд, найбільш повно характеризують цей вид ресурсів.

Земельні ресурси – це біосферне чи природно-соціальне утворення, яке характеризується ознаками просторового та інтегрального характеру – протяжністю, рельєфом, ґрунтовим покривом, біотою, а також є об'єктом господарської діяльності людини. Земельні ресурси визначаються і як вид відновлювальних природних ресурсів, придатних для використання в різних галузях національної економіки, що характеризуються величиною території і її якістю: ґрунтовим покривом, кліматом, рельєфом, гідрологічним режимом, рослинністю тощо. Вони є основою розміщення господарських об'єктів, головним засобом виробництва у сільському, лісовому та інших галузях господарства.

Стосовно аграрної сфери більш прийнятний терміном є *ґрунтово-земельні ресурси* (ГЗР). ГЗР є природною основою для виробництва сільськогосподарської продукції. Основною складовою ГЗР вважається ґрунтовий покрив, який розглядається з позицій аграрної ефективності.

Земельний фонд – це всі землі, що знаходяться в розпорядженні будь-якої частини населення. Виділяють світовий земельний фонд (вся поверхня суші, за виключенням, як правило, Гренландії і Антарктиди), земельний фонд країни, земельний фонд адміністративної області і т.д. В земельний фонд входять: землі, що освоєні в сільськогосподарському відношенні; землі, зайняті лісами, внутрішніми водоймами, населеними пунктами, дорогами, промисловими підприємствами; не придатні землі (пустині, високогір'я, піски і т. ін.).

Земля як своєрідний природний ресурс відрізняється від інших засобів виробництва. Вона є не лише матеріальною основою галузі, але й виступає як активний учасник виробництва; виконує подвійну функцію: є предметом праці, на який людина впливає в процесі виробництва (обробіток, удобрення, меліорація), і одночасно знаряддям праці – за допомогою землі людина вирощує культури, тобто отримує необхідну продукцію.

Земля як один з головних засобів виробництва має ряд специфічних відмінностей, характерних лише їй, а саме: вона є природним продуктом, її площа

обмежена розмірами нашої планети. Людина не в змозі ні збільшити, ні замінити її іншими засобами виробництва. Просторова обмеженість землі не означає її обмеженість лише фізичними величинами. Так, на відміну від інших засобів виробництва (трактори, комбайни і т.д.), землю неможливо перемістити чи відтворити.

Функціональні особливості використання землі (як матеріальної основи добробуту людей, як територіального базису для розміщення продуктивних сил, розселення людей, як головного засобу виробництва в сільському господарстві) визначили її важливе місце серед природних ресурсів. Завдяки своєму значенню земля досліджується з різних позицій. Адекватна оцінка властивостей землі сприяє поліпшенню добробуту людини, створює умови для раціонального і ефективного використання її потенціалу в економічній сфері.

Верхній тонкий шар землі (грунт) має *природну родючість*. Різні ґрунти характеризуються притаманним лише їм рівнем родючості та властивостями. Це обумовлює необхідність застосування диференційованого підходу до використання ґрунтового покриву та застосування зональних систем землеробства.

Всі засоби виробництва поступово зношуються і замінюються новими. Земля ж є практично вічним засобом виробництва, який не втрачає своїх властивостей при правильному використанні. Вона з її надрами і родючими ґрунтами виступає як природна першооснова життя і виробничої діяльності людини.

Землі як природному ресурсу притаманні велика кількість різноманітних функцій. В залежності від призначення, одна частина земельних ресурсів задовольняє потреби суспільства в забезпеченні екологічного балансу і збереженні біорізноманіття; інша – є постійним джерелом виробництва продуктів харчування. Земельні ресурси приносять як безперервний прямий річний прибуток (сільськогосподарські угіддя, землі в межах населених пунктів тощо), так і безперервний непрямий прибуток (землі природоохоронного призначення); окрема група земельних ресурсів генерує прибуток протягом певного часу (мінерально-сировинні земельні ресурси). Таким чином, у широкому розумінні земельні ресурси розглядаються не лише як природне утворення, але і як основа життєдіяльності людей. Саме тому вони – середовище реального природного і суспільного (соціального) життя.

Таким чином, термін *земельні ресурси* має декілька значень: від гранично широкого, що охоплює всі природні компоненти, (включаючи ґрунти, води, надра тощо) до гранично вузького, обмеженого їх роллю як виробничого ресурсу або територіального базису розміщення продуктивних сил.

Земельні ресурси відносяться до універсальної категорії, яка виражає певну сукупність природних, а також соціально-економічних об'єктів та їх властивостей. В системі економічних відносин вони є фундаментом економіки, при цьому земля розглядається як один із чотирьох елементів виробництва поряд із працею, капіталом і управлінням.

Земельні ресурси використовуються для багатьох цілей, зокрема в сільському господарстві, промисловості, сфері обслуговування, торгівлі тощо. Характер їх використання залежить від природних (географічне положення,

рельєф, клімат, природні ресурси тощо) і соціальних (населення, економічні умови, розміщення продуктивних сил, інфраструктура, технології, культурні чинники тощо) умов.

Однією із головних функцій земельних угідь є продовольча функція, що полягає в забезпеченні задоволення потреб населення в продуктах харчування. Продовольство, його виробництво, розподіл, обмін і споживання є важливою складовою світової економіки, займає особливе місце при вирішенні світової проблеми голоду населення слаборозвинених країн і регіонів світу.

Однією з нагальних проблем майбутнього суспільства, за оцінками вчених ФАО ООН, буде проблема нестачі сільськогосподарських угідь та різні види деградацій ґрунтового покриву. Можливість розширення світового виробництва продовольчої продукції шляхом сільськогосподарського використання земельних площ фактично відсутня. Рациональне використання земель, навпаки, дозволяє підвищити їх продуктивність.

Незважаючи на відповідні світові досягнення в аграрній сфері, питання стосовно охорони і раціонального використання земельних ресурсів не вирішені належним чином. Ще й досі світова громадськість докладає багато зусиль для збільшення площ орних земель, витрачаються величезні кошти на зарегулювання, осушення боліт, неефективне зволоження, зниження площ лісових насаджень, використання мінеральних добрив і засобів захисту рослин, що призводить до забруднення життєвого простору. Ґрунти втрачають свою родючість як через природні процеси, так і через нераціональну господарську діяльність людини.

Ґрунтовий покрив як природний ресурс. Ґрунтовий покрив Землі є основною складовою земельних ресурсів. Зазначений біокосний покрив являє собою дуже цінний природний ресурс, джерело матеріальних благ, а іноді складає основу економічного благополуччя суспільства. В ньому створена зона максимальної концентрації життя рослин і тварин та зумовлені ними біологічні (біогеохімічні та біохімічні) процеси і явища. У межах цієї зони зароджуються всі найважливіші процеси обміну речовин та енергії, що відбуваються в біосфері. Роль живих організмів у ґрунті є настільки значною, що більшість процесів, які відбуваються у ньому, мають виключно біологічний характер. Саме тут вони зароджуються, визначають склад і шляхи міграції хімічних елементів атмосфери, літосфери та природних вод не лише в межах згаданої вузької зони, а й за її межами.

Ґрунтовий покрив відіграє важливу екологічну роль у підтриманні складного механізму функціонування біосфери. Нерозуміння його сутності як унікального природного феномену, його значення для людини і навколишньої природи спричиняє глибокі помилки в господарській діяльності, зумовлює економічні витрати.

На Землі існує велика різноманітність живих покривів, які пов'язані зі значною строкатістю ґрунтового покриву. Кожен тип рослинності і пов'язані з ним ґрунтові відмінності утворюють єдину функціональну систему, що відрізняється від інших ґрунтово-рослинних систем добре відрегульованим у

процесі еволюції механізмом роботи. Історія живих покривів тісно пов'язана з минулою історією нашої планети.

В.В. Докучаєв вперше встановив, що ґрунтовий покрив (ґрунт) є самостійним природним тілом, а його формування – це складний процес взаємодії п'яти природних факторів ґрунтоутворення: клімату, рельєфу, рослинного і тваринного світу, ґрунтоутворних порід і часу. Вченим також встановлено важливу закономірність розміщення ґрунтів у зональному та поясовому аспекті (в горах). Було показано, що навіть в межах зони, поясу, або геологічного водозбірної району і навіть на одній ділянці місцевості ґрунт неоднорідний.

Велика різноманітність ґрунтового покриву і кліматичних умов вимагає диференційованого підходу до раціонального використання земельних ресурсів та їх збереження. Помилки у використанні земель можуть призвести до зниження їх родючості або повної її втрати. Науково обґрунтоване використання земельних ресурсів, навпаки, сприяє підвищенню їх продуктивності.

Головна властивість ґрунту, його якісна ознака і одночасно глобальна функція в межах біосфери реалізується через родючість. Це поняття було відоме людині ще задовго до становлення ґрунтознавства як науки. Найбільший внесок у розвиток вчення про родючість ґрунту зробив В. Р. Вільямс.

Під *родючістю ґрунту* розуміють його здатність забезпечувати необхідні для росту і розвитку рослин умови, що визначають поживний, водно-повітряний, температурний, окисно-відновний та інші режими. Кожний ґрунт має свій відповідний рівень родючості, який залежить від його складу, агрономічно-цінних властивостей і режимів. Останні, в свою чергу, зумовлені як процесами ґрунтоутворення, так і технологіями вирощування сільськогосподарських культур.

Визначено фактори і умови ґрунтової родючості. До перших відносять елементи азотного та зольного живлення рослин, воду, повітря і частково тепло, до других – сукупність властивостей і режимів, їх складну взаємодію, що визначає можливість забезпечення рослин ґрунтовими факторами. Конкретні параметри ґрунтових режимів (температурного, водно-повітряного, поживного, біохімічного, сольового, окисно-відновного) визначають рівень родючості того чи іншого ґрунту.

Як природне і соціально-економічне явище родючість інтегрує специфічну властивість ґрунтів. Для її характеристики в науковій літературі використовують певні терміни і категорії, види, форми тощо. Коротко розглянемо суть потенційної, ефективної та економічної форм родючості ґрунту.

У сучасному землеробстві під потенційною родючістю ґрунту розуміють здатність конкретного ґрунту, поширеного у відповідних кліматичних умовах та умовах рельєфу, забезпечувати рослини всіма необхідними факторами росту, розвитку та утримання біомаси, або основної і побічної продукції за рахунок властивостей ґрунту в багаторічному циклі (Л. Л. Шишов та ін., 1987).

Потенційна родючість залежить від складу і сукупності відносно сталих властивостей ґрунту. В процесі сільськогосподарського використання частина потенційної родючості, яку називають її ефективною формою, реалізується через урожай у вигляді органічної біомаси. В процесі розвитку рослин витрачається певна кількість поживних речовин та енергії на формування

біологічного врожаю. Тому теоретично ефективну родючість можна оцінити сукупністю показників властивостей ґрунтів, що забезпечують нормальні умови розвитку рослин.

Прикладання до ґрунту праці, знань, внесення оптимальної кількості добрив з часом підвищують його родючість. При цьому ефективна форма родючості перетворюється на економічну, що реалізується у відповідній кількості споживчої вартості.

Природна родючість земель формувалася тривалий час. Після процесів термічного та хімічного вивітрювання гірської породи внаслідок кількісних змін вона постійно подрібнювалася, набуваючи проникності – істотної властивості природного тіла, за якою воно якісно відрізняється від первісної породи. Набута якість сприяла подальшій взаємодії нової породи і навколишнього середовища. На думку В. Р. Вільямса, внаслідок подрібнення породи математично неминуче збільшення поверхні зіткнення породи з елементами навколишнього середовища, і це не може не викликати ряд нових змін. На відміну від перетворень, які можна спостерігати в лабораторних умовах, у природі вони відбуваються ніби на поверхні конкретних мінералів. Тут спостерігається явище метасоматозу. Цей процес є проміжним між хімічними реакціями і поверхневими фізико-хімічними процесами. Завдяки метасоматозу, наприклад, польовий шпат, стає м'яким каоліном або карбонатом, а міцний кварц "обростає" пухкими гідрооксидами заліза.

Можна констатувати, що в основі формування родючості ґрунту первісними були приховані процеси розпаду, розсіювання та деградації гірської породи. Вони відбуваються завдяки постійному потоку сонячної енергії, яка, згідно з другим законом термодинаміки, постійно і повсюдно завжди дисипує. В процесі вивітрювання, а отже і при формуванні ґрунту, процеси розсіювання енергії перепліталися між собою так, що сформований ґрунт не колапсував після свого утворення. В ньому розгорталися найрізноманітніші "події", що позначилися на функціонуванні різних рівнів організації.

В результаті трансформування гірської породи в ґрунті виникли нові структури (системи). За умови постійного притоку сонячної енергії їх здатність до існування вимірюється геологічними епохами. В безкінечній кількості композицій фізико-хімічних процесів на земній поверхні "вдихав" життя в мінеральну масу зруйнованої гірської породи, а отже сприяв формуванню її родючості океан. Безумовно, на заселення ґрунотворної породи живою речовиною потрібен був певний час. Отже, проблема родючості ґрунту безпосередньо пов'язана з процесами розкладання і синтезу органічної речовини.

Для здійснення цих процесів використовується сонячна енергія, яка постійно надходить на денну поверхню Землі. Ґрунт і ґрунотворна порода цю енергію отримують у вигляді органічних решток рослин, а також при внесенні добрив.

У свій час ще В. В. Докучаєв (1883), порівнюючи ґрунт з породистим конем, зазначав, що нещадна експлуатація і голодний раціон обов'язково викличуть виснаження і найсильнішої тварини, найродючішого ґрунту.

Працівники сільського господарства велику увагу приділяють процесу окультурення ґрунтів. Цей процес можна розглядати як екологічну

реорганізацію ґрунтового тіла і зміну ґрунтових режимів згідно з вимогами головної групи культур сівозміни щодо умов вирощування. У період екологічного переосмислення хімізації та раціонального використання земельних ресурсів значно зросли вимоги до родючості як кількісно, так і якісно. Поняття родючості почали кваліфікувати як екологічну категорію. За допомогою поєднання оптимальних властивостей та режимів були зроблені численні спроби його моделювання.

Незважаючи на те, що окремі галузі знань (екологія, ґрунтознавство, землеробство, рослинництво) виникли і розвиваються самостійно, кожна з них має свої величини, одиниці вимірювання, всі вони вивчають одну й ту саму систему рослина – ґрунт – погодно-кліматичні умови, їх об'єднує продуктивність рослин і родючість ґрунтів. Остання не може виникати сама по собі стосовно ґрунту. Вона є якістю конкретної екосистеми, що відтворюється в конкретних процесах і механізмах, набутті ґрунтом відповідної структурної організації. Значна роль при цьому належить природним процесам, пов'язаним з функціонуванням ґрунтової біоти, а також трансформаційним і міграційним механізмам абіотичного характеру.

У контексті родючості існує дві діаметрально протилежні точки зору на роль гумусу. Прихильники першої відносять його до одного з основних факторів родючості. В їх численних публікаціях рекомендується спрямовувати всі агротехнічні заходи на підвищення його вмісту в ґрунті до оптимального рівня. Прихильником подібної точки зору можна вважати і В. В. Докучаєва. Проте деякі автори (П. А. Костичев, 1951; М. І. Полупан і В. Г. Ковальов, 1997), розглядають гумус як функцію родючості. П. А. Костичев рекомендував пускати гумус в загальний обіг і при цьому намагатись отримувати якомога більше активного капіталу. Автори посібника підтримують точку зору М. І. Полупана і В. Г. Ковальова щодо першочергового створення у ґрунті сприятливих умов для росту і розвитку рослин через оптимізацію водного режиму, режиму живлення рослин та внесення достатньої кількості органічних речовин у будь-якій формі (гній, солома, сидерати та ін.). Додамо лише, що за цієї умови спочатку слід привести до екологічно виваженої межі співвідношення між природними та сільськогосподарськими угіддями, оптимізувати санітарно-гігієнічну та буферну функції ґрунтів сільськогосподарського призначення.

Один і той самий ґрунт в неоднакових кліматичних умовах має різну родючість, яка неоднакова також і при вирощуванні конкретних сортів та гібридів сільськогосподарських культур.

У науковій та навчальній літературі з екології родючості як якісному стану головного компонента екосистеми – ґрунту, на жаль, поки що відводиться незначна роль. На думку вчених, існуюче класичне визначення родючості не зовсім відповідає як сучасному рівню знань, так і потребам сільськогосподарського виробництва. Зроблено спроби екологічного переосмислення цієї інтегральної властивості ґрунту на основі кількісно-біоенергетичної його концепції. Такий підхід, на думку І.І.Свентицького (1992), відповідає біоенергетичній спрямованості функціонування екосистеми, у якій

кожний живий компонент прагне у своєму розвитку до найбільш повного використання в конкретних умовах вільної енергії.

Згідно з теорією потенційної ефективності складних систем, система ґрунт – рослина – погодно-кліматичні умови може існувати лише тоді, коли її структурні елементи, процеси й функціональні зв'язки підпорядковані загальній меті – енергетичній екстремальності (біоенергетичній цілеспрямованості), що виражається в її енерго-перетворювальній та енерго-акумуляуючій здатності.

У більшості випадків погодно-кліматичні і ґрунтові умови є оптимальними для того, щоб відбувалися фотосинтез і формування максимальної продуктивності. І. І. Свентицький (1992) запропонував при моделюванні родючості ґрунту ввести коефіцієнт оптимальності факторів ($K_{o.ф}$), який безпосередньо впливає на процеси фотосинтезу:

$$K_{o.ф} = \frac{P_{o.ф.}}{P_{o.ф.}},$$

де: $P_{o.ф.}$ – продуктивність фотосинтезу певного виду рослин або культури при даному значенні екологічного фактора; $P_{o.ф.}$ – та сама величина при оптимальному значенні фактора.

Встановивши коефіцієнти оптимальності, що характеризують властивості ґрунтів, можна кількісно на енергетичній основі визначити їх потенційну родючість:

$$Pr = \sum_1^n \Delta W_{ф} K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \dots, K_m, \quad (5.2)$$

де $\Delta W_{ф}$ – фотосинтезована енергія сонячного випромінювання, що надходить на одиницю поверхні Землі за проміжок часу, протягом якого коефіцієнт оптимальності екологічних факторів, які впливають на продуктивність ($K_1, K_2, K_3, \dots, K_m$), залишається практично незмінним; n – кількість інтервалів протягом вегетаційного періоду, за які враховується надходження фотосинтетичної енергії.

На основі наведеної формули було запропоноване термінологічне визначення потенційної родючості ґрунтової екосистеми як її здатності забезпечувати відповідними умовами росту і розвитку рослини, за яких вони протягом вегетаційного періоду при відповідних погодно-кліматичних умовах використовують ту чи іншу кількість променевої енергії на формування своєї продуктивності.

Для вирішення такого складного завдання, як управління процесом родючості, потрібні широкі дослідження закономірностей функціонування різних типів екосистем ґрунту та їх продуктивності. Щодо цього важливим є моделювання. Вдосконалюючи моделі родючості, вчені почали враховувати екологічні принципи та умови, що забезпечують продуктивність і створюють екологічну напругу в екосистемах. Найважливіші з них – принцип екологічної безпеки, енергетичної оптимізації та екологічної цілеспрямованості.

Екологічна безпека означає відсутність у ґрунтових екосистемах токсичних і шкідливих речовин для нормального розвитку рослин та організмів, а також високу буферну здатність ґрунту.

Енергетична оптимізація, як одна з важливих умов високої родючості ґрунту, досягається завдяки встановленню відповідної рівноваги між накопиченою енергією в рослинах і внутрішньою енергією в ґрунтовій екосистемі у вигляді біоорганічної форми. Умови енергетичної рівноваги і буферно-ємнісні характеристики визначають межі оптимумів властивостей ґрунту. Підвищення відповідної ємності (кислотно-основної буферності чи, наприклад, буферності стосовно конкретного мікроелемента) в кінцевому підсумку призводить до екологічних втрат.

Рівновага й екологічна доцільність визначають також кількісні показники акумуляції енергії відповідною екосистемою ґрунту, а також оптимальні розміри її вилучення з урожаєм. Необґрунтоване збільшення вилученої енергії спричинює виснаження і деградацію ґрунту.

З урахуванням цього можна стверджувати, що найбільш родючим ґрунтом, з екологічної точки зору, є той, у якому рослини витрачають менше енергії на підтримання своєї життєдіяльності (дихання, використання елементів живлення, транспірацію тощо) і можуть акумулювати більше сонячної енергії на одиницю площі за відповідний проміжок часу.

Екологічні функції ґрунтового покриття. Ґрунтовий покрив, як основна складова земельних ресурсів і як макроекосистема, виконує дуже важливу роль в біосфері. В цілому він виступає як регулювальний механізм взаємодії між геосферами на межі взаємодії між біотою, літосферою і атмосферою. В системі геосфер ґрунт є однією із земних оболонок педосфери і виконує важливі функції, які мають безпосереднє екологічне значення для рослин, бактерій та інших організмів, в тому числі й людини.

Серед основних функцій ґрунтового покриття розрізняють біосферні та екологічні стосовно живих організмів (Б. Г. Розанов, 1988).

Найважливіша біосферна функція ґрунтового покриття – забезпечення життя на Землі. Вона полягає у концентруванні в ґрунті необхідних для організмів біофільних елементів в доступних для них формах хімічних сполук. Ґрунт також здатний акумулювати потрібний для первинних продуцентів наземних екосистем запас води у доступних для них формах.

Друга важлива біосферна функція ґрунтового покриття – забезпечення постійної взаємодії великого геологічного та малого біологічного кругообігів речовин. Усі біогеохімічні цикли елементів, у тому числі й таких важливих біофілів як вуглецю, азоту, кисню, а також потоко-утворювальні цикли води відбуваються тільки за участю ґрунту через його регулювальну дію як геомембрани, з одного боку, і як акумулятора біофілів – з другого. Ґрунт при цьому є свого роду поєднувальним ланцюгом і регулювальним механізмом у системі геологічної та біологічної циркуляції елементів у біосфері.

Свою третю біосферну функцію – регулювання складу атмосфери й гідросфери, ґрунтовий покрив виконує завдяки своїй високій шпаруватості (40–60 % від об'єму) і щільному заселенню організмами (корені рослин, тварини, мікроорганізми і черви). При цьому відбувається постійний газообмін між ґрунтом і приземною атмосферою. В системі ґрунт – атмосфера ґрунт є також генератором одних газів і резервуаром стоку інших. В наземній частині

глобального кругообігу води він вибірково віддає в поверхневий стік розчинні у воді хімічні сполуки, визначаючи таким чином гідрохімічну ситуацію як на суші, так і в прибережних акваторіях.

Оскільки ґрунт як біоосне природне тіло має не тільки родючість, а й лімітуючі фактори, що обмежують життєдіяльність тих чи інших організмів, він виявляє і четверту основну функцію – регулювання інтенсивності біосферних процесів, яку здійснює через регулювання щільності і продуктивності організмів на земній поверхні. До лімітуючих факторів ґрунту належать: висока кислотність або лужність, низька вологоємність, наявність токсичних речовин, сильне ущільнення тощо.

П'ята функція ґрунтового покриву полягає в накопиченні на земній поверхні специфічно активної речовини – гумусу і пов'язаної з ним хімічної енергії. В біологічних циклах синтезу й деструкції органічної речовини, які постійно відбуваються на поверхні землі, ґрунт виступає акумулятором залишкових продуктів цих циклів. Органічна речовина, особливо її специфічна частина – гумус, завдяки функції родючості забезпечує стійкість процесу продукція – деструкція біомаси.

Ґрунтовий покрив нашої планети виконує також захисну функцію стосовно літосфери. При цьому він відіграє роль не тільки геомембрани, а й "геодерми", або "шкіри" планети, захищаючи літосферу від інтенсивної дії екзогенних факторів, а отже, від руйнування. Ґрунтова оболонка є ніби буферною зоною між атмосферою та літосферою. Завдяки ґрунту забезпечується нормальне тривання геологічної денудації, яка протистоїть швидкому перенесенню продуктів вивітрювання гірських порід з континентального в океанічний цикл кругообігу.

Специфічна функція ґрунту щодо людини. Для людини ґрунт є найважливішим природним ресурсом. Завдяки живим організмам він забезпечує матеріальну основу нашого існування (продукти харчування, одяг, будівельні матеріали, сировина для багатьох видів промисловості), є фізичним місцем проживання. Ґрунт – це головний засіб сільськогосподарського виробництва і місце поселення людей. Як багатокомпонентна і складно організована екосистема він виконує також ряд різноманітних функцій стосовно живих організмів. Слід зазначити, що багато з цих функцій чітко не зв'язані з відповідними властивостями ґрунту, проте безпосередньо стосуються його родючості та продуктивності біоценозів. На рис. 1. показані біогеоценотичні функції ґрунтів.

Функції ґрунту зумовлені його фізичними властивостями. Завдяки своїм сприятливим фізичним властивостям ґрунт відіграє роль життєвого простору, житла, сховища, механічної опори, депо насіння тощо. Як на його поверхні, так і на деякій глибині перезимовує насіння вищих рослин.

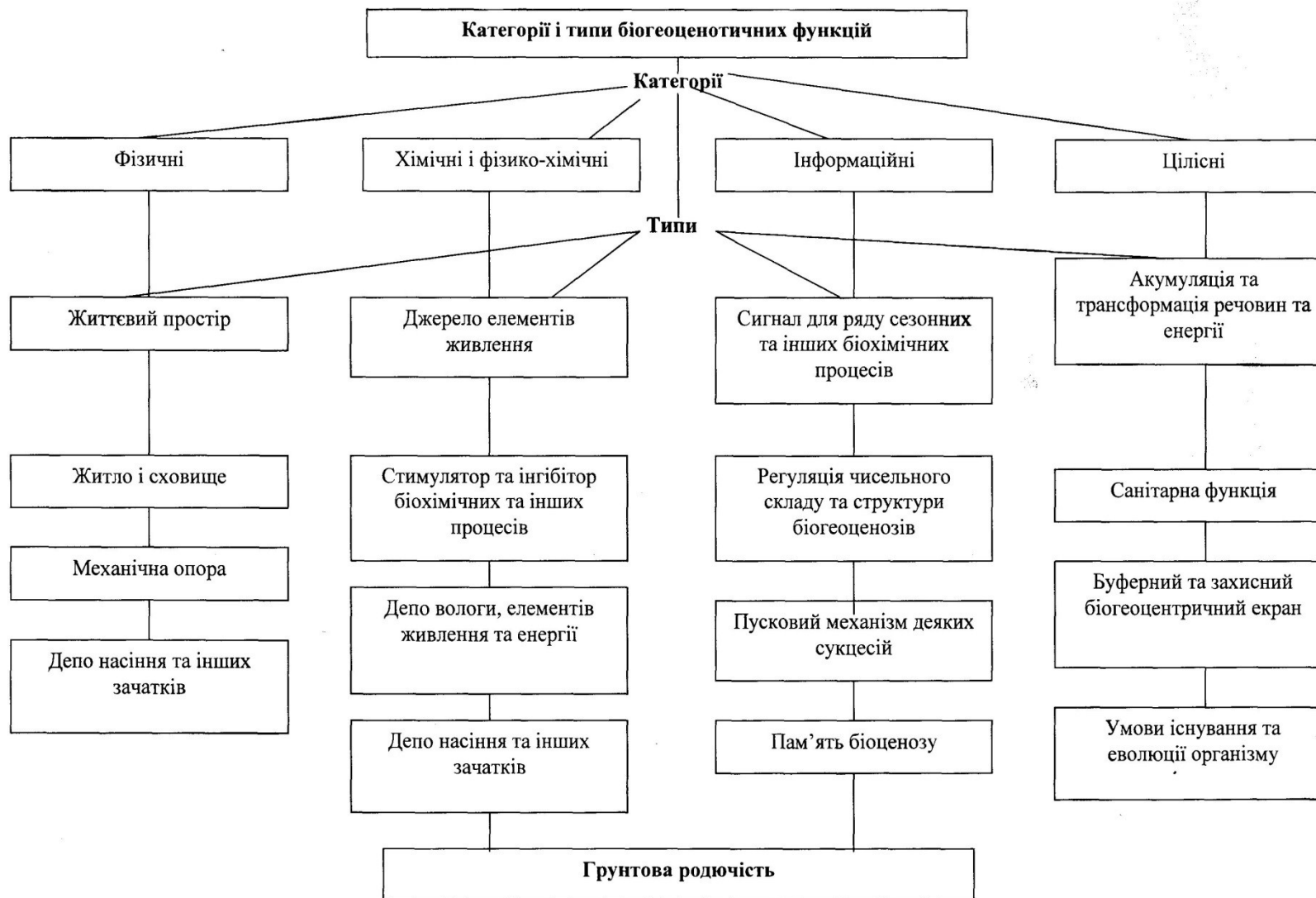


Рис. 1. Біогеоцентричні функції ґрунтів

У ґрунті протягом певного часу зберігаються також цисти, спори багатьох організмів та яйця безхребетних. Навіть при промерзанні ґрунту у ньому тривалий час перебуває багато мікроорганізмів у стані анабіозу.

Як середовище для життя ґрунт характеризується значною ізолюваністю і захищеністю від різких змін повітряного середовища. В складі ґрунтового повітря значно менше кисню, ніж в атмосферному повітрі, що створює передумови для окисно-відновних процесів і дає змогу життєздатним структурам функціонувати у властивому їм безкисневому режимі.

У деяких ґрунтах виявлено кількість пулу (запасу) мікробів, не повністю забезпечених органічною речовиною та елементами живлення, що робить їх малоактивними. Однак у такому стані мікроорганізми метаболізують і частково зберігають фізіологічну активність. При надходженні свіжої органічної речовини вони швидко включаються в процеси активної життєдіяльності і починають виконувати властиві їм ґрунтово-екологічні функції. Це явище має велике значення під час інтенсивного розвитку культурних рослин, коли виникає пряма потреба у швидкому процесі мінералізації раніше внесених у ґрунт органічних добрив.

Функції ґрунту зумовлені його хімічними властивостями та фізико-хімічним станом. Фізико-хімічні та агрохімічні властивості ґрунтів виконують ряд функцій у межах біоценозів. Найважливіші з них – сорбція ґрунтовими часточками мікроорганізмів, тонко-дисперсних речовин, а також функція як джерела елементів живлення, енергії та вологи, стимулююча та інгібуюча функції біохімічних процесів. Розглянемо коротко деякі з них.

За речовинним складом ґрунт є гетерогенною системою і складним сорбентом для багатьох організмів. Ця фізико-хімічна властивість забезпечує можливість концентрувати мікроорганізми у величезних кількостях в обмеженому об'ємі. Серед мінералів найбільш сорбційно активними є група монтморилонітів

Встановлено, що ґрунти важкого гранулометричного складу із значним вмістом гумусу мають високу сорбційну здатність. Остання залежить як від реакції ґрунтового середовища, так і від рухливості самих організмів. Більш рухливі мікроорганізми зазнають меншої сорбції і навпаки.

Ґрунти виявляють сорбційну здатність також відносно тонкодисперсних речовин. Вона пов'язана з величезною активністю поверхні їх елементарних часточок (від кількох до багатьох десятків квадратних метрів на 1 г ґрунту). Колоїдні фракції активно сорбують гази, різні рідини, молекули та іони багатьох речовин. Ґрунт може виявляти здатність до механічної затримки, а також хімічну та обмінну сорбційну здатності. З екологічної точки зору, найбільший інтерес становить остання.

Сорбційні функції ґрунтів обумовлюють своєчасне забезпечення рослин елементами живлення. Однак, поряд з позитивним сорбції можуть давати і негативний ефект. Так, деякі ґрунти з високою вбирною здатністю можуть переводити у важкодоступний для рослин стан значну кількість води та елементи живлення. Тому для нормального функціонування агроценозів важливо, щоб ґрунтовий вбирний комплекс був оптимальним як у кількісному,

так і в якісному відношенні. В. А. Ковда (1973) вважає, що для більшості сільськогосподарських культур помірної зони фізіологічно оптимальне співвідношення увібраних катіонів має бути наступним: Ca^{2+} – 60–70 % від ємності вбирання; Mg^{2+} – 10–15 %; K^{+} – 3–5 %. Бажана також наявність невеликої кількості водню та інших елементів.

Ще одна з важливих екологічних функцій ґрунту виявляється у тому, що для рослин і мікроорганізмів він є головним джерелом елементів живлення. Цим важливим питанням присвячено спеціальні розділи агрохімії, фізіології рослин.

Ґрунтовий покрив має у своєму складі відповідний резерв елементів живлення, енергії та вологи, тобто є їх своєрідним депо. Наявність цього важливого резерву життєдіяльності забезпечує існування організмів, незважаючи на можливі періодичні перерви в надходженні у ґрунт вологи, свіжої органіки та інших поживних речовин. Такий резерв можна розглядати як умову сталої ґрунтової родючості і фактор існування живої речовини.

Інформаційні функції ґрунту. Ґрунт як важлива складова екосистеми містить "пам'ять", виконує функції регулювання кількісного складу та структури біоценозу, подачі сигналів для сезонних та інших біологічних процесів, регулює пускові механізми деяких сукцесій. У його морфологічних ознаках, фізико-хімічних властивостях та мінералогічному складі виявляються особливості факторів ґрунтоутворення як у сучасному, так і в історичному аспектах. У своєму розвитку ґрунт "прагне" перетворитися на продукт, що врівноважує разом з відповідною комбінацією факторів ґрунтоутворення стає функціонування екосистеми.

Утворення зрілого ґрунтового профілю триває упродовж тисяч, а інколи навіть десятків тисяч років. Отже, особливий аспект функції ґрунту як "пам'яті" пов'язаний із зберіганням у його профілі інформації про еволюційне середовище. Особливо інформаційною щодо цього є система гумусових речовин, яка мало змінюється з часом, завдяки ізоляції похованих ґрунтів від навколишнього середовища.

Ґрунти певною мірою впливають на формування складу та структури сучасних фітоценозів. Просторовий розподіл рослин, зокрема їх кореневих систем, значною мірою визначається реальною динамікою властивостей і режимів ґрунтів. З коренями кожного виду рослин пов'язані специфічні комплекси ґрунтової біоти: грибів, мікориз, ризосферних бактерій, фітофагів – нематод, комах та ін.

Здатність ґрунту впливати на склад і структуру біоценозів набуває важливого значення при вирішенні практичних завдань щодо відновлення рослинного покриву знищених біоценозів. Відомо, що у зв'язку з широким освоєнням земель, внесенням значної кількості мінеральних добрив та кислотними опадами багато ґрунтових відмін зазнали суттєвих змін, у зв'язку з чим, з одного боку, потрібне відновлення їх колишніх властивостей, а з другого – пошук оптимальної біоценотичної структури рослинності.

У літературі є чимало відомостей про ще одну інформаційну функцію ґрунту – його здатність сигналізувати про початок сезонних біологічних процесів. Визначальною у цій функції є періодична зміна параметрів деяких

грунтових режимів – теплового, водно-повітряного та ін. Так, в умовах помірного клімату України температура ґрунту є важливим фактором весняного включення процесів сезонної активації і вегетації рослин. Крім того, температурні умови є не тільки сигналом початку та закінчення сезонних циклів життєдіяльності організмів і рослин, а й визначають хід ряду фізіологічних процесів, наприклад, зниження інтенсивності транспірації, прискорення ростових процесів, накопичення білкових речовин тощо.

Регулювальна функція особливо виявляється в умовах недостатнього зволоження. При цьому динаміка водного режиму значною мірою визначає зміну фаз розвитку рослин у їх річному циклі. Прикладом може бути прискорення сезонного розвитку ефемерів у аридних умовах напівпустель.

Цілісні функції ґрунту. Більшість екологічних функцій ґрунтового покриву визначається сукупною дією багатьох його властивостей і режимів. Ґрунт при цьому виступає як єдине природне тіло з відповідними функціями. Найважливіші серед них буферна, санітарна, трансформаційна щодо речовин та енергії, що знаходяться в екосистемі, чи надходять до неї. Буферна функція виявляється у відставанні сезонних та добових змін гідротермічних показників ґрунту від відповідних змін в атмосфері, в нівелюванні різних коливань вхідних потоків речовин та енергії (врівноваження значних перепадів вологості, зниження концентрації водневих чи гідроксильних іонів, адсорбції з ґрунтового розчину солей при надмірній їх концентрації тощо). Важливим фактором даної функції є здатність протистояти руйнуванню структури ґрунту під дією різних факторів (води, вітру, хімічної дії). Особливо велике значення в сучасних умовах надається кислотно-основній буферності ґрунту і буферності відносно різних видів забруднення в системі тверда фаза ґрунту – розчин – рослина.

До цілісних функцій ґрунту належить *санітарна* (здатність переробляти відходи життєдіяльності організмів, решток рослин, тварин, а також антропогенне забруднення, що потрапляє щорічно в ґрунт та на його поверхню). Слід зазначити, що в процесі продукції-деструкції органічної речовини беруть участь не тільки мікроорганізми, а й безхребетні тварини, що разом утворюють складний комплекс очищення ґрунтів. При цьому швидкість мінералізації ґрунту залежить як від збільшення кількості, так і від видової різноманітності організмів, які беруть участь у цьому процесі. Не менш важливим аспектом є зв'язок санітарної функції ґрунтів з їх антисептичними властивостями, що лімітують розвиток у них хвороботворних мікробів.

У межах різних типів біоценозів ґрунти можуть по-різному трансформувати надходження речовин та енергію (табл. 1). Реалізація цієї функції стала можливою після набуття ґрунтоутворюючої породою елементарних властивостей ґрунту, передусім внаслідок наявності в органічних формах вуглецю та азоту. Загальний об'єм органічної маси лише вищих рослин (біомаса дерев, кущів, трав) на Землі сягає $1,5 - 3,0 \cdot 10^{13}$ т.

1. Кількість енергії, акумульованої різними типами біоценозів, (за В.Р. Волобуєвим, 1964)

Тип біоценозу, тип ґрунту	Акумульована енергія, кал на см ²			
	ґумус	рослинна маса	мінеральні сполуки	всього
Тундра, глеєво-тундрові ґрунти	6000	450	1230	7680
Тайга, підзолисті ґрунти	6800	14250	2460	23610
Степ, чорнозем	20000	2250	5040	27250
Сухий степ, каштанові ґрунти	8000	1500	2100	1160
Напівпустелі, сіроземи	4000	750	3920	8670
Вологі тропіки, червоноземи	9200	71250	12350	92800

Екосистема ґрунту і її еволюція. Земельні ресурси слід розглядати не лише з позицій відновлювальних природних ресурсів і об'єкта господарської діяльності. Важливо звернути увагу на біокосність ґрунту як природного тіла, яка полягає в тому, що він є частиною живих покривів і водночас, будучи самостійним природно-історичним тілом, сам утворює один з цих покривів (ґрунтову строму), який розвивається за властивими йому динамікою і законами.

Ґрунтовий покрив утворює зону максимальної концентрації життя рослин і тварин та зумовлених ними біологічних (біогеохімічних та біохімічних) процесів і явищ. У межах цієї зони зароджуються всі найважливіші процеси обміну речовин та енергії, що відбуваються в біосфері. Роль живих організмів у ґрунті є настільки значною, що більшість процесів, які відбуваються у ньому, мають виключно біологічний характер. Саме тут вони зароджуються, визначають склад і шляхи міграції хімічних елементів атмосфери, літосфери та природних вод не лише в межах згаданої вузької зони, а й за її межами.

З екологічної точки зору, ґрунтовий покрив, як окремий живий покрив Землі, складається з екосистем різного рангу. Для з'ясування його екологічної структури потрібно користуватися конкретною таксономічною одиницею, яка, будучи його однорідним і типовим представником, могла б бути основою вивчення і порівняння ґрунтового покриву з іншими аналогічними одиницями. Ця одиниця повинна мати найменший об'єм, щоб забезпечити основну умову – порівнянність її змін у часі. У ряді суміжних з ґрунтознавством наук, які досліджують живі покриви Землі, такою найменшою (елементарною) одиницею є: фация, елементарний ландшафт, геосистема – у фізичній географії; рослинна асоціація – у геоботаніці; біогеоценоз – у біогеоценології; екотоп, біотоп – в екології. Останнім часом типологічна класифікація живих покривів Землі дедалі більше ґрунтується на екосистемах (Б. Сочава, 1972; Е. Neef, 1964; D.S Lieberman, 1984 та ін.). Міжнародний Паризький симпозіум (1970), який був присвячений екології ґрунту, також рекомендував здійснити паралелізацію таксонів ґрунтознавства та екології.

Розглянемо, які елементи таксономічної одиниці ґрунтознавства довелося б "паралелізувати". Кожний тип екосистеми характеризується власним обміном речовин та енергії. Численні дослідження свідчать про те, що наземним екосистемам не властиві повністю замкнені, абсолютно збалансовані

кругообіги. У багатьох випадках відхилення від циклів, лінійні відгалуження і глухі кути є більш істотними факторами формування екосистем. Відповідно актуальними є й відхилення від циклічної форми руху-розвитку, які супроводжуються підвищенням родючості ґрунту. З огляду на це, результати досліджень обміну речовин у різних екосистемах використовуються для вдосконалення агротехніки.

Як показують численні ґрунтово-екологічні дослідження, найбільше критерію екосистеми за названими функціональними параметрами відповідає таксономічна одиниця, яка тотожна типу ґрунту.

У типолого-генетичному сенсі тип ґрунту характеризується однотипністю: 1) трансформації органічної та мінеральної речовини; 2) процесу міграції-акумуляції речовин у ґрунтовому профілі; 3) будови ґрунтового профілю; 4) практичних заходів щодо регулювання родючості ґрунту.

Автономність розвитку і функціонування екосистеми ґрунту може виявлятися також і на нижчих таксономічних рівнях, зокрема на родовому та на рівні різновидності ґрунту, якщо останні мають достатню площу виявлення. Це зумовлюється тим, що родовий таксономічний рівень виділяється за ознаками, які здебільшого мають так званий біологічний відгук, і ідентифікується засобами біоіндикації (В. М. Виноградов, 1965; М. С. Гіляров, 1964).

Отже, *екосистему ґрунту* слід розглядати як особливу орґано-мінеральну систему з високим рівнем організації, складною структурою і відношенням взаємної обумовленості між компонентами (біотичними та абіотичними), з тісно пов'язаними обмінними енергетичними та матеріальними процесами, підпорядкованими важливій закономірності – функціонуванню живої речовини.

В порівнянні з поняттям „агроекосистема” екосистема ґрунту має одну істотну особливість – у ґрунті неістотними є продуценти, оскільки серед них лише водорості є фотосинтезуючими організмами.

Автономність розвитку екосистеми ґрунту виявляється на різних рівнях організації ґрунтового профілю в особливостях і напрямі хімічних, біохімічних процесів. Постійність, безперервність існування, продуктивність екосистеми ґрунту визначаються стабільним положенням її у системі екологічних ординат трофності та вологості. В сучасних екологічних умовах великого методологічного значення набуває положення про незамінність ґрунтової екосистеми як загально-планетарного акумулятора і розподільника біологічно зв'язаної енергії і депо біологічних елементів.

Для екосистеми ґрунту як відкритої системи найбільш характерні наступні властивості:

- відносна довільність меж, через які вводиться і виводиться речовина й енергія;
- наявність широкого різноманіття трофічних ланцюгів для перенесення і перетворення енергії, які пов'язані з речовинним складом;
- комплекс речовин системи з часом переміщується, а їх фізичні і фізико-хімічні властивості змінюються в результаті хімічних і біохімічних реакцій;

➤ екосистема ґрунту часом прагне дійти динамічної рівноваги чи стійкого стану, за якого швидкість матеріальних та енергетичних надходжень дорівнює швидкості їх витрат;

➤ накопичення енергії і речовин збільшується (зменшується), коли збільшується (зменшується) наявність потоку і кругообігу енергії та речовин в системі;

➤ наявність різноманіття форм живої речовини і умов для проведення конкурентної боротьби за існування між окремими її видами; наявність інформаційного обміну, що проявляється у функціонуванні біологічного блоку.

Екосистемі ґрунту властиві дві діалектично протилежні ознаки – *неперервності і дискретності*, що обумовлює з одного боку взаємопроникнення її компонентів потоками речовин та енергії, з іншого – прояв процесів їх диференціації.

При зміні швидкості матеріальних та енергетичних надходжень екосистема ґрунту прагне в своєму розвитку досягти нової динамічної рівноваги. Період зміни, що необхідний для поновлення нового стану рівноваги, є перехідним станом, а витрачений на досягнення нової динамічної рівноваги час залежить від трьох складових стійкості екосистеми: структурно-стаціонарної, функціонально-динамічної і буферності.

Накопичення енергії (органічної речовини) в межах екосистеми ґрунту при даних потоках її надходження залежить від енергетичної ємності. Дана залежність при цьому носить протилежний характер – чим вища здатність до накопичення, тим нижча чутливість системи.

Зрілість екосистеми ґрунту, а отже і її стійкість визначається кількістю кілець трофічних ланцюгів, по яких рухається енергія і елементи живлення, а також ступенем буферної здатності ґрунту в межах як кислотного, так і лужного інтервалів;

Автономність розвитку і функціонування екосистеми ґрунту може проявлятися на різних рівнях таксономічних ґрунтових угруповань – від розрядного до типового.

Продукційний процес (енергетична взаємодія живої речовини з мінеральною частиною ґрунту) являє собою одну із найважливіших ланок у механізмі функціонування ґрунтової екосистеми, що виражається в малому біологічному кругообігу речовин.

Розподіл земельних ресурсів по материках, їх використання і природна продуктивність. В даному підрозділі розглядається верхній шар літосфери Землі, що активно використовується людиною в різних галузях господарювання, і є важливою частиною біосфери для синтезу органічної речовини та розвитку життя на суходолі.

Основні види поверхні суші – рівнина, яка займає 70% її площі, гори, на які припадає 21%, та льодовики і сніги, що вкривають 9% суходолу. Найбільш інтенсивно в сільському господарстві використовуються земельні ресурси низин, особливо в дельтах великих рік. Меншою мірою людиною використовуються підвищені плато з відносно бідними ґрунтами, які піддаються денудаційним процесам.

Три чверті суші має висоту нижче 1000 м над рівнем моря. Найбільшим за площею та найвищим з континентів, які обжиті людиною, є Азія. Найнижчі та найменші за площею – Європа та Австралія (табл. 2).

2. Площа та середня висота континентів над рівнем моря (за даними ФАО, 1982)

Континент	Середня висота, м	Площа	
		млн. км ²	%
Азія	960	42	29
Америка північна	760	24	16
Америка південна	590	18	12
Австралія і Океанія	340	9	6
Африка	750	30	20
Європа	340	12	8
Антарктида	3000	14	9

При загальній площі суходолу 149 млн. км² земельний фонд (без Антарктиди і Гренландії), за даними ФАО, становить 133,9 млн. кв. км (13,4 млрд. га), або 26,3% загальної площі земної кулі, у тому числі: орні землі (рілля, сади, плантації) – 1,45 млрд. га (11%); луки й пасовища – 3,2 млрд. га (24%); ліси й чагарники – 4,1 млрд. га (31%); малопродуктивні землі (болота, пустелі, льодовики) – 4 млрд. га (3%); антропогенні забудови (міста, заводи, транспорт) – 0,4 млрд. га (3%).

Використання земельних ресурсів по континентах показано в табл. 3. Одним із найважливіших показників у земельному фонді території є частка орних земель. На Євразію припадає 59% світової ріллі, на Північну та Центральну Америку – 15%, на Африку – 15%, на Південну Америку – 8%, на Австралію – 3%. 80% світової ріллі знаходиться у посушливій зоні. Найбільша частка пасовищ зосереджена у країнах Африки (24%) та Азії (18%). В цілому ж пасовища складають 24, 8% від загальної площі країн світу.

Показники сільськогосподарської освоєності земельного фонду в деяких країнах світу подано в табл. 4. Слід зазначити, що розораність території серед цих країн найвища в Україні і становить понад 60% від загальної її площі.

Розанов Б.Г., роблячи прогноз можливого рівня сільськогосподарського освоєння суші, ще в кінці 70-х років минулого століття писав, що за існуючих систем землеробства оптимальний рівень освоєння може складати 16,6% (або 2,5 млрд. га) території. Фактично ж на середину 80-х років, за даними ФАО, площа сільськогосподарських угідь складала 1,5 млрд. га, або 11,3% всієї площі, з них орних – 1,373 млрд. га, багаторічних насаджень – 100 млн. га. Площа зрошуваних земель становила 227,5 млн. га, або 13,1%. Проте, статистичні дані свідчать, що протягом останніх 45 років площа орних земель в світі не збільшується і складає біля 1,5 млрд. га. При цьому відбувається постійне зниження забезпечення населення продуктивними земельними ресурсами (табл. 5).

3. Використання земельних ресурсів по континентах

Континент, країна	Площа, тис. км ²			Використання земель, % до загальної площі				Площа зрошуваних земель, тис км ²	Абсолютні висоти, м	
	загальна	сухо- долу	внутрішніх вод	рілля	пасо- вища	ліси та чагарники	інші землі		мінімальні	максимальні
Європа (без Росії)	5893,93	5742,4	151,53	30,40	15,36	30,73	18,57	199,28	-7	4807
Азія (без Росії)	31570,3	30699,6	870,7	17,08	32,03	17,65	30,48	1706,8 3	-408	8850
Африка	30088,89	29536,81	552,08	6,22	28,48	25,56	37,90	129,40	-155	5895
Росія	17075,2	15995,8	79,4	7,96	39,70	45,79	41,80	40	-28	5633
Північна Америка	22322,19	21029,77	1292,42	11,58	15,76	38,04	28,84	293,45	-86	6194
Південна Америка	17715,34	17433,22	282,12	5,90	27,90	47,53	17,08	95,23	-40	6962
Австралія та Океанія	8485,56	8405,7	79,86	5,96	50,11	23,47	19,51	23,93	-15	4509
Загальна площа	<u>133151,41</u> 100*	<u>128843,3</u> 96, 77	<u>3308,11</u> 2,48	<u>14563,53</u> 10,94	<u>32975,5</u> 24,77	<u>41797,31</u> 31,40	<u>40376,64</u> 30,41	<u>2488,1</u> 2 1,87	-	-

*) У відсотках до загальної площі

4. Показники сільськогосподарської освоєності земельного фонду в деяких країнах світу

Країна	Площа земель, млн. га	Площа с.-г. угідь, млн. га	С.-г. освоєність території, %	Рілля, млн. га	Розораність території, %	Розораність с.-г. угідь, %	Сіножаті та пасовища	
							площа, млн. га	% до загальної площі с.-г. угідь
Австралія	771,3	461,7	59,7	47,0	6,1	10,2	414,5	90,0
Бразилія	851,2	238,3	28,0	51,1	6,1	21,4	187,3	78,6
Великобританія	24,5	17,1	69,8	5,9	24,1	34,5	11,1	64,9
Канада	997,1	73,4	7,4	45,4	4,6	61,9	27,9	38,0
Китай	959,7	495,8	52,4	92,5	9,6	18,7	400,0	80,7
Лівія	176,0	15,8	9,0	1,8	1,0	11,4	9,0	88,6
Німеччина	35,7	17,3	48,5	11,8	33,1	68,2	5,3	30,6
Польща	32,3	18,7	57,9	14,3	44,3	76,5	4,1	21,9
Росія	1707,5	219,6	12,9	130,3	7,8	60,6	75,0	34,2
США	936,4	426,9	45,6	185,7	19,8	43,5	239,2	56,0
Україна	60,4	41,9	69,4	33,3	59,6	85,9	7,5	17,9
Франція	55,2	30,2	53,0	18,3	32,1	60,6	10,6	35,1

5. Динаміка забезпечення населення ріллею

Показники	Роки				
	1960	1975	1985	2000	2005
Площа ріллі, млрд. га	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Населення світу, млрд.	3,0	4,0	5,0	6,1	6,5
Площа ріллі на душу населення, га	0,50	0,38	0,30	0,25	0,23

За останні 45 років мало місце зниження площі ріллі в розрахунку на душу населення планети більше як на 60%. В той же час, як свідчать наукові дані, для забезпечення нормального рівня життя при сучасних технологіях необхідно не менше як 0,5 га ріллі на одну людину.

Оскільки статистичні дані про виробництво продовольства у світі значно коливаються, можна говорити лише про основну тенденцію у сільському господарстві, яка дає можливість забезпечити населення продовольством – це *інтенсифікація виробництва*. Але стан із забезпеченням населення продовольством як по континентах, так і в розрізі окремих країн досить різний.

В Латинській Америці, наприклад, спостерігається певне зниження імпорту продовольства, що пов'язано з пропорційним приросту населення ростом виробництва продукції. В країнах регіону здійснюється державна підтримка заходів по інтенсифікації сільськогосподарського виробництва.

В південній Азії при загальному значному нарощуванні виробництва продовольства, в окремих регіонах відчувається значний дефіцит придатних та вільних земель. Країни Північної Америки та Європи залишаються експортерами продовольства, хоча темпи приросту виробництва тут поступово знижуються.

В країнах східної Європи, починаючи з 90-х років минулого століття, спостерігається значний спад виробництва. Але, поряд з цим, має місце й значне зниження імпорту продовольства, пов'язане з погіршенням економічної ситуації в країнах колишнього Радянського Союзу та зниженням рівня споживання. В країнах Африки нарастає дефіцит продовольства, обумовлений високим приростом населення та зниженням рівня його виробництва.

В останнє півстоліття продовольчу проблему, при загальному зниженні забезпечення населення землею, вдавалось вирішувати за рахунок введення нових інтенсивних сортів сільськогосподарських культур, збільшення площ зрошуваних земель, росту кількості добрив та пестицидів, що вносяться в ґрунт. І все ж проблема забезпечення населення продовольством у світі залишається гострою. Не зважаючи на стабільність в останні десятиріччя загальної площі ріллі, в світі має місце тенденція, яка свідчить про загальне погіршення екологічних параметрів земельних ресурсів, зниження стійкості ґрунтового покриву. При стабільності загальної площі ріллі в світі щорічно

втрачається 6–7 млн. га продуктивних земель, які відводяться під будівництво, в резерв, деградують і т.д.

Площа ріллі відновлюється за рахунок пасовищ та лісів. При цьому пропорційно зростає площа інших земель, переважно деградованих. В замін втрачених родючих земель людина вводить в сільськогосподарське виробництво нові, менш родючі: болотні, засолені, пустельні, які вимагають значних витрат на окультурення та підтримання рівня їх родючості. Таким чином, підтримання рівня виробництва продукції вимагає все більших витрат. Крім того, зростають плащі «бедлендів». В світі в даний час біля 4,5 млрд. га непридатних земель. З них 2,5 млрд. га – природні непридатні землі (пустелі, виходи скельних порід), і біля 2,0 млрд. га – пустелі антропогенного походження.

Підраховано, що втрати земель постійно зростають. Так, за 10 тисяч років сільськогосподарської діяльності втрачено 2,0 млрд. га, або 0,2 млн. га за рік, в той час як за останні 300 років втрачено 700 млн. га земель, або 2,3 млн. га за рік. Найбільші втрати з розрахунку на річний термін мали місце в останнє півстоліття – 300 млн. га, або 6 млн. га за рік.

Основна причина втрат – зростаючий вплив людини на земельний покрив. Причому прогресуючі втрати продуктивних земельних ресурсів характерні для всіх країн (табл. 6).

6. Втрати земельних ресурсів в країнах світу, млн. га/рік

Країни					
Україна	США	Великобританія	Японія	Італія	Франція
0,070	1,2	0,023	0,055	0,045	0,065

Втрати земельних ресурсів в різних країнах відбуваються за рахунок відносної зміни структури їх земельних угідь. Для країн із значними земельними ресурсами (США, Росія, Китай, Австралія) землі головно переводяться в «бедленди» – еродовані, зруйновані. Для розвинених країн з незначними земельними ресурсами (Нідерланди, Японія, і т.д.) землі відводяться, як правило, під міське та промислове будівництво, дороги, гірничі підприємства.

На сьогодні практично всі кращі землі на планеті розорані. Придатні для сільськогосподарського використання вільні землі як правило низькородючі, вимагають значних витрат на їх окультурення і меліорацію. Але в різних регіонах ситуація істотно відрізняється. За даними ФАО, у світі 55 країн мають недостатні земельні ресурси, щоб прогодувати населення: у Африці й Азії їх по 22; у центральній Америці – 11. Рівень освоєння земель також різний. У Європі освоєно біля 94 % земель, у Азії – 92%. У Південній Америці та Африці рівень освоєння земель менший 50%. Є певні резерви й у Африці, але це землі під тропічними лісами, або напівпустельні, які вимагають значних витрат для освоєння. Подальше розорювання резервних земель за рахунок вирубування лісів призводить до загострення екологічної ситуації.

Тема 2. Земельні ресурси України та основні засади їх використання

Земельні ресурси України відіграють надзвичайно важливу роль у багатьох галузях народного господарства. Так, на їх використанні формується близько 95–97% обсягу продовольчого фонду та 2/3 фонду товарів споживання. Частка земельних ресурсів у складі продуктивних сил України становить 40–42%. У ресурсній забезпеченості соціально-економічного розвитку земля складає 40–44%, виробничих фондів та оборотних засобів – 20–21%, трудових ресурсів – 38–39%.

Фізико-географічні умови. Земельні ресурси це перш за все територіальні ресурси і їх продуктивність багато в чому визначається фізико-географічними умовами відповідної території.

Україна розміщена в межах Східно-Європейської рівнини, 95% території це рівнини, з них 70% низовини та 25% підвищення. Гірські райони Карпат та Криму займають біля 5% площі. В фізично-географічному відношенні виділяють Поліську провінцію зони мішаних лісів (Поліська агрогрунтова зона), Лісостепову зону, Степову зону, провінцію Українських Карпат Карпатської гірської країни та гірський Крим. Середня абсолютна висота рівнинної частини України становить 175 м. На півночі розташована Поліська низовина з висотами, що іноді перевищують 150...200 м. Словечансько-Овруцький кряж піднімається до 315 м. На південь від Поліської низовини на лівобережжі Дніпра простягається Придніпровська низовина з висотами 90...170 м. На заході країни знаходяться Волинська та Подільська височини. Абсолютні відмітки становлять 320...350 м. Південь країни займає Причорноморська низовина, абсолютні відмітки якої не перевищують 120–150 м.

Для більшості території характерне чергування низовин та височин. Низовини являють собою акумулятивні утворення із значною потужністю осадових порід, більш спокійним рельєфом, часто близьким заляганням ґрунтових вод. Серед підвищень виділяються також Придніпровська височина, Донецький кряж, відроги Середньоросійської, Приазовської височин. З підвищеннями пов'язані осередки розвитку ерозійно-денудаційних процесів з розвиненою яружно-балковою системою, помітною розчленованістю території.

Освоєнність та структура земельного фонду. Україна відноситься до країн із високим ступенем освоєння та антропогенної трансформованості ґрунтового покриву, а отже і земельних ресурсів. Сприятливі кліматичні умови, спокійний рельєф обумовили високу сільськогосподарську освоєність її території. До 1990 року земельні ресурси були власністю держави незалежно від способу їх використання. З отриманням незалежності і проведенням земельної та інших видів реформ відбулося роздержавлення значної частини засобів виробництва, в тому числі і землі. На початок 1996 року 51% земель знаходився у користуванні та власності колективних сільськогосподарських підприємств, 14% земель – у користуванні державних сільськогосподарських підприємств, 12% земель – у підпорядкуванні підприємств і 11% земель – у власності окремих громадян. Станом на початок 2005 року, коли закінчилися

відповідні етапи земельної реформи, біля 50% земель формально знаходиться в приватному користуванні, а фактично – в орендному користуванні.

Відповідно до Земельного кодексу України, всі землі поділяються на дев'ять категорій цільового призначення: землі сільськогосподарського призначення; землі житлової та громадської забудови; землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення; землі оздоровчого призначення; землі рекреаційного призначення; землі історико-культурного призначення; землі лісового фонду; землі водного фонду; землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення.

Згідно з основним цільовим призначенням єдиного земельного фонду, законодавством визначається правовий режим і характер використання та порядок обліку і оцінки земель. Відповідно до встановленого порядку державної звітності земельний фонд України характеризується за видами основних земельних угідь та економічної діяльності, за формами власності та землекористування.

Структура земельного фонду України в останні два десятиліття постійно змінюється. Відбувається відносне зменшення сільськогосподарських угідь, переважно за рахунок зменшення площ ріллі. Так, площа сільськогосподарських земель за період з 01.01.1996 р. по 01.01.2001 р. зменшилась на 71,5 тис. га, в т.ч. у 2000 р. скоротилась на 9,3 тис. га, в той же час площа земель лісового фонду збільшилась відповідно на 55,8 тис. га та 10,3 тис. га в 2000 р., площа земель під житловою та громадською забудовою в 2000 р. скоротилась на 1,2 тис. га.

Єдиний земельний фонд України складає 60354,8 тис. га, що становить близько 0,4 % від площі суші Землі. Основну частину земельного фонду становлять сільськогосподарські землі – 43039,5 тис. га (71,3% від загальної території України). Ліси та лісовкриті площі займають 17,3% території України, інші види земельних угідь (забудовані землі, відкриті заболочені, сухі відкриті землі з особливим рослинним покривом, відкриті землі без рослинного покриву) – 9,2% , забудовані землі – 4,1%, землі під водою – 4%. Земель з особливим природоохоронним режимом використання нараховується 2339 тис. га. (табл. 7).

Земельний фонд України характеризується надзвичайно високою сільськогосподарською освоєнністю, яка складає 71,2%; понад 88,6% земельних ресурсів України використовується в якості основного засобу виробництва в сільському і лісовому господарствах.

Частка сільськогосподарських угідь України становить 0,8% від загальної площі сільськогосподарських земель світу. Розораність земельного фонду в Україні значно перевищує аналогічний показник у переважній більшості країн світу. Найбільш розораною є зона Степу – 67,8%, у тому числі в Дніпропетровській області – 70%, Запорізькій – 75%, Миколаївській – 73%, Херсонській – 73,1%, Кіровоградській – 75%. Агроландшафти цих областей відносяться до екологічно несприятливих. У зоні Лісостепу розораність сягає 60,1%, зокрема в Хмельницькій області – 62,2, Черкаській – 66,0, Вінницькій – 67,0 Тернопільській – 65,0, Київській – 52,9.

7. Земельні ресурси України

Регіон	Загальна земельна площа, тис. га	Сільськогосподарські угіддя, тис. га		Показник сільськогоспо- дарського освоєння території	Забезпечення населення орними землями, га/чол.
		всього	рілля		
Україна	60354,8	407730	32989	0,69	0,65
АР Крим	2694,5	1774,2	1214,3	0,66	0,48
Вінницька	2651,4	2939,4	1776,7	0,77	0,92
Волинська	2014,4	1055,0	690,4	0,49	0,65
Дніпропетровська	3192,3	2510,3	2138,7	0,79	0,55
Донецька	2651,6	2034,8	1684,4	0,77	0,13
Житомирська	2880,8	1654,0	1307,3	0,55	0,85
Закарпатська	1275,3	453,3	192,6	0,36	0,15
Запорізька	2718,5	2242,5	1944,6	0,83	0,93
Івано-Франківська	1392,7	608,7	417,7	0,43	0,29
Київська	2894,3	1706,6	1441,8	0,59	0,74
Кіровоградська	2458,8	2044,6	1803,3	0,83	1,45
Луганська	2668,5	1884,4	1454,1	0,71	0,51
Львівська	2183,1	1263,2	864,8	0,58	0,31
Миколаївська	2463,0	2003,3	1715,6	0,81	1,28
Одеська	3331,3	2562,7	2081,0	0,77	0,77
Полтавська	2874,5	2182,5	1844,0	0,63	1,05
Рівненська	2005,2	927,9	669,4	0,46	0,58
Сумська	2383,9	1720,2	1380,8	0,73	0,96
Тернопільська	1382,4	1055,0	917,4	0,77	0,79
Харківська	3140,7	2412,3	1977,2	0,67	0,62
Херсонська	2841,4	1968,8	1757,5	0,69	1,48
Хмельницька	2062,9	1568,8	1354,5	0,76	0,89
Черкаська	2092,1	1454,5	1301,1	0,68	0,85
Чернівецька	809,6	472,6	338,6	0,58	0,36
Чернігівська	3191,8	2121,1	1540,2	0,66	1,09

В Поліссі рівень розораності складає 35,2% і в розрізі областей варіює в межах від 15,3% (Закарпатська обл.) до 47,8% (Чернігівська обл.).

Структура сільськогосподарських угідь України подана на рис. 1. В Україні є значні територіальні відмінності в земле-забезпеченні населення. У Закарпатській і Херсонській областях забезпеченість ріллею становить відповідно 0,15 га і 1,48 га на одного жителя. В цілому ж Україна займає одне з перших місць в Європі по зазначеному показнику, який складає 0,65 га/чол. (табл. 8).

В порівнянні з іншими країнами Україна в достатній мірі забезпечена орними землями, однак кількість орної землі у розрахунку на 1 людину не корелює з рівнем продовольчого забезпечення населення, оскільки останній показник залежить не тільки від площі земельних ресурсів і родючості ґрунтів, а й від загальної структури земельного фонду країни, рівня культури землеробства, структури посівів, економіки країни, розвитку переробної промисловості, соціальних умов і рівня життя.

8. Площа сільськогосподарських угідь на одного жителя в окремих зарубіжних країнах

Країни	С-г угіддя	В т.ч. рілля	Країни	С-г. угіддя	В т.ч. рілля
Австрія	0,44	0,18	Німеччина	0,21	0,14
Бельгія	0,14	0,07	Польща	0,48	0,37
Білорусь	0,90	0,60	Росія	1,49	0,88
Болгарія	0,71	0,48	Румунія	0,65	0,41
Великобританія	0,29	0,10	США	1,62	0,71
Греція	0,84	0,23	Угорщина	0,60	0,46
Данія	0,51	0,45	Фінляндія	0,53	0,51
Іспанія	0,79	0,40	Франція	0,52	0,32
Італія	0,27	0,14	Швеція	0,38	0,31
Канада	2,49	1,54	Швейцарія	0,22	0,06
Нідерланди	0,13	0,06	Україна	0,79	0,65

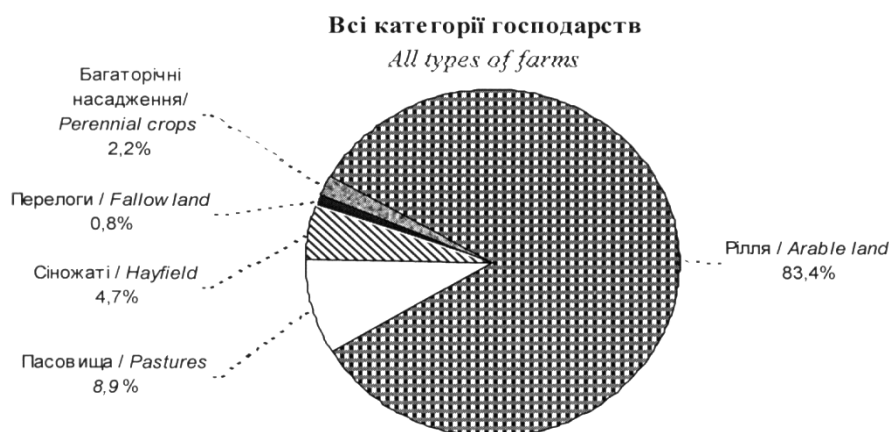


Рис. 2. Структура сільськогосподарських угідь України станом на 01.01.2005 р.

Географія та структура ґрунтового покриву. Характеристика земельних ресурсів в своїй основі базується на всебічному знанні географії та структурі ґрунтового покриву, а також властивостей його ґрунтових відмін. Адже співвідношення площ ґрунтів різного рівня родючості визначає як сучасні, так і потенційні можливості досягнення високих показників у виробництві сільськогосподарської продукції при одночасному створенні екологічного благополуччя в тому чи іншому регіоні.

Ґрунтовий покрив України як основна складова земельних ресурсів є детально дослідженим. В цілому вивчення земельних ресурсів та ґрунтового покриву України тісно поєднане з російською генетичною школою ґрунтознавства. Н.Б. Вернандер (1978) за період з 1887 по 1967 рр. виділяє 3 основних етапи у вивченні і картографуванні ґрунтів України. На першому етапі в 1887–1917 роках завдяки діяльності видатного вченого-ґрунтознавця В.В. Докучаєва було покладено початок розробкам наукових основ ґрунтознавства. В цей період проводяться значні роботи по вивченню ґрунтового покриву, створюються ґрунтові карти майже на всю територію України. Проте дана робота не носила державного характеру, проводилася безсистемно, дослідження характеризувалися неоднорідністю.

На другому етапі (1917–1941 рр.) почали проводитися цілеспрямовані планомірні ґрунтові дослідження. Створені в цей період ґрунтові карти широко використовувалися для вирішення практичних задач в сільському господарстві. З 1925 року починають проводитися систематичні ґрунтові дослідження. У 1926–1928 роках були детально обстежені великі площі лісостепової та степової зон України. На цій основі Наркомзем України створив першу ґрунтову карту масштабу 1 : 1 000 000. З 1934 року беруть свій початок систематичні крупно-масштабні ґрунтові обстеження, методичною основою яких уже стає не морфологічний, а генетичний метод. В ці роки продовжена подальша агроінвентаризація земель, в т.ч. обстеження орних земель бурякосіючих господарств. Під керівництвом П.А. Власюка та В.І. Канівця створені ґрунтово-агрохімічні карти з конкретними рекомендаціями щодо застосування добрив, ґрунтово-агрохімічна карта регіону в масштабі 1:420000. В 1935 році під керівництвом Н.К. Крупського, О.М. Грінченка, Г.С. Гріня створена нова ґрунтова карта України. Почалося систематичне вивчення генезису та властивостей основних типів ґрунтів, особливостей окультурення засолених ґрунтів півдня України

На третьому етапі досліджень були продовжені роботи з ґрунтового обстеження і картографування ґрунтів, в результаті чого в 1949 році була створена ґрунтова карта України в масштабі 1 : 750000. Колективом авторів створена монографія «Ґрунти УРСР», де було узагальнено всі дані про особливості ґрунтового покриття України.

В період з 1957 по 1967 роки було проведено суцільне крупно-масштабне ґрундове обстеження. На основі «Методики крупно-масштабного обстеження земель» для кожного господарства були створені карти 1 : 10000 та 1 : 25000 масштабу та набір спеціальних картограм із рекомендаціями з підвищення продуктивності ґрунтів. На основі матеріалів 1-го туру обстеження створені ґрунтові карти районів, областей та України різних масштабів, здійснено агроґрундове групування та класифікацію ґрунтів, розроблено їх номенклатуру та діагностику. На основі узагальнень першого туру обстежень у 1960–80-х рр. українською школою ґрунтознавців було продовжено вивчення властивостей та генезису солонцюватих ґрунтів буроземів, поверхнево-опідзолених ґрунтів Передкарпаття та торфових ґрунтів.

Після здобуття Україною незалежності роботи по вивченню ґрунтового покриття країни продовжується. Координатором досліджень є ННЦ „Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського” УААН. В останні роки певну роботу проводить також Державний центр охорони родючості ґрунтів Мінагрополітики України.

Сучасна структура ґрунтового покриття сільськогосподарських угідь України з зазначенням основних ґрунтових відмін згідно даних Інституту землеустрою УААН та ННЦ „Інститут агрохімії і ґрунтознавства імені О.Н. Соколовського” УААН показана в табл. 9. Близько 42% території країни покрито найбільш родючими ґрунтами (чорноземами, лучно-чорноземними та ін. ґрунтами), які при науково-обґрунтованій системі землеробства можуть давати високі врожаї озимої пшениці, цукрових буряків, кукурудзи, овочів та ін.

9. Структура ґрунтового покриву сільськогосподарських угідь України

Основні групи ґрунтів	Сільгоспугіддя		В т. ч. рілля	
	тис. га	%	тис. га	%
Дерново-підзолисті різного генезису	2522,2	6,03	2080,5	6,3
Ясно-сірі і сірі лісові опідзолені	2149,3	5,1	1931,8	5,8
Темно-сірі опідзолені і чорноземи опідзолені	4133,0	9,9	3858,1	11,6
Дернові різного генезису	1281,2	3,06	536,7	1,6
Лучні різного генезису	1565,9	3,7	764,7	2,3
Лучно-болотні і болотні	716,5	1,7	99,4	0,3
Торфо-болотні і торф'яники	614,6	1,5	82,2	0,2
Мочаристі	87,0	0,2	66,2	0,2
Чорноземні різного генезису	22111,5	52,8	19968,2	60,2
Лучно-чорноземні	718,9	1,7	567,9	1,7
Солонці і солончаки різного генезису	171,1	0,4	57,7	0,2
Осолоділі і подові	301,4	0,7	223,9	0,7
Темно-каштанові і каштанові різного генезису	1238,1	3,0	11336,1	3,4
Буроземи, дерново-буроземні, підзолисто-буроземні	189,1	0,5	73,4	0,2
Коричневі	127,2	0,3	71,4	0,2
Намиті	658,2	1,6	347,7	1,05
Рекультивовані	10,6	0,03	5,0	0,02
Розмиті, виходи порід	119,1	0,3	17,0	0,05
Бурі гірські	322,9	0,8	74,7	0,2
Інші	2801,9	6,7	1226,0	3,7
Всього по Україні	41839,7	100	33188,6	100

Біля 30% займають ґрунти з дещо нижчою родючістю (дерново-підзолисті піщані та супіщані, ясно-сірі і сірі опідзолені супіщані, південні чорноземи і темно-каштанові ґрунти). Підняття їх родючості досягається внесенням мінеральних та органічних добрив (дерново-підзолисті піщані та супіщані, ясно-сірі і сірі опідзолені супіщані) та шляхом волого-накопичення (чорноземи південні і темно-каштанові ґрунти).

Ґрунти з помітно зниженою родючістю (оглеєні, слабо-кам'янисті кислі, солончакуваті і ін.), які крім високої агротехніки потребують хімічної меліорації, займають біля 20%. І зрештою, ґрунти, що потребують докорінного поліпшення, або зовсім непридатні, займають до 8% площі.

Ґрунти Українського Полісся відрізняються легким гранулометричним складом ґрунотвірних порід, які представлені переважно глинисто-піщаними, супіщаними флювіо-гляціальними відкладами та мореною. В центральній частині Правобережного Полісся ґрунотвірними породами є льодовикові відклади. Має місце й близьке залягання ґрунтових вод.

Водороздільні простори зайняті дерново-підзолистими ґрунтами різного ступеня підзолистості і оглеєності. Для ґрунтів Полісся характерна мала потужність гумусового горизонту. Відсоток гумусу у верхньому шарі не перевищує 1–2%. Ці ґрунти відрізняються також кислою реакцією ґрунтового розчину і поганою водо-утримуючою здатністю. Польові культури, які на них вирощують, страждають як від нестачі елементів живлення, так і від нестачі води.

На процеси ґрунтоутворення значно впливає близький рівень залягання ґрунтових вод, а місцями і довготривалі весняні повені, які затоплюють не тільки заплави, але і тераси. В результаті зазначеного ґрунотвірний процес сприяв формуванню дерново-підзолистих ґрунтів з різним ступенем оглеєння.

На плоских низовинних терасових рівнинах утворилися підзолисті сильно глеєві ґрунти. Ґрунтові води тут знаходяться на глибині 80–100 см. Корені рослин в таких умовах часто загнивають, рослини гинуть.

Залишки старої гідрографічної мережі, широкі прохідні долини, заплави річок, а часто і водороздільні простори Полісся сильно заболочені і вкриті торф'яно-болотними ґрунтами і торф'яниками низового типу. Зольність торфових горизонтів в таких умовах, як правило, не висока (25–35%).

Зовсім інший комплекс ґрунтів сформувався в районі близького підстилання флювіогляціальних відкладів крейдяними породами. Значні масиви ґрунтів тут сформовані на безпосередніх продуктах вивітрювання карбонатних порід (дернові карбонатні). Болотні ґрунти цього регіону характеризуються наявністю шару добре розкладеного торфу, під яким безпосередньо залягає крейда, чи крейда, вкрита сапропелем, в торфі на його нижній границі помітні значні накопичення вівіаніту.

Ґрунтотворний процес (дерновий процес ґрунтоутворення) Лісостепової зони розвивався з одного боку під широколистяними лісами, з іншого – під різнотравно-лучними степами на лесах різного гранулометричного складу. Найбільш типовими ґрунтами, сформованими в даних умовах, є чорноземи опідзолені та чорноземи типові.

Понижені місцевості даного регіону характеризуються наявністю також і лучно-чорноземних ґрунтів. Характерною особливістю чорноземів Лісостепу України є їх відносна малогумусність (кількість гумусу в ґрунтах природних ценозів не перевищує 6,5–6,9%) в порівнянні з чорноземами Середньо-Російської височини (8,5–9,5%). Потужність гумусового горизонту може сягати 120–130 см.

В типових чорноземах карбонати знаходяться на глибини 40–50 см. Типові чорноземи мають нейтральну реакцію ґрунтового розчину, володіють доброю водоутримуючою здатністю.

Високі розчленовані ділянки Лісостепу з давніх часів були вкриті широколистяними лісами, під покривом яких сформувалися ясно-сірі, сірі та темно-сірі опідзолені ґрунти. Ясно-сірі ґрунти покривають найбільш підвищені ділянки території. За своєю генетичною будовою вони схожі на дерново-підзолисті, проте відрізняються від них більш високим вмістом гумусу та нижчою кислотністю. Сірі опідзолені ґрунти покривають верхні і середні частини схилів. В них вже відсутній елювіальний горизонт, а безпосередньо під гумусовим (потужністю 30–35 см) залягає щільний ілювій. Темно-сірі опідзолені ґрунти залягають в нижній частині схилів. Потужність гумусового горизонту в них сягає 50–55 см. В сірих, темно-сірих опідзолених ґрунтах вміст гумусу складає 3,0–4,0%. Вони мають слабо-кислу реакцію ґрунтового розчину і відрізняються достатньою родючістю. На давніх дніпровських терасах серед чорноземно-лучних і лучно-чорноземних відмін зустрічаються також і масиви содових солончаків і солончакуватих ґрунтів.

В зоні Степу під різнотравно-типчаково-ковильними і типчаково-ковильними степами формуються чорноземи звичайні та чорноземи південні з однорідним ґрунтовим покривом. В цій зоні чорноземи звичайні мають

найбільше розповсюдження й сягають навіть меж узбережжя Азовського моря. Південні чорноземи замикаються на території Причорноморської низовини. Впродовж їх південної межі тягнеться вузька смуга солонцюватих відмін, поява яких пов'язана з недостатньою кількістю опадів та наявністю солей в ґрунтотвірних породах.

Південніше, в зоні Сухого Степу, де в минулому переважав полино-типчакowo-ковильний степ, при нестачі атмосферних опадів і високому випаровуванні сформувалися темно-каштанові ґрунти (північна частина Сухого Степу), а на крайньому півдні – каштанові відміни. Зазначені ґрунти в тій чи іншій мірі є солонцюватими. В їх ґрунтово-вбирному комплексі міститься більше 5% натрію від суми обмінних основ. Інтенсивність процесу солонцюватості збільшується з півночі на південь.

Темно-каштанові і каштанові ґрунти менш родючі, ніж чорноземи. Вони містять 2,5–3,5% гумусу і мають порівняно малопотужний гумусовий горизонт (35–45 см). В цій зоні серед каштанових ґрунтів зустрічаються чисельні плями солонців – ґрунтів, вбирний комплекс яких містить більше 20% натрію від загальної суми ввібраних основ. До 30% території Сухого Степу – комплекси каштанових ґрунтів із солонцями і солончаками. Родючість солонців підвищують завдяки гіпсуванню і плантажній оранці. Солончаки практично не придатні для сільськогосподарського використання через значний вміст солей у верхньому шарі ($\geq 1,1\%$). Слід зазначити, що регіони Південного та Сухого Степу – основні зрошувані масиви України. Гірський Крим і Українські Карпати вкриті переважно буроземами, дерново-буроземними, підзолисто-буроземними та коричневими лісовими ґрунтами. Зазначені ґрунти утворилися під буково-дубовими, рідше шихтовими лісами. Їх гумусовий горизонт має потужність до 35 см. Буроземи Українських Карпат найбільш кислі ґрунти в межах України.

Природне середовище в цілому, як і ґрунтовий покрив зокрема, зазнали суттєвих змін під дією антропогенного чинника. Загроза деградації і руйнування ґрунтів набула у другій половині XX століття настільки глобальних розмірів, що спонукала ФАО ЮНЕСКО ще у 1982 році надрукувати „Всесвітню хартію ґрунтів”, звернену до урядів усіх країн і міжнародних організацій, яка містить наукову програму досліджень і необхідних заходів зі збереження ґрунтів і раціонального, екологічно обґрунтованого використання земельних ресурсів.

Екологічні проблеми в Україні зумовлені не тільки загально-кризовими явищами в економіці і соціальній сфері на національному рівні, але й довготривалою відсутністю цілеспрямованої державної політики екологічного спрямування щодо охорони і раціонального використання земельних ресурсів.

Сільськогосподарське використання земельних ресурсів тісно пов'язане з постійною дією людини на ґрунт. Навіть на сучасний ґрунтотвірний процес цілинних і перелогових ґрунтів, що функціонують в природних умовах, прямо чи опосередковано впливає антропогенний чинник.

В умовах сільськогосподарської культури порушується природна рівновага між компонентами екосистеми, змінюється кругообіг речовин та

енергії в біосфері. Агротехнічні та агрохімічні заходи (внесення добрив і меліорантів, обробіток ґрунту, вилучення значної частини біомаси з конкретної території ґрунтового покриву у вигляді врожаю тощо) змінюють хід ґрунтових режимів і процесів, їх інтенсивність і напрямки.

Людина, намагаючись створити оптимальні умови росту і розвитку сільськогосподарських культур з метою отримання певних урожаїв відповідної якості, виступає фактором ґрунтоутворення. В таких умовах має місце так званий процес окультурення ґрунту, який можна визначити як екологічну реорганізацію ґрунтового біокосного тіла, свідому зміну ґрунтових процесів і режимів у відповідності з біологічними особливостями провідної групи сільськогосподарських культур, що вирощуються в певних ґрунтово-кліматичних умовах, з метою отримання певної врожайності відповідної якості на основі підвищення рівня ґрунтової родючості.

Ґрунотворний процес відноситься до категорії біо-фізико-хімічних процесів і за А.А. Роде визначається як сукупність явищ перетворення речовин і енергії, які протікають в ґрунтовій товщі. В культурному ґрунотворному процесі, поряд з такими агентами ґрунтоутворення як живі організми, вода, кисень повітря і вуглекислота, безпосередню участь бере й людина. Перш за все, людський фактор впливає на такі складові ґрунотворного процесу як накопичення органічних решток і їх трансформація, акумуляція у верхньому шарі ґрунту ряду біофільних елементів, перш за все елементів живлення.

Культурний ґрунотворний процес привніс суттєві зміни в хід природних процесів продукції – деструкції органічної речовини, а отже й порушив біохімічні цикли двох важливих елементів – вуглецю і азоту.

Виділяють три напрямки еволюції ґрунтового покриву, які мають місце в процесі його використання людиною: окультурення (підвищення рівня родючості), освоєння (підтримка рівня родючості на вихідному рівні) і деградація (зниження рівня родючості). Окультуренню переважно піддаються ґрунти з низькою природною родючістю. Такі ґрунти наявні в багатьох країнах, але вони займають невеликі площі. Називають їх по-різному (городні, садові, поливні і т.д.) і виділяють в особливий клас антресолей

До основних факторів і несприятливих ґрунтових процесів, що зумовлюють зниження ґрунтової родючості під дією антропогенного чинника, відносять дегуміфікацію, агрофізичну деградацію, переущільнення, розвиток водної та вітрової ерозії, зменшення вісту рухомих форм елементів живлення, радіонуклідне забруднення, забруднення ґрунтів токсичними сполуками, втрату структури, запливання та кіркоутворення, підкислення, заболочування і т.д. Це призводить до поступового зниження родючості та втрат земель, а також до значних втрат сільськогосподарської продукції.

Тема 3. Ерозійні процеси – ґрунтові деградації, що спричиняють екологічну нестабільність і незбалансованість ґрунтового покриву

Ерозією називається руйнування ґрунту і підґрунтя під впливом природних та антропогенних чинників. Це руйнування може спричинюватися талими і дощовими водами, що стікають по схилу. В цьому випадку воно носить назву *водної ерозії*. Сильні вітри також здатні руйнувати ґрунт. Така ерозія називається *вітровою*, або *дефляцією*.

У зв'язку з інтенсивним розвитком зрошення на схилових землях відбувається також ерозія, що носить назву *іригаційної*. Надмірне випасання тварин на природних кормових угіддях обумовлює розвиток *пасовищної ерозії*. При цьому розбивається дернина, ґрунт переміщується по схилу під копитами тварин, що призводить до підсилення як водної, так і вітрової ерозії.

Ще виділяють *агротехнічну ерозію* — зміщення ґрунту вниз по схилу при оранці. На схилах крутістю понад 4° під час роботи полиці плуга в бік вододілу відбувається не повне відкидання скиби, а при роботі полиці в бік підніжжя схилу — зміщення скиби до низу, яке є адекватним змиву ґрунту об'ємом 12 м³/га. Внаслідок цього на коротких стрімких схилах у при-вододільних їх частинах з'являється еродований ґрунт, а біля підніжжя навпаки — "намитий", тобто наораний, ґрунт.

Водна ерозія — це процес руйнування ґрунтів та ґрунтових порід під впливом тимчасових водних потоків, що супроводжується порушенням ґрунту, переносом та відкладанням дрібнозему.

За генезисом тимчасових водних потоків, що спричиняють змив та розмив ґрунту, виділяють такі типи ерозії: ерозія від дощових та зливових опадів, ерозія від стоку талих вод, змішана ерозія, тобто обумовлена як опадами, так і сніготаненням. У поліській зоні переважає ерозія від стоку талих вод, у степовій — від стоку зливових вод, а в лісостеповій проявляються обидва ці типи.

Залежно від характеру дії на ґрунт стічної води виділяють два підтипи водної ерозії: площинний змив ґрунту та лінійний розмив (яружна ерозія).

Площинна ерозія проявляється у поступовому, часто візуально непомітному) більш-менш рівномірному видаленню з поверхні схилу дрібнозему ґрунту під дією потоків води. Яскраво вираженою формою прояву поверхневої ерозії є мілкі струмочкові розмиви і стрічкові змиви, що призводять до утворення слабо-, середньо- та сильно-змитих ґрунтів.

При лінійній ерозії відбувається концентрування стоку і розмив ґрунту у вертикальному напрямку. Внаслідок розмиву поверхні виникає промивина, яка при подальшому надходженні води з водозбірної площі перетворюється на яр. Межа переходу площинної ерозії в лінійну досить умовна: вважається, що якщо сліди ерозії на полі вдається зарівняти обробітком ґрунту, то це — площинна ерозія, а якщо не вдається — то лінійна.

Кількісну оцінку процесів ерозії здійснюють за інтенсивністю втрат ґрунту з одиниці площі за одиницю часу, тобто в т/га за рік або мм/рік. В таких же одиницях вимірюється і швидкість процесів ґрунтоутворення. Порівнюючи між собою інтенсивність втрат ґрунту зі швидкістю

грунтоутворення, можна судити про міру небезпеки водної ерозії. Цілком зрозуміло, що якщо інтенсивність ерозійних процесів нижча, ніж швидкість грунтоутворення, то ерозія для даного ґрунту не є небезпечною.

Таке уявлення про ерозію покладено в основу поділу її на нормальну та прискорену. Нормальна (геологічна) ерозія відбувається під природною рослинністю, не зміненою дією людини (цілинні степи, ліси, луки та ін.). За своєю природою ця ерозія дуже повільна і, як правило, не призводить до утворення еродованих ґрунтів, тому що втрати ґрунту протягом року повністю компенсуються процесом утворення ґрунту.

Прискорена (антропогенна) ерозія розвивається там, де внаслідок господарської діяльності людини природну рослинність знищено, а територія використовується без урахування її природних властивостей. У даному випадку втрати ґрунту набагато перевищують його новоутворення, що призводить до різкого зниження родючості.

Підраховано, що для утворення шару ґрунту глибиною 2-3 см потрібно за сприятливих умов від 200 до 1000 років. Талі води та дощ здатні за 20—30 років знищити те, що природа створювала протягом тисячоліть. Тому дуже важливо мати науково обґрунтовану кількісну оцінку ерозійних процесів.

Для потреб практики рекомендується користуватися шкалою інтенсивності ерозії ґрунтів (табл. 10).

10. Шкала інтенсивності ерозії ґрунтів (Шичула та ін., 1973)

Інтенсивність втрат ґрунту, т/га за рік	Оцінка ерозії
Менша за швидкість грунтоутворення, що становить 2-3 т/га за рік	Ерозії немає
Більша за швидкість грунтоутворення, але менша за: 3—6	Слабка ерозія
6—12	Середня ерозія
12—24	Сильна ерозія
24—60	Дуже сильна ерозія
понад 60	Катастрофічна ерозія

Порівнюючи масштаби ерозійних процесів з даною шкалою, можна дійти висновку, що на більшій частині території України втрати ресурсів родючості головним чином спричинює ерозія: інтенсивність змиву в багатьох регіонах досягає 30—40 т/га за рік, а в багатоводні роки на посівах просапних культур, посіяних вздовж схилу, може становити 150-300 т/га і більше.

Оскільки така ерозія є результатом господарської діяльності людини, то саме людина і повинна потурбуватися про екологічну рівновагу в землеробстві. Слід мати на увазі, що попередити ерозію легше та дешевше, ніж боротися з її наслідками.

Внаслідок дії водної ерозії на полях та інших угіддях утворюються її осередки, що обумовлено високою розчленованістю рельєфу місцевості як давніми, так і сучасними елементами гідрографічної мережі. До давніх відносять улоговини, лощини та балки. Осередки ерозії – це ділянки зруйнованого ґрунтового покриву, що класифікуються таким чином.

Суцільний і стрічковий змив можна спостерігати весною на розорюваних схилах після зливових дощів. Найчастіше ці осередки з'являються на довгих схилах значної крутизни, на перегінах місцевості, по дну знижених елементів рельєфу. Їх поява значно підсилюють обробіток ґрунту вздовж схилу і слабка протиерозійна стійкість ґрунтів. Глибина змиву може бути різною, від 3—5 см до глибини орного шару (30 см).

Струмочковий розмив спостерігається у посівних борознах, слідах від борін, культиватора, по дну неглибоких знижень. Глибина розмиву від 3—5 до 30 см. Подальший обробіток ґрунту повністю або частково зарівнює струмочкові розмиви, тому їх відносять до площинної ерозії.

Промивини, які зарівнюються, — подальша стадія поглиблення знижень і перетворення їх у ярочки. Глибина цих промивин 30—50 см, найчастіше вони спостерігаються по дну борозен та знижень після сніготанення чи злив.

Промивини, що не зарівнюються, — подальша стадія поглиблення знижень і перетворення їх у ярочки. Глибина цих промивин 50—100 см. Вони непрохідні для сільськогосподарських машин і знарядь, тому їх виводять із складу ріллі. Такі промивини розчленовують поля на дрібні робочі, ділянки. Їх віднесено до лінійної ерозії.

Ярочки — подальша стадія поглиблення дна западин і перетворення їх у яри. Ярочки зустрічаються і по дну балок. Їх глибина досягає 1-3 м. Ярочки теж віднесено до лінійної ерозії.

Яри — завершальна стадія розвитку лінійної ерозії. Їх глибина становить 3—50 і може досягати 100 м. Яри спричинюють виведення земель із сільськогосподарського користування, до того ж значних площ, що вдвічі перевищують площу самого яру. Конуси виносу ярів замулюють безплідною породою заплавні землі, перегороджують малі річки, обумовлюють заболочення заплав.

На відміну від промивини, яр має подовжений профіль і характерну зовнішню форму. Понад 80 % ярів завдовжки до 0,5 км віднесено до коротких. Значно менше поширені яри середньої довжини (0,5—2 км), а довгі (2—5 км) зустрічаються дуже рідко.

Розвиток ярів відбувається у три стадії: вершинного розмиву, вироблення поздовжнього профілю і досягнення рівноваги та затухання росту.

На стадії вершинного розмиву під дією водного потоку в промивині з'являється вершинний перепад висот відносно до місцевого базису ерозії. Коли цей перепад досягає глибини 1,5—3 м, під дією спадної води утворюється лійка розмиву, а також підмивання ґрунту, що спричинює зсув ґрунту назустріч стічній воді. Відвалена при цьому маса ґрунту і підґрунтя зноситься стічною водою. Ріст яру в довжину відбувається дуже швидко. Одночасно з ним руйнується і поглиблюється дно яру. Бічні схили набувають зривистої форми. На цій стадії розвитку яр глибоко врізається в товщу ґрунту і його ріст здійснюється у багатьох напрямках, однак гирло ще не досягає місцевого *базису ерозії*. Воно неначе зависає на схилі, тому такі яри дістали назву "висячі".

На стадії вироблення поздовжнього профілю і досягнення рівноваги розширюється і поглиблюється донна частина яру, тобто формується

поздовжній і розширюється поперечний його профілі. Русло яру перестає бути висячим, воно доходить до місцевого базису ерозії. Яр набуває поздовжнього профілю, що має форму увігнутої кривої, крутість якої рівномірно зменшується в напрямку від вершини яру до його гирла. Поперечний профіль яру розширюється через підмивання та обсипання схилів, що тривають до закінчення цієї стадії розвитку яру, після чого схили перестають обсипатися і заростають рослинами-піонерами (буркуном, свинорием, підбілом та ін.).

Для стадії затухання росту характерні: повне припинення глибинної ерозії, зупинка процесів підмивання та завершення формування природної стрімкості схилу. Дно яру зтягується делювієм і поступово вирівнюється. Яр остаточно досягає місцевого базису ерозії і на його схилах поселяються трав'янисті рослини та чагарники. Яр поступово перетворюється на балку.

Причинами затухання росту яру є досягнення профілю рівноваги та зменшення площі водозбору.

В межах одного яру можна спостерігати різні стадії його розвитку, при цьому кожній стадії відповідає і певна форма поперечного профілю яру.

До осередків ерозії відносять також *ділянки акумуляції продуктів водної ерозії*. Відкладання продуктів змиву та розмиву звичайно відбувається при зменшенні стрімкості схилів і біля їх підошов, у гирлах промивин, ярів, балок та в інших місцях зменшення швидкості стоку і його розпилення. При цьому утворюються намиті ґрунти, що можуть мати підвищену родючість.

На ґрунтах, що утворилися на елювії щільних порід, під дією змиву виникають і підсилюються щебенюватість та кам'янистість ґрунтів. Каміні начебто ростуть з ґрунту. Їх періодично збирають і виносять за межі полів. Ґрунт швидко втрачає свою родючість.

Причини виникнення і розвитку осередків водної ерозії. **Кожен** осередок ерозії має безпосередні причини свого виникнення і розвитку. Розробка протиерозійних заходів не може бути ефективною без встановлення конкретних причин ерозії. Усунення цих причин веде до затухання осередків ерозії. Причини виникнення осередків ерозії можуть бути природними і антропогенними. Однак природні причини розвитку ерозії, як правило, не призводять до утворення осередків ерозії та еродованих ґрунтів. Останні формуються лише при накладанні на природні антропогенних чинників ерозії.

До природних чинників утворення осередків ерозії належать такі.

Рельєф місцевості. Цей чинник впливає на розподіл опадів. Чим крупніші форми рельєфу, тим більша небезпека прояву ерозії. Ерозійна енергія рельєфу залежить від глибини місцевого базису ерозії.

Форма поверхні схилів. Визначається двома основними профілями схилів: поздовжнім і поперечним. Є такі форми поздовжніх та поперечних профілів: а) опуклий; б) увігнутий; в) прямий.

Експозиція схилів. Впливає на інтенсивність ерозії через перерозподіл тепла та опадів, які, в свою чергу, впливають на ґрунтозахисну ефективність рослинності. Схили південних експозицій прогріваються

сильніше. На них швидко протікає весняне сніготанення, що підсилює ерозію. Підвищена температура влітку погіршує умови росту і розвитку рослин, що також збільшує інтенсивність ерозії. Щорічно повторюване підсилення (на південних) і гальмування (на північних експозиціях схилів) ерозії приводить до утворення відповідного поздовжнього профілю схилів. Південні схили, звичайно, більш стрімкі і мають поздовжньо-пряму або поздовжньо-увігнуту форму.

Крутість схилів. Впливає на інтенсивність ерозії через підвищення швидкості стікання води. Залежність між крутістю схилів та інтенсивністю ерозії носить експоненційний характер, до того ж показник стікання, як правило, перевищує одиницю.

Стрімкість схилів — один з найістотніших чинників виникнення і розвитку осередків ерозії. Вона не лише обумовлює площинний змив, а й сприяє утворенню великих промивин, непрохідних для сільськогосподарських машин та знарядь, а також є причиною утворення та росту ярів.

Протиерозійна стійкість ґрунтів. Найбільш стійкими до змиву й розмиву є чорноземи типові і звичайні середньо- та важко-суглинкові, що утворилися на лесах і лесоподібних суглинках. Менш стійкими є чорноземи на елювії карбонатних порід (попелухи), дерново-підзолисті та сірі опідзолені ґрунти, що сформувалися на грубо-пиловатих легкосуглинкових лесах. Коефіцієнт протиерозійної стійкості суглинкових і глинистих ґрунтів прямо пропорційний гранулометричному коефіцієнту структурності цих ґрунтів і обернено пропорційний їх чиннику дисперсності, за Н. А. Качинським.

Розміри природних водозборів. Величина стоку — одна з визначальних умов інтенсивного змиву та розмиву ґрунту — залежить від площі водозбору. Чим вона більша, тим більше накопичується стоку і тим інтенсивніше проявляється ерозія. Величина природних водозборів залежить від рельєфу і міри розчленованості території гідрографічною мережею. Ерозійна енергія рельєфу прямо пропорційна висоті місцевого базису ерозії та обернено пропорційна площі водозбору.

Зливовий характер опадів. Інтенсивність ерозії за однакових умов прямо пропорційна інтенсивності та тривалості (ерозійному індексу) дощу.

Запаси води в снігу. Сніговий покрив на підвищених ділянках місцевості нагромаджує енергетичну силу, яка при сніготаненні спричинює руйнування ґрунтового покриву. Чим вище інтенсивність сніготанення, тим вища потенційна небезпека руйнування ґрунтів внаслідок ерозії.

Швидкість весняного сніготанення. Може сприяти реалізації потенційної небезпеки руйнування фунтів внаслідок ерозії за умов глибокого шару снігового покриву. Ця швидкість визначається темпами наростання плюсових температур. При високому темпі стік і ерозійне руйнування ґрунтового покриву можуть бути дуже істотними.

Антропогенні чинники виникнення і розвитку осередків ерозії за ступенем впливу на неї можна розташувати в такому порядку.

Велика довжина поля вздовж схилу. Сприяє накопиченню великої маси води під час весняного сніготанення та випадання злив, концентруванню цієї

води у потоки і виникненню на ділянках нижчих частин схилів суцільного стрічкового змиву й лінійних розмивів різної глибини. Цей чинник призводить також до утворення западинного мікрорельєфу. Особливу небезпеку таке явище має на ріллі, чистих парах, посівах просапних культур. Велика довжина поля вздовж схилу є причиною обробітку ґрунту вздовж схилу, а це ще більше підсилює ерозію.

Значні розміри штучних водозборів. На відміну від природних водозборів, розміри яких визначаються рельєфом, штучні водозбори, крім того, залежать і від організації території, напрямку обробітку ґрунту, розміщення доріг, меж полів, лісосмуг, умов відкладення снігу та ін. Розмір штучних водозборів може бути значно більшим, ніж природних. Такі водозбори збирають багато стоку і підсилюють ерозію.

Неправильне розміщення рубежів — елементів організації території. Межі полів сівозмін, робочих ділянок ріллі та інших угідь, а також дороги, лісосмути й інші види лінійних елементів організації території при їх розміщенні без урахування рельєфу є однією з основних причин сучасної ерозії. Це явище може підсилюватись через те, що при організації території не завжди і не повною мірою можна врахувати ґрунтозахисні вимоги. Внаслідок цього створюються умови для утворення штучних водозборів, які за площею у багато разів перевищують середні природні водозбори, що живлять окремі осередки ерозії. Таке явище може спричинювати всі види водної ерозії: від змиву до розмиву.

Неправильний напрямок обробітку ґрунту. Обробіток ґрунту вздовж схилу в 3—4 рази підвищує інтенсивність ерозійних процесів у порівнянні з обробітком впоперек схилу. Особливо велика небезпека від цього буває на ріллі, чорних парах, під просапними культурами, в садах і на виноградниках. Неправильний напрямок обробітку ґрунту нерідко обумовлений нераціональним внутрішньогосподарським землепорядкуванням.

Застосування обробітку ґрунту з обертанням скиби. Обертання скиби позбавляє ґрунт захисного рослинного покриву, рослинних решток, які захищають структуру ґрунту від руйнівних ударів дощових крапель. Мульча із рослинних решток перешкоджає утворенню ґрунтової кірки, зменшує швидкість стікання талих і дощових вод, що ослаблює ерозію. Перехід до обробітку ґрунту без обертання скиби у 2—4 рази зменшує змив ґрунту.

Перевантаження просапними культурами ділянок, що розташовані на крутосхилах. Часті розпушування ґрунту в міжряддях просапних культур та слабка захисна дія рослин спричинюють інтенсивний прояв ерозійних процесів.

Формування мікрозападин на поверхні схилів. У природних біогеоценозах таких процесів не існує. Вони пов'язані з господарською діяльністю людини. Формування западин на поверхні схилу обумовлює концентрування стоку та прояв ерозійних процесів, характерних для поперечно-увігнутих схилів. Особливо значної інтенсивності ерозія досягає при наявності впадин на поздовжньо-опуклих схилах. По берегах западин формуються середньо- та сильно-еродовані ґрунти через підсилення змиву зсувом ґрунту в бік западин під час його обробітку. По дну западин нерідко утворюються великі донні розмиви.

Велике скупчення снігу поблизу природних і штучних перешкод і в

зниженнях. Полезахисні лісосмуги, огорожі, щити, підвітряні схили збирають біля себе великі кучугури снігу. Запізніле танення цього снігу, а також надходження талих вод на відталі схили є важливою причиною виникнення осередків інтенсивної ерозії.

Вищезгадані чинники виникнення і розвитку осередків ерозії можуть охоплювати дане поле, а також поширюватись на сусідні поля, що впливає на розвиток ерозії на даному полі.

Таке ж становище може скластися і відносно окремих господарств. Нерідко чинники виникнення ерозійних процесів трапляються на території сусіднього господарства, що розташоване вище по схилу. Осередки ерозії можуть бути обумовлені відразу кількома причинами. Наприклад, істотна протяжність поля вздовж схилу при значній стрімкості цього схилу може призвести до сильного руйнування ґрунту під час весняного сніготанення або випадання злив.

Умови прояву дії водної ерозії. Виникнення і розвиток ерозійних процесів обумовлюються як природними умовами, так і господарською діяльністю людини. До природних чинників, які визначають інтенсивність прояву водної ерозії, належать: *клімат, рельєф, властивості ґрунтів, материнських і підстеляючих порід, а також характер рослинного покриву.*

Клімат. Цей чинник ерозії характеризується варіабельністю своїх складових частин. На розвиток ерозійних процесів безпосередній вплив мають: сумарна (річна) кількість опадів, їх вид, тривалість, інтенсивність і час випадання. Температура і вологість повітря мають непрямий вплив на ці процеси.

Від температурного режиму залежать замерзання та відтавання ґрунту, витрати вологи на випаровування, запаси води в ґрунті, а це створює різні умови для формування поверхневого стоку і розвитку ерозії. Від сили вітру залежать перерозподіл снігу та напрямок руху зливових хмар. На інтенсивність ерозії у весняний період істотно впливає висота снігового покриву та швидкість танення снігу.

На території України запаси снігової води зменшуються у напрямку з північного заходу на південний схід. Висота снігового покриву в поліській зоні може становити 60-70 см і більше, в степовій — лише 5-10 см. Однак ерозійна сила снігової води визначається не лише її запасами, а насамперед інтенсивністю сніготанення, яка залежить від температури повітря і наростає з північного заходу на південний схід. На схилах південних експозицій сніг тане швидше, а на північних — повільніше.

Ерозія, що виникає внаслідок стоку талих вод, охоплює одночасно великі площі, проявляється приблизно в один і той же період року, триває 5-15 діб. Вона небезпечна і тому, що в цей час значні площі угідь не мають рослинного покриву, а ґрунт, за виключенням поверхневого шару, перебуває в промерзломому стані і характеризується низькою водопроникністю.

Для цієї ерозії властиві значна мутність стоку і досить великий його об'єм. Змив ґрунту починається після появи таловин і відбувається в їх межах. Ґрунт, що повільно відтає зверху, швидко насичується сніговою водою до повної

вологоемності. Надлишок води, що має енергію, яка перевищує силу зчеплення ґрунтових агрегатів та їх водотривкість, стікає по схилу, зносячи частки ґрунту. Початок змиву залежить від крутості схилу та гранулометричного складу ґрунту: на суглинкових ґрунтах змив починається при крутості схилу $0,5-1^\circ$, а на супіщаних — при $1-2^\circ$.

Таким чином, величина стоку і змиву ґрунту при таненні снігу визначається запасами води в снігу, рівномірністю розподілу снігу по поверхні вододілу, глибиною промерзання та відтавання ґрунту, інтенсивністю танення снігу, температурою і вологістю ґрунту, мірою вкриття поверхні рослинними рештками, ущільненістю і водопроникністю поверхневого шару ґрунту.

Ерозійна дія зливових опадів залежить від їх кількості, інтенсивності і тривалості дощу. Середньорічна кількість опадів характеризує лише потенційну небезпеку ерозії на даній території. Істотніше значення для прояву ерозійних процесів мають розподіл опадів протягом року та їх кількість за один дощ.

Чим інтенсивніші і триваліші зливи, тим вищий ступінь ерозії від них. Зливи з великими краплями дощу призводять до більшої ерозії, ніж затяжні дощі з дрібними краплями. Наприклад, тривала мжичка шаром понад 50 мм може зовсім не спричинити змиву, а інтенсивна злива шаром 10-12 мм та інтенсивністю 5-7 мм/хв. може обумовити значний стік, змив і розмив ґрунту.

Більшість дощів мають розмір крапель 1-4 мм, максимальний розмір крапель може сягати 5-6 мм. Зростання інтенсивності дощу супроводжується збільшенням розміру крапель та їх ударної сили.

Ерозійна дія дощових крапель проявляється у відокремленні окремих часток від маси ґрунту. На це витрачається понад 30 % енергії. Частина енергії витрачається на ущільнення ґрунту, яке спричиняє зниження водопроникності. Ґрунт запливає, і формується поверхневий стік.

Зливам властиві періодичність випадання і пульсаційний характер інтенсивності. Злизова ерозія одночасно проявляється на дуже обмеженій території і далеко не кожен рік на одній і тій самій площі. Проте сильна злива, що випадає раз у 3-5 років, здатна за кілька хвилин призвести до такого руйнування ґрунту, якого можна чекати від стоку талих вод за 10-15 років.

Навіть невеликий об'єм стоку, зумовленого зливою, має виключно високу мутність.

Невеликий змив ґрунту спостерігається вже при силі дощу 1-1,3, а якщо вона зростає до 5—7, то відбуваються сильний змив і розмив ґрунту.

При випаданні злив поверхневий стік води по схилу має три стадії. У перші хвилини після початку дощу відбуваються вбирання води ґрунтом і руйнування ґрунтових агрегатів внаслідок ударів дощових крапель. Пилуваті частки потрапляють до пор аерації і закупорюють їх. Це спричиняє різке зниження водопроникності ґрунту, на поверхні якого утворюється тонка плівка води, що збільшує фактичну масу дощових крапель та їх ударну силу.

Маса часток ґрунту, які піднімаються в повітря від ударів крапель, під час сильної зливи досягає 140-200 т/га, висота відбивання крапель — 0,25-0,5 м,

дальність розбризкування — 1-1,5 м.

Шар води на поверхні ґрунту дає початок мікро-стоку, який, концентруючись у зниженнях мікрорельєфу, інтенсивно виносить зруйнований матеріал. Зустрічаючи на своєму шляху нерівності і рослинний покрив різної густоти, рівномірний шар стоку розчленовується на струмки і струмочки, направлені у бік найбільшого нахилу місцевості, які поступово зливаються. Глибина текучої води в них зростає від 0,2-1 до 7-10 см, швидкість течії — від 0,01-0,02 до 0,5-0,8 м/с. Інтенсивність ерозії при цьому зростає у 5-6 разів.

Якщо на шляху водного потоку трапляються перепади по висоті, то інтенсивність розмиву ґрунту збільшується. Вже при висоті 5 см швидкість вільно падаючої води досягає 1 м/с, чого цілком досить для руйнування суглинків і щільних глин, при висоті перепаду 10 см ця швидкість зростає до 1,5 м/с, при цьому вже можуть розмиватися дуже щільні ґрунтоутворні породи. Таким чином виникає розмив ґрунту — початкова стадія лінійної ерозії.

Змив ґрунту під час злив визначається ерозійним індексом дощу, що є добутком кінетичної енергії дощу на його максимальну 30-хвилинну інтенсивність.

Найбільш ерозійно небезпечними є дощі шаром понад 60 мм, що тривають від 2 до 5 год. їх максимальна інтенсивність перевищує 1,2-2 мм/хв., а ерозійний індекс коливається від 10,7 до 35,5. Чим вища енергія зливових добових, тим більша ерозійна небезпека опадів.

Енергія зливових добових опадів змінюється від 1,1 до 1,3 кДж/м² на південному сході України, сумарна кінетична енергія зливових опадів за теплий період становить менш за 1,5 кДж/м² у зоні Сухого Степу і понад 4,0 кДж/м² у Карпатській гірській провінції.

Середньорічний поверхневий стік також залежить від умов ґрунтово-кліматичної зони. В лісостеповій зоні він становить 50-70 мм і більше, в північному і центральному районах степової зони — 30-50, в південному — 10-30 мм. У географічному плані інтенсивність зливної ерозії зменшується у напрямку з півдня на північ і з заходу на схід.

Рельєф. Це є сукупність горизонтальних та вертикальних форм земної поверхні, різних за розмірами, походженням, віком та історією розвитку. Складають рельєф позитивні і негативні його форми, які представлені підвищеннями та западинами. Рельєф формується під дією на земну поверхню ендегенних (тектонічні рухи) та екзогенних (вода, вітер та ін.) сил.

Рельєф місцевості є носієм ерозійної енергії території. Він може істотною мірою визначати кількість та інтенсивність атмосферних опадів, об'єм і швидкість стоку, вологість і водопроникність ґрунтів, тепловий баланс поверхні.

Найважливішими, морфологічними характеристиками рельєфу, які впливають на інтенсивність ерозійних процесів, є глибина місцевих базисів ерозії, розчленованість території яружно-балковою мережею, величина балкових водозборів, довжина, крутизна, експозиція та форма схилів.

Підвищення і гірські схили еродовані сильніше, ніж рівнинні території. Особливо помітно ерозійні процеси відбуваються на Донецькому кряжі,

Приазовській та Придніпровській височинах, Подільському плато, в передгірських та гірських районах Карпат і Криму. Значно слабше проявляються ерозійні процеси на рівнинах Полісся, Придніпровській та Приазовській низовинах.

Однією з передумов інтенсивного змиву та розмиву є *кількість стоку*, яка залежить від величини водозбору, під яким розуміють територію, обмежену лінією вододілу. Площа водозбору може коливатися від кількох сотень квадратних метрів до кількох тисяч квадратних кілометрів. Площа водозбору невеликого яру може становити лише 1,25 га, а балки — від 50 до 2500 га. Великі балкові системи складаються з декількох елементарних водозборів. Водозбірна площа ріки складається з кількох десятків, сотень або тисяч водозбірних площ окремих ярів, балок, долин, які, зливаючись одна з другою, утворюють велетенський водозбірний басейн ріки. Чим більший водозбір, тим більша маса води може скупчитися в ньому при сніготаненні чи зливах і тим більше руйнування ґрунту може спричинити цей стік.

Форма водозбору також впливає на інтенсивність розвитку водної ерозії. Виділяють три форми водозборів: пряму, розсіювальну і акумулювальну.

При *прямій формі водозбору* стік переважно розосереджено стікає вниз по схилу. Концентрування його може відбуватися, але незначне.

Розсіювальна форма водозборів більш безпечна. Маса стоку розсіюється по схилу, і концентрування його майже не відбувається.

Акумулювальна форма водозбору сприяє концентруванню маси стоку у вузькому руслі і утворенню промивин та ярів.

Елементами водозбору є вододіли, схили та гідрографічна мережа. Лінія, що з'єднує найвищі точки і відокремлює водозбірну площу однієї ділянки гідрографічної мережі від іншої, називається *лінією вододілу*.

Гідрографічна мережа — розгалужену систему знижень, по яких відбувається стік поверхневих вод. У плані вона має вигляд розгалуженої крони дерева.

Формування гідрографічної мережі на рівнинній території України відбулося в льодовиковий період під дією величезних мас води, що утворилися при таненні льоду. Внаслідок змиву і розмиву земної поверхні, процесів вивітрювання і тектонічних явищ виникли річкові долини, сформувались схили і вододіли. З часом всі ці елементи рельєфу згладилися, вкрились рослинністю, під якою сформувались ґрунти.

Верхня частина гідрографічної мережі, що, як правило, не має постійних водостоків, називається *суходільною мережею*. Нижня частина — річкова долина — містить річкове русло. В суходільній частині гідрографічної мережі виділяють такі ланки: западинну, лощинну і суходільну, а також проміжну — лощинно-суходільну.

Западина — верхня ланка гідрографічної мережі, що прилягає до найвищих частин водозборів. Вона має невелику глибину (0,5—2 м), пологі симетричні схили (крутістю до 2°), в ній відсутні розмиви, а розмір водозбору змінюється від 0,2 до 5 га. Такі западини не мають брівки, а також русла. В них починається концентрування води. Найбільші із западин є улоговинами.

Западини переходять у лощини, а лощини — в балки. Територія западин звичайно розорюється.

Лощина — є відрог балки, більш помітний у порівнянні з западинним зниженням гідрографічної мережі, що має більші глибину і крутість схилів (8—15°). Для лощини характерні форма корита та деяка асиметрія поперечного профілю: сонячний бік її більш стрімкий, ніж тіньовий. Чітких ознак брівки вона не має, але дно її добре виражене. Ширина лощини, як правило, не перевищує 40-60 м. Лощини доцільно відводити під залуження.

Балка (суходіл) — це глибоке зниження місцевості з крутими (9—35°) асиметричними схилами, найчастіше задернованими і покритими рослинністю. Глибина балки 6-30 м, площа водозбору 50-2500 га. Найбільша ширина балки — від 70 до 300 м. Від примережного схилу балку, звичайно, відділяє брівка. У балці виділяють такі категорії земель: вершину, берег, дно і гирло. *Вершиною балки* називається та її частина, в якій лощина переходить у балку. *Береги балок* — це ділянки землі, що розташовані між брівкою та дном. Це схиліві землі крутістю до 30-35°. Ґрунти берегів — дуже змиті або намиті і, як правило, порізані водоріями чи ярами. *Дно балки* — найбільш знижена її частина, посередині якої проходить водотік. Донні частини балок, звичайно порослі травою, мають багаті намиті ґрунти. *Гирло балки* — це її найнижча ділянка у тому місці, де балка впадає у річкову долину. Тут формується конус виносу. Вершина цього конуса завжди звернена до гирла балки, основа — до річкової долини.

Лощино-суходіл — проміжна між лощиною та балкою ланка гідрографічної мережі. Являє собою відгалуження балки.

Долина ріки — найдавніша ланка гідрографічної мережі. Це увігнута, лінійно витягнута форма рельєфу, утворена роботою ріки, з нахилом у напрямку течії. Річкова долина найчастіше обмежується з одного боку пологим, з другого — крутим берегом. Суходільна ланка гідрографічної мережі за площею і участю в утворенні форм рельєфу має перевагу над річковою долиною. Так, для водозборів двох рік центрального району лісостепової зони — Зуші і Красивої Мечі суходільна ланка становить 92 % усієї гідрографічної мережі, а на річкову мережу припадає всього 8 %.

Переважна частина території водозбору зайнята схилівими землями. *Схил* — це територія між лінією вододілу і брівкою тієї чи іншої ланки гідрографічної мережі. Схили відрізняються один від одного за формою, довжиною, крутістю та експозицією.

Форма поверхні визначається поперечним і поздовжнім профілями схилу, які можуть бути прямими, опуклими, увігнутими. Поєднання цих форм створює схили складної форми — опукло-увігнуті, увігнуто-опуклі й східчасті. Процесам ерозії найбільшою мірою сприяють поперечно-увігнуті та поздовжньо-опуклі схили. Поперечно- і поздовжньо-опуклі (розсіювальні) схили не сприяють розвиткові інтенсивних ерозійних процесів. Акумулятивна (поперечно-увігнута) форма схилів, навпаки, є однією з причин змиву й розмиву ґрунтів. Схили з прямим поздовжнім профілем займають проміжне місце і називаються *нейтральними*. Найбільш вираженою опуклістю профілю

відзначаються схили південної та південно-західної експозицій, а також схили, що прилягають до крутих берегів річкових долин.

Форма схилу залежить від властивостей ґрунту, ґрунтотвірної та підстиляючої породи. На породах, що легко розмиваються, найчастіше формуються схили прямої та опуклої форм, а на породах, що важко розмиваються, — увігнутої. У разі чергування виходу на поверхню пухких і щільних порід утворюються схили східчастої форми.

Довжина схилу — це відстань між вододілом і брівкою постійного чи тимчасового водотоку. Збільшення довжини схилу з опуклим профілем сприяє накопиченню великої маси води (під час сніготанення чи зливи) та концентруванню її в нижній частині схилу, у зв'язку з чим підсилюється руйнівна енергія потоку. В той же час у разі увігнутого профілю змив по довжині схилу нерідко не лише не зростає, а й послаблюється, тому що продукти ерозії в нижній частині схилу починають випадати із водного потоку, що зносить їх, відкладаючись на поверхні схилу.

Необхідною умовою для формування стоку є нахил поверхні. Крутість схилів — одна з основних умов розвитку ерозійних процесів, яка визначається відношенням різниці висот двох точок схилу до горизонтальної проекції даної частини схилу.

Вимірюють крутість схилу в градусах або відсотках. Відсотки показують, на скільки метрів підвищується чи знижується схил на кожні 100 м його горизонтальної проекції. Уклони схилів дна западин, долин і балок виражають в натуральних числах, тобто дробом.

Ерозійні процеси починають розвиватись при крутості схилу $0,5-2^\circ$. Збільшення цієї величини підвищує швидкість стікання поверхневих вод і збільшує змив ґрунту.

Однак прямої залежності між інтенсивністю ерозії та крутістю схилів не спостерігається, тому що на даний процес істотно впливають інші чинники.

Небезпека прояву водної ерозії визначається і *експозицією схилу*, особливо під час танення снігу. *Експозиція схилу* впливає на надходження сонячної радіації, що відбивається на мікрокліматі. На схилах південної та західної експозицій при інтенсивному сніготаненні нерідко створюються умови для максимального прояву ерозії, на північних і східних схилах сумарне знесення ґрунту характеризує менший її прояв. Висока амплітуда температурних коливань на південних схилах, менший вміст гумусу, гірший фізичний стан ґрунтів і зниження ґрунтозахисної ролі рослинності підсилюють ерозію.

Для комплексної оцінки впливу чинника рельєфу на ерозійні процеси на території України існує номограма, що описує кількісні характеристики поєданого впливу довжини, ширини, площі, експозиції та профілю схилу.

Для оцінки небезпеки розвитку лінійної ерозії велике значення мають *глибина місцевих базисів ерозії та розчленованість території* яружно-балковою і гідрографічною мережею.

Глибина місцевих базисів ерозії визначає енергетичну силу води на схилах. Чим більша ця глибина, тим більша енергетична сила опадів і тим

більшого руйнування зазнає ґрунт. Глибина місцевого базису ерозії є різницею висот між вододілом та гідрографічною мережею. Існує і загальний базис ерозії, що являє собою висоту відміток місцевості над рівнем моря.

Місцевий базис ерозії впливає на її інтенсивність через крутість та довжину схилу. Чим більша глибина місцевого базису ерозії та менша відстань між вододілом та найближчою ланкою гідрографічної мережі, тим більші крутість схилів та руйнівна сила стоку.

Ґрунтові та геологічні умови. Протиерозійна стійкість ґрунтів визначається їх гранулометричним і хімічним складом, фізико-хімічними властивостями та фізичним станом.

Гранулометричний склад ґрунтів і порід дуже впливає на можливість агрегування ґрунту і на водопроникність. Чим важчий ґрунт за гранулометричним складом, тим нижча його водопроникність, а це зумовлює накопичення на схилах маси стоку та збільшення його руйнівної та трансформуючої сили. Здатність ґрунтів до агрегування має зворотну закономірність. Чим важчий ґрунт, тим більше в ньому мінеральних колоїдів і тим вища при наявності органічних колоїдів здатність ґрунту до агрегування, що і підвищує водопроникність та послаблює ерозію. Проте добру фільтраційну здатність мають лише ті ґрунти, що містять багато водотривких агрегатів, які не розпадаються під час дощу.

Водопроникність певних типів ґрунтів значною мірою залежить від характеру їх використання. Найвищих значень вона досягає на цілині, під лісом; значно нижчих — на ріллі, найнижчих — на пасовищах. Водопроникність окремих типів і підтипів у межах одного угіддя прямо пропорційна вмісту гумусу в ґрунті, тому що це сприяє утворенню водотривкості структури.

Найбільш стійкими до змиву є чорноземи звичайні та типові на важко-суглинкових та глинистих лесових суглинках. Найстійкішими до змиву є ґрунти на грубо-пиловатих лесах, елювії — делювії щільних порід. (Елювій — осадова порода, яка утворена продуктами вивітрювання материнських порід, що лишились на місці утворення. Делювій — наноси, відкладені на схилах дощовими або талими водами.)

Підсилення опідзоленості (процеси *опідзолення* — це руйнування у верхній частині профілю первинних та вторинних мінералів і винесення продуктів руйнування у більш низькі горизонти або ґрунтові води) та зростання ступеня еродованості знижує протиерозійну стійкість ґрунтів.

Зниження протиерозійної стійкості ґрунтів на південь і на північ від лісостепової зони обумовлено зменшенням вмісту гумусу, появою одновалентних катіонів у складі ґрунтового вбирного комплексу (ГВК).

Одновалентні катіони (K^+ , Na^+ , NH_4^+) спричиняють диспергацію (розпорошення) колоїдів ґрунту, що призводить до руйнування структурних агрегатів та зниження водопроникності. При насиченні кальцієм опір ґрунту до розмивання водою істотно зростає, тому що гумати кальцію сприяють утворенню водотривких агрегатів.

Істотно впливають на протиерозійну стійкість ґрунту його *щільність і*

вологість під час випадання опадів. При збільшенні щільності поверхневого шару ґрунту водопроникність зменшується, відповідно зростають стік і змив ґрунту.

Ґрунти, що мають пори, які насичені вологою, не можуть швидко поглинати опади. Тому зливи, що випадають на ґрунти, насичені вологою, звичайно мають вищий коефіцієнт стоку, ніж зливи, що випадають на слабо зволожені ґрунти. Це явище характерне і для весняного сніготанення.

Таким чином, *поєднання фізичних, фізико-хімічних та агрофізичних властивостей ґрунтів обумовлює певну їх протиерозійну стійкість, що являє собою здатність протидіяти розмиваючій дії води. Чим вищий рівень потенційної родючості ґрунту, тим вищою є його протиерозійна стійкість*. Руйнування ґрунту ерозією значно послаблює його протиерозійну стійкість. До того ж, чим нижчий рівень природної родючості підтипу ґрунту, тим більше знижується його протиерозійна стійкість при зростанні ступеня еродованості. Численними дослідженнями встановлено, що найбільшу протиерозійну стійкість мають чорноземні ґрунти, значно меншу — сірі лісові, а найменшу — дерново-підзолисті ґрунти.

Протилежним до поняття протиерозійної стійкості є поняття еродованості, що характеризується кількістю змитого ґрунту в тоннах на гектар на одиницю ерозійного індексу опадів з чорного пару, обробленого вздовж схилу крутістю $4,5^\circ$ та довжиною 22,1 м (еталонна ділянка).

Висока еродованість дерново-підзолистих ґрунтів (3-4 т/га) обумовлена характером материнських порід з низьким вмістом гумусу. За порядком зниження опору до змиву ґрунтоутворні породи розташовуються в такий ряд: моренні супіски та суглинки, важкі покривні суглинки та глини, покривні супіски, легкі і середні суглинки, леси.

Вразливість до ерозії сірих лісових ґрунтів істотно залежить від їх підтипів та різновидностей. За еродованістю світло-сірі лісові ґрунти близькі до дерново-підзолистих, темно-сірі — до чорноземів. Проміжне місце займають сірі лісові ґрунти (еродованість 1,8-2,9 т/га). Найстійкішими до змиву є глинисті важко-суглинкові різновидності сірих лісових ґрунтів, а найменш стійкими — легкосуглинкові, супіщані та піщані.

Чорноземи — найбільш стійкі до ерозії ґрунти, їх еродованість коливається від 1,2 до 2,3 т/га. Мінімальна еродованість властива чорноземам звичайним та вилугованим важко-суглинкового та глинистого гранулометричного складу. Проміжне положення займають чорноземи опідзолені, типові та південні (1,2-1,4 т/га). Більш висока еродованість характерна для чорноземів легкосуглинкового (особливо грубо-пилуватого) грануло-метричного складу (1,6-2,3 т/га). Каштанові групи вразливіші до ерозії, ніж чорноземи. Залежно від вмісту в них гумусу та гранулометричного складу їх еродованість змінюється від 2,1 до 3,5 т/га.

На розвиток яружної ерозії значний вплив має і характер підстеляючих порід. Дуже нестійкими до розмиву є грубо-пилуваті леси. Райони з крупно-пилуватими лесами розчленовані густою та глибокою мережею ярів. Стійкішими до розмиву є важко-суглинкові та глинисті за складом лесовидні суглинки, слабо-стійкими — щільні карбонатні та безкарбонатні відклади. Проте яри тут

неглибокі. Щільна порода, що виходить на поверхню, нерідко служить місцевим базисом ерозії.

Характер *рослинного покриву* істотно впливає на процеси ерозії. До біологічних чинників ерозії відносять здатність рослин та їх відмерлих решток протидіяти руйнівній дії води на ґрунт. Чим густіші посіви і більша біомаса врожаю, тим вища ґрунтозахисна ефективність сільськогосподарських культур.

Важливу ґрунтозахисну роль відіграють і кореневі системи рослин, які армують ґрунт своїм переплетінням у ньому і підвищують його опір до змиву та розмиву. Проникаючи в глибокі горизонти, залишаючись в них після відмирання, корені рослин збільшують пористість, оструктуреність та водопроникність ґрунту, що підвищує його родючість та протиерозійну стійкість.

Були розраховані коефіцієнти ерозійної небезпеки сільськогосподарських культур у порівнянні з чорним паром, а також коефіцієнти їх протиерозійної ефективності. Будь-яка рослинність захищає ґрунт від ерозії: культури густого посіву — більшою, просапні — меншою мірою. Найефективніше захищають ґрунт багаторічні трави. Досить добре протиерозійне покриття ґрунту створюють зернові культури — озима пшениця, ячмінь. Найбільш ерозійно небезпечними культурами є просапні — картопля, кукурудза на зерно.

Цукрові буряки з квітня по червень мають низький коефіцієнт протиерозійної ефективності, а в наступні місяці завдяки наростанню листової поверхні він істотно зростає на досить тривалий період (до жовтня). Горох, маючи високі значення проективного покриття до липня, вже починаючи з цього ж місяця залишає поверхню поля відкритою. А саме цей період є найбільш ерозійно небезпечним.

Ґрунтозахисна ефективність сільськогосподарських культур та агрофонів залежить від крутості схилів: зі збільшенням крутості вона зменшується.

Не лише живі, а й мертві рослини захищають ґрунт від ерозії. На цьому ґрунтується спосіб захисту ґрунтів від ерозії *мульчуванням* соломною та іншими пожнивними рештками. Мульча гасить енергетичну силу дощових крапель, зменшує стік, попереджує інтенсивні втрати вологи через випаровування.

Солом'яна січка в дозі 2 т/га на схилі крутістю 2° знижує стік у 19 разів, а змив ґрунту — у 80 разів. На схилі 5° стік було зменшено в 6 разів, а змив ґрунту — майже у 118 разів. На схилі в 7° стік було зменшено в 4,8 рази, а змив ґрунту — в 200 разів. Застосування більш високих доз мульчі майже повністю гасить стік опадів та змив ґрунту на всіх досліджуваних схилах. Подібні результати було отримано і при застосуванні мульчі з подрібнених стебел кукурудзи. Внесення кукурудзяної мульчі (4 і 6 т/га) не менш ефективні, ніж відповідні норми соломи. Загалом, систему обробітку можна назвати ґрунтозахисною лише за умови, що після операції посіву чи посадки культури поверхня ґрунту залишається покритою органічними рештками не менше ніж на 30 %. Крім ґрунтозахисної, мульча виконує ще одну важливу функцію: це є енергетичний матеріал культурного ґрунтоутворення. Вона забезпечує відтворення гумусу та

поліпшення агрофізичних властивостей ґрунту.

Господарська діяльність людини дуже впливає на природні чинники ерозії, істотно змінює їх. Еродовані ґрунти і є продукт нераціонального землеробства, перевантаження пасовищ і т. п. Розоравши цілині степи, знищивши лісову рослинність на великих площах, людина оголила поверхню ґрунту, позбавила її захисного рослинного покриву, зменшивши таким чином стійкість ґрунту до змиву та розмиву.

Перші європейські поселенці у Північній Америці під час освоєння територій не помітили слідів ерозії. Але вже через невеликий проміжок часу, коли було знищено природну рослинність, розорані значні масиви ґрунтів, витопані та переущільнені пасовища, ерозія почала інтенсивно розвиватись.

У царській Росії, до складу якої входила тоді і Україна, ерозія почала бурхливо проявлятися з відміною кріпацького права, коли позбавлені землі селяни почали розорювати непридатні для цього землі: крутосхили, верхів'я та русла балок і ярів, легкі піщані ґрунти. Худобу почали випасати у лісах. В. Р. Вільямс (1925) у праці "Ґрунтознавство" писав: "Впали ліси — звільнились води. З ревінням несуться вони з оголених вододілів після будь-якого дощу, утворюючи сильні потоки. Щовесни в це "свято природи" вони зносять незчисленні площі родючої землі".

На початку 40-х років ХХ ст. намагались зупинити дію ерозії меліоративними заходами, але без поєднання їх з протиерозійною агротехнікою вони часто не давали потрібного ефекту. З 1940 р. почали застосовуватись агротехнічні протиерозійні заходи. Зокрема, оранку вздовж схилу було заборонено в законодавчому порядку.

Впровадження протиерозійних заходів послабило дію ерозійних процесів, однак не зупинило їх. На сьогодні ми маємо розорані крутосхили, вибиті, порізані водоріями та ярами пасовища, заплави річок, розорані до самісіньких берегів рік, зниклі через замулення малі річки. Як було вказано вище, Україна має найвищі в Європі розораність території (57,5 %) та відсоток сільськогосподарських угідь (72,3 %). Це і призвело до того, що 30,7 % всіх земель нашої країни різною мірою зруйновано ерозією. Відсоток сільськогосподарських угідь знизився за останні 8-10 років приблизно на 10 %, але все ж залишається занадто високим. Зменшення площі цих угідь скоріше пов'язане з поглибленням економічної кризи та падінням сільськогосподарського виробництва, ніж з впровадженням ґрунто-охоронних заходів, таких, як заліснення, залуження, впровадження відповідних сівозмін тощо.

Розвиток ерозійних процесів на певній території підкоряється фізичним законам. Вода опадів, накопичена на підвищених елементах рельєфу, має значну енергію і при певному поєднанні чинників розвитку ерозії може зносити і відкладати на знижених елементах рельєфу дрібнозем ґрунту. На найбільш ерозійно небезпечних ділянках місцевості вода утворює осередки ерозії. Серед цих осередків можуть бути діючі, коли під час кожного наступного сніготанення чи зливи продовжується яр, поглиблюється промивина, заносяться мулом деякі ділянки території.

Разом з тим осередки ерозії при зміні організації території чи комплексному застосуванні протиерозійних заходів можуть цілком припинити свій розвиток, заростати рослинністю. Це потухлі осередки ерозії. Завжди слід пам'ятати, що при зміні землевпорядкувальної ситуації вони знову можуть стати діючими осередками ерозії.

Дія антропогенних чинників ерозії проявляється через природні чинники, що, як правило, стимулюють і підсилюють їх. Було б, однак, невірно думати, що господарська діяльність людини може лише спричинювати розвиток ерозійних процесів. *Спрямованою агротехнікою, регулюванням рослинного покриву, протиерозійною організацією території людина здатна зупинити ерозію, значно підвищити родючість еродованих земель.* На це може і повинна бути спрямована діяльність людини як основний чинник припинення дії ерозійних процесів.

Вітрова ерозія. *Руйнування ґрунту під дією вітру носить назву вітрової ерозії або дефляції. Вона може проявлятися у вигляді пилових або чорних бур та місцевої (щоденної) ерозії, менш помітної, але яка може бути не менш небезпечною.*

Дефляція – дуже небезпечне явище. Пилова буря взимку та навесні 1969 р. охопила степову та лісостепову зони України, увесь Північний Кавказ, Центрально-Чорноземний район Росії. Сотні мільйонів тонн чорноземного ґрунту було піднято в повітря, перенесено на великі відстані. Чорноземний пил випав із забрудненими ним дощами в Скандинавії, Західній Європі, Великій Британії. Сила вітру досягала 43-50 м/с. Вітер виривав з корінням дерева, перевертав і котив по полю машини, автобуси. Хмари пилу закрили небо, було темно. В зоні інтенсивної дії чорної бурі ґрунт було видуто на 5-15 см. Посіви озимих на мільйонах гектарів затнули від видування, були занесені дрібноземом. Лісосмуги, вкрившись пилом, перетворились на земляні вали висотою 3-3,5 м. У населених пунктах наноси досягли дахів будинків. Пил пробивався всередину будівель, квартир, шугав у повітрі, покриваючи все на своєму шляху; робив неможливими навіть проведення хірургічних операцій.

Подібні грізні бурі — явище не часте, спостерігати їх можна один раз у 10-20 років, і пов'язані вони з періодами найвищої активності випромінювання Сонця. Менш сильні пилові бурі спостерігаються в степовій зоні один раз на 3-4 роки.

Поряд з інтенсивною вітровою ерозією проявляється і нормальна, або місцева, вітрова ерозія. Місцева вітрова ерозія діє повільно; вона не призводить до значних руйнувань, а втрати від неї компенсуються процесом ґрунтоутворення.

Інтенсивної вітрової ерозії насамперед зазнають рівнинні території, не захищені полезахисними лісосмугами, ґрунтозахисною агротехнікою, а також вітроударні схили. Найбільше ґрунту видувається на полях, не захищених рослинністю та її відмерлими рештками, а також зайнятих зябом чи погано розкущеними озимими. Влітку вітрова ерозія може проявлятися на парових полях.

Небезпека від вітрової ерозії буває не лише для ґрунту, а й для посівів. Особливо часто пошкоджуються вразливі весняні сходи буряків, соняшника,

кукурудзи. Вдаряючись з великою силою об поверхню рослин, піщинки пошкоджують їх. Під час пилових бур відносна вологість повітря падає до 10-20 %. Рослини висихають, втрачають тургор, в'януть і повністю гинуть. З цієї причини в окремі роки цукрові буряки пересівають на сотнях тисяч гектарів.

Посіви пошкоджуються і гинуть також внаслідок здування ґрунту та оголення вузлів кущення та кореневих систем. Нерідко рослина, що погано укорінилась, видувається разом з ґрунтом. Найменш захищеними від видування та пошкоджень є посіви на повітряних вітроударних схилах і вузьких вододілах.

Там, де сила вітру послаблюється, відбувається відкладання видутого ґрунту. Такими місцями можуть бути окремі ділянки полів з добре розвинутим наметом озимих культур, багаторічних трав; завітрянні схили, береги улоговин, балок, ярів та рік. Засипання посівів призводить до зниження врожаю та його загибелі. Бувають випадки, особливо в південних степах, коли видутий дрібнозем відкладається у вигляді шлейфів на дорогах і галявинах лісових насаджень. Найчастіше інтенсивна вітрова ерозія спостерігається в квітні — на початку травня. Але в окремі роки вона буває і взимку, якщо мають місце сильні вітри та накопичилися недостатні запаси вологи в ґрунті. Наприклад, у 1960 і 1969 рр. сильні пилові бурі були в січні — лютому. Разом зі снігом з незахищеного зябу здувалась значна кількість ґрунту.

Багаторазові прояви вітрової ерозії знижують родючість ґрунтів, а при їх легкому гранулометричному складі призводять до повного знесення родючого шару та утворення малопродуктивних сильно еродованих земель.

Механізм дії вітрової ерозії. Руйнування ґрунту вітром – фізичний процес, що відбувається при взаємодії повітряного потоку з поверхнею ґрунту. Інтенсивність даного процесу залежить від швидкості вітру та стану поверхні ґрунту. На висоті 0,2-0,4 мм від поверхні ґрунту (штилевий шар) швидкість потоку повітря практично дорівнює нулю. Зі збільшенням висоти вона стрімко зростає.

Швидкість вітру, при якій починається рух ерозійно небезпечних фракцій ґрунту, називається *критичною*, або *пороговою*. Для ґрунтів важкого гранулометричного складу характерні більш високі порогові швидкості вітру.

Ступінь дії повітряного потоку на частки ґрунту визначається їх розміром та масою. Мікроагрегати та елементарні ґрунтові частки розміром 0,1-0,5 мм виділяються із штилевого шару та пересуваються стрибками, обертаючись з частотою 200-1000 об/с. Агрегати більшого розміру (0,5-1 мм) перекочуються або ковзають по поверхні ґрунту. Під час руху вони вдаряються один з одним, розбиваються, збільшуючи кількість часток, найбільш агресивних в ерозійному відношенні (розмір від 0,1 до 0,5 мм).

Частки за розміром менш 0,1 мм, знаходячись у штилевому шарі, не можуть бути відірваними і піднятими вітром. У потік рухомого повітря вони потрапляють виштовхуванням крупнішими рухомими частками. Після підняття в повітря швидкість падіння цих часток стає дуже малою, і вони можуть тривалий час перебувати в завислому стані. В цьому і полягає основна причина перенесення їх на значні відстані.

Початковий рух часток ґрунту здійснюється внаслідок їх підняття під дією сил, що виникають при зростанні швидкості повітряного потоку під час охоплення ним криволінійної поверхні грудочок ґрунту.

Під час перекочування частки ґрунту по поверхні її верхня частина рухається значно швидше, ніж вітер, при цьому нижня частина рухається у протилежному напрямі. Оскільки повітря біля поверхні частки обертається разом з нею, вище частки виникає парціальний вакуум, а під ним повітря стискується. Обидві ці зміни тиску намагаються підняти частку, що підстрибує у повітря майже вертикально, але інерція горизонтального руху примушує її підніматися під кутом 75-90°. Частки піднімаються на висоту 15-30 см, а інколи на 60 і навіть 90 см. З підняттям у повітря обертання навколо осі сповільнюється, і частка надходить у шари зі значно більшою швидкістю вітру. Втративши таким чином вертикальний імпульс, частка переноситься у потоці повітря, поступово повертаючись на поверхню ґрунту по довгій похилій траєкторії і вдаряючись об ґрунт з великою силою. Кут падіння частки на поверхню ґрунту становить 6-12°.

Отже, найбільш ерозійно небезпечними є фракції розміром від 0,1 до 0,5 мм, тому що їм властивий стрибкоподібний рух у повітряному потоці. Це найактивніша частина механічних часток і агрегатів, що обумовлює руйнування ґрунту, засікання, видування, засиплення та загибель рослин, а також загибель комах, птахів і дрібних диких тварин.

Вітрова ерозія є лавиноподібним активним процесом, що має велику руйнівну силу. Якщо пило-повітряний потік з поля, що зазнає ерозії, перекидається на сусідні, вони теж починають еродувати під дією часток ґрунту, що містяться в повітряному потоці. Лише пізнавши сутність походження, механізм дії і принципи, що породжують вітрову ерозію, можна успішно вести боротьбу з нею.

Порогова швидкість вітру, при якій починається пилова буря, залежить від виду ґрунту, його структурності, гумусованості, гранулометричного складу, а також від пори року. Для конкретного ґрунту порогова швидкість вітру залежить від дефіциту вологості повітря

Між пороговою швидкістю вітру та дефіцитом вологості повітря існує обернений зв'язок з коефіцієнтом кореляції r , який дорівнює -0,95. Таким чином, можна визначити, за якої швидкості вітру починається пилова буря через цей дефіцит вологості, що важливо для прогнозування пилових бур. Цей зв'язок пояснює, чому в різні періоди року пилова буря починається при різній швидкості вітру. Коли вологість повітря більш висока, дефіцит її низький, пилові бурі починаються при швидкості вітру 15—20 м/с. Якщо ж вологість повітря низька, різко зростає її дефіцит, і тоді, пилова буря може початися при швидкості вітру 3-5 м/с. Такі явища нерідко спостерігаються влітку в середині дня, коли, здавалося б при штильовому вітрі, на паровому полі виникає пилова буря.

Чинники та умови розвитку дефляції ґрунтів. До чинників, що визначають розвиток дефляції ґрунтів, відносять: *погоду і клімат, рельєф місцевості, властивості ґрунтів, характер рослинного покриву та господарську діяльність людини.* Між цими чинниками існує тісний зв'язок. Але щоб

відповідними заходами подолати чи зменшити несприятливий вплив тих природних чинників, що створюють найбільшу небезпеку виникнення та розвитку дефляції, слід добре розуміти роль кожного з них.

Клімат. Найважливішим чинником дефляції ґрунтів є вітровий режим, що характеризується швидкістю, напрямком та повторюваністю вітрів. *Вітер* – це переміщення повітряних мас у горизонтальному напрямку, яке обумовлено нерівномірним розподілом атмосферного тиску над поверхнею землі. Потoki повітря рухаються із областей відносно високого тиску до областей відносно низького тиску. Швидкість повітряного потоку прямо пропорційна різниці цих тисків. Швидкість вітру вимірюють у метрах за секунду, кілометрах за секунду або у балах за шкалою Бофорта.

Вітри з сильними коливаннями швидкості (20 м/с і більше) називають *поривистими*, або *шквальними*. Вітер вважається *помірним*, якщо його швидкість становить 5-8 м/с, *сильним* — понад 14, *штормовим* — понад 20-25, *ураганним* — понад 30 м/с.

Особливо велику роль у розвитку процесів дефляції відіграє швидкість вітру біля поверхні землі. Саме вона обумовлює руйнування, переміщення і підняття в повітря часток ґрунту. Мінімальна (критична) швидкість вітру на висоті 10-15 см, яка необхідна для відриву і переміщення часток ґрунту, залежить від багатьох чинників і коливається від 3 до 9 м/с, залежно від типу ґрунту, вологості, стану поверхні поля.

Інтенсивність процесів дефляції істотно залежить і від добової динаміки вітру, його тривалості та поривчастості. Швидкість вітру закономірно змінюється протягом доби: вдень вона зростає, досягаючи максимуму опівдні, а надвечір знижується. Чим тривалішим і поривчастішим є вітер з критичною швидкістю, тим більшою мірою руйнується ґрунт.

Швидкість вітру зазнає і сезонних змін. На більшій частині території нашої країни максимальна швидкість вітру характерна для пізньої зими — ранньої весни, тобто період дефляційно небезпечних вітрів збігається з часом, коли поверхня ґрунту на значних площах розпушена, а рослинний покрив на сільськогосподарських угіддях розвинутий недостатньо.

Процеси дефляції на території України охоплюють усі ґрунтово-кліматичні зони, але найчастіше проявляються в степовій зоні. Максимум пилових бур характерний для цієї зони навесні, що обумовлено раннім сніготаненням, інтенсивним підвищенням температури, відсутністю суцільного трав'яного покриву.

Влітку сильні шквалисті вітри тривалістю від 2 до 10-12 годин і більше на півдні та південному сході степової зони виникають під час проходження грозових фронтів. Видування ґрунту взимку відбувається в роки з низькою температурою та недостатнім зволоженням ґрунту з осені, а також при відсутності снігового покриву. Тривалість дефляційних явищ взимку може досягати 2-3 діб. Середня тривалість пилових бур у степовій зоні України перевищує 10 год., лісостеповій — 3, поліській — 1 годину. Напрямок вітру визначають тією точкою горизонту, звідкіля він дме. З 16 румбів виділяють вісім основних напрямків вітру: північний, північно-східний, східний,

південно-східний, південний, південно-західний, західний, північно-західний. Дефляційно небезпечними є ті напрямки, якими вітри дмуть із швидкістю, що перевищує критичні значення.

У степовій зоні України найбільш дефляційно небезпечні вітри дмуть в східному та південно-східному напрямках.

На прояв дефляції ґрунтів істотно впливає режим випадання опадів. Звичайно, опади знижують дефляцію. Зволоження ґрунту підсилює зчеплення між собою його часток і розвиток рослин, які своїми кореневими системами скріплюють ґрунт, захищаючи його від видування. Але зливові опади на сухий ґрунт, не вкритий рослинністю, а також поперемінне зволоження та висушування створюють умови для розвитку дефляції.

У відповідності із зволоженням території змінюється інтенсивність процесів дефляції. В природних зонах України кількість днів з пиловими бурями закономірно зростає з півночі на південь, а кількість атмосферних опадів в цьому ж напрямку зменшується від 700-750 мм на півночі до 300-350 мм на півдні.

Температура та вологість повітря посередньо впливають на дефляцію. Висока температура та низька вологість повітря у весняно-літній період обумовлюють інтенсивне випаровування вологи із поверхні ґрунту, що підсилює процеси дефляції. У періоди ранньої весни та пізньої осені чергування плюсових та мінусових температур протягом доби супроводжується почерговим промерзанням і відтаненням ґрунту, що призводить до зниження його протидефляційної стійкості.

Рельєф. Взаємодія елементів рельєфу з повітряним потоком описується законами термодинаміки. Будь-які нерівності чи перешкоди на шляху потоку гальмують його. Рельєф, змінюючи швидкість вітру, визначає особливості розвитку процесів дефляції, впливає на розподіл дефльованих ґрунтів.

Особливістю дефляції ґрунтів є те, що вона може проявитися за будь-яких умов рельєфу. Всі форми рельєфу впливають на інтенсивність процесів руйнування ґрунту вітром. Від *макрорельєфу* залежать стійкість напрямку та швидкість вітру на значних територіях.

Крупні геоморфологічні структури, в яких при певному напрямку вітру постійно спостерігається зростання його швидкості, що супроводжується руйнуванням ґрунту, були названі *вітровими коридорами*.

На території України найбільші вітрові коридори розташовані в районах Донецького кряжу та Причорноморської низовини. У вітрових коридорах швидкість вітру зростає в 1,5-2,5 рази у порівнянні з оточуючими їх рівнинними територіями, а при пилових бурях досягає 40-60 м/с.

Вплив *мезорельєфу* на процеси дефляції залежить від розмірів та форми його елементів. Насамперед дефляції зазнають вітроударні опуклі схили, на яких підсилюється вплив повітряного потоку на поверхню ґрунту.

На завітрянних увігнутих схилах та в зниженнях швидкість вітру зменшується і відбувається акумуляція дрібнозему, видутого з підвищених елементів рельєфу.

Під час руху потоків повітря вгору вздовж схилу швидкість його

збільшується, а донизу — зменшується. Це пояснюється зміною площі поперечного перерізу повітряного потоку, яка зменшується під час руху повітря вгору і зростає при його русі вниз. Чим крутішим є вітроударний схил, тим більша швидкість вітру і сильніше руйнування ґрунту.

Саме це і є причина того, що порядок розподілу дефльованих ґрунтів на схилі принципово відрізняється від розміщення на схилі ґрунтів різного ступеня змитості: збільшення ступеня змитості ґрунту відмічається вниз по схилу, а ступеня дефльованості — при русі вгору вздовж навітряного схилу.

Мікрорельєф безпосередньо впливає на турбулентне тертя повітряного потоку та його швидкість біля поверхні ґрунту. Шорсткість поверхні ґрунту змінює градієнт вітру, знижуючи його швидкість і зменшуючи силу процесів дефляції. Так, пилові бурі в степових районах виникають на угіддях з порівняно гладенькою поверхнею: на заборонованих та прикочених землях під парами, толоках, збитих худобою, на полях під посівами просапних культур з прикоткованим ґрунтом. При швидкості вітру 10 м/с (заввишки 15 см від поверхні ґрунту) за 5 хв. з вирівняної ділянки поля може бути видуто 20 см ґрунту, а на полі зі звичайною оранкою без прикочування — вдвічі менше.

Таким чином, геоморфологічні умови, істотно змінюючи швидкість та напрямок вітру, турбулентність потоку повітря на поверхні ґрунту, належать до основних природних чинників дефляції і їх треба враховувати при проектуванні протидефляційних заходів та створенні ерозійно стійких агроландшафтів.

Ґрунтові умови. Райони з вітровою ерозією мають поширення на різних типах ґрунтів. Виникнення та розвиток дефляції істотно залежить від фізичних властивостей ґрунтів, насамперед їх гранулометричного складу та структури. В природному стані найбільше зазнають дефляції ґрунти легкого гранулометричного складу, що містять багато часток розміром 0,1-0,5 мм і мало дрібнозему, здатного зв'язувати частки в мікроагрегати і макроагрегати.

Важкі ґрунти теж легко дефлюють. Вони містять багато глинистих часток, здатних утворювати агрегати з високою механічною стійкістю. Однак внаслідок свого генезису важкі ґрунти характеризуються дрібно-грудочкувато-зернистою структурою, яка і є агрономічно цінною, проте має низьку протидефляційну стійкість. У відповідності з цією залежністю всі ґрунти за їх вразливістю до вітрової ерозії поділені на шість груп.

Дефляція на різних за гранулометричним складом ґрунтах починається при такій швидкості вітру, м/с: піщаний — менше 3; супіщаний — 3-4; легкосуглинковий — 4-5; важко суглинковий — 5-7; глинистий — 7-9.

Стійкість ґрунтів до вітрової ерозії значною мірою залежить від їх структурного складу. Дуже піддаються дефляції розпорошені та безструктурні ґрунти. Ступінь вразливості поверхні до вітрової ерозії визначається співвідношенням великих та дрібних структурних окремоностей. Стійкість до вітрової ерозії різко зростає у агрегатів розміром понад 1 мм.

Тому агрегати, дрібніші за 1 мм, було названо *дефляційно небезпечними*, а розміром понад 1 мм — *ерозійно стійкими*. Добра оструктуреність ґрунту є непоганим захистом від видування дефляційно небезпечних часток та агрегатів.

Якщо в шарі ґрунту 0-5 см міститься більше 60 % агрегатів розміром понад 1 мм, то поверхня цього ґрунту є дефляційно стійкою. При вмісті таких агрегатів 50 % поверхня ґрунту вважається помірно стійкою до дефляції, оскільки при сильних вітрах (понад 17-20 м/с) з неї відчужується до 4-6 т/га ґрунту.

Структурні агрегати ґрунтів, легких за гранулометричним складом, внаслідок невеликої їх міцності легко розпадаються. Агрегати важких ґрунтів мають високу механічну міцність, але і вони під впливом промерзання, відтанення, висушування та зволоження руйнуються на дрібні структурні окремість, що легко переносяться потоками вітру. На сухих розпорошених, важких ґрунтах дефляція проявляється такою ж мірою, як і на легких.

Розроблена методика визначення вразливості ґрунтів до дефляції. В її основу покладено показник схильності до руйнування вітростійких агрегатів, що інтегрує найважливіші властивості ґрунту — гранулометричний склад, вміст гумусу та карбонатів кальцію.

Між показником руйнування вітростійких агрегатів, частотою та інтенсивністю процесів дефляції існує тісна пряма залежність. Це дає підставу використовувати даний показник для діагностики ґрунтів за їх схильністю до дефляції.

Основними критеріями протидефляційної стійкості органогенних ґрунтів є ступінь розкладу торфу, глибина шару, його ботанічний склад.

До *слабо-дефляційно небезпечних* належать торфово-болотні ґрунти на середньоглибоких (1-2 м) та глибоких (понад 2 м) слабо-розкладених (до 30 %) дерев'янистих, очеретяно-дерев'янистих та осоково-дерев'янистих торфах.

До *середньо-дефляційно небезпечних* належать торфово-болотні ґрунти на середньо-глибоких та глибоких середньо-розкладених (30-50 %) дерев'янисто-очеретяних, осоково-очеретяних, осоково-мохових та мохових торфах; торфово-болотні ґрунти на неглибоких (0,5-1 м) слабо- та середньо-розкладених дерев'янистих, очеретяно-дерев'янистих та осоково-дерев'янистих торфах.

Сильно-дефляційно небезпечними є торфово-болотні ґрунти на неглибоких сильно-розкладених мохових та осокових торфах; торфово-глейові ґрунти (глибина торфу 30-50 см); торфувато-глейові ґрунти (глибина торфу менше 30 см).

Рослинність. Якщо поверхня ґрунту оголена і пересохла, то ґрунтові частки і агрегати, менші від 1 мм, можуть легко пересуватися під впливом потоків вітру. Такі умови створюються при знищенні рослинності, а також внаслідок неправильної агротехніки на орних землях та нерегульованого випасання худоби на пасовищах.

Добре розвинений покрив природної чи культурної рослинності зменшує швидкість вітру в приземному шарі, а також втрачає вологу через випаровування, захищає ґрунт від турбулентного тертя потоків повітря. Навіть піщані ґрунти, вкриті густою трав'янистою, а тим більше чагарниковою рослинністю, не зазнають дефляції.

Трав'яниста рослинність захищає ґрунт від видування, якщо проективне покриття перевищує 50 %. Такі ділянки, угіддя відносять до групи зарослих нерухомих пісків, придатних до регульованого використання під пасовище. Піски з проективним покриттям до 30 % вважаються напівзарослими, тобто

недостатньо захищеними від видування.

Цей критерій слід застосовувати і для ґрунтів більш важкого гранулометричного складу, тому що розпорошення при обробітку та надмірне випасання худоби збільшують кількість дефляційно небезпечних фракцій і ґрунти стають подібними до пісків.

Найкраще захищають ґрунт від дефляції багаторічні трави, озимі та зимуючі культури у фазі кушення; значно слабше протидіють вітровій ерозії ранні ярі, а зовсім слабо — пізні ярі культури. При вирощуванні сільськогосподарських культур поверхня ґрунту періодично залишається оголеною і легко піддається дефляції.

При існуючих сівозмінах і технологіях вирощування культур проективне покриття ґрунту в небезпечні періоди (для дефляції) становить всього 20-35 % і лише в липні—серпні воно досягає задовільного рівня (70-80 %).

Збирання врожаю і обробіток ґрунту знищують рослинний покрив, і поверхня залишається відкритою для руйнівної дії вітру. Найбеззахиснішими стають ті поля, на яких обробіток ґрунту здійснюється плугами з полицями. Внаслідок такого обробітку рослинні рештки повністю загортаються в ґрунт, а його поверхня на тривалий час залишається оголеною. При вирощуванні ярих культур цей період триває 150-180 діб, а на парових полях — 280-320 і більше діб.

Отже, на сільськогосподарських угіддях головне завдання щодо ослаблення процесів дефляції полягає у створенні грудкуватої поверхні ґрунту та збереженні на ній якомога більшої кількості рослинних решток, котрі, як і живі рослини, оберігають ґрунт від видування.

Вважається, що лише за наявності стерні на поверхні ґрунту можна створити надійну перепону вітрові. Чим більше поукісних та пожнивних решток на поверхні поля, тим вища вітростійкість ґрунту.

Встановлена залежність між вразливістю ґрунту до дефляції, грудкуватістю поверхневого шару та кількістю рослинних решток на поверхні. Коли здатність до дефляції не перевищує 50 г/м^2 , поверхня ґрунту вважається вітростійкою; при значенні цього показника 50-120 — помірно вітростійкою, при 120 — невітростійкою.

Стерня зменшує швидкість вітру вдвічі і більше порівняно з незахищеною поверхнею. Поліпшуючи снігозатримання, вона повністю припиняє або істотно зменшує дефляцію.

Збереження необхідної кількості рослинних решток на поверхні ґрунту є серйозним технологічним завданням, що може бути вирішеним лише за обробітку ґрунту без обороту скиби. При одній і тій самій кількості стерня в горизонтальному положенні ефективніше зменшує швидкість повітряного потоку, ніж у вертикальному. Це пояснюється збільшенням кількості перешкод на шляху вітру при лежачій стерні у порівнянні зі стоячою.

На практиці зберегти достатню кількість стерні часто не вдається, через те що на парових полях і при вирощуванні просапних культур регулярно проводять механічний обробіток для боротьби з бур'янами. Рослинні рештки засипаються дрібноземом навіть при плоскорізному розпушуванні. Тому на ґрунтах з дуже низькою грудкуватістю (10-15 % грудочок розміром понад 1 мм) і там, де після

низьких врожаїв залишається не більше 100-150 стернинок на 1 м², слід обов'язково запроваджувати смугове розміщення культур (на полях під парами та просапними культурами. їх розмішують поміж смугами зернових культур, багаторічних трав, озимих чи стерні), а також посівів кулісних і буферних смуг.

Густа трав'яниста рослинність оберігає ґрунт від дефляції, але найбільш надійно його захищають дерева чи чагарники. Дерев'яниста рослинність вносить істотні зміни в загальну природну ситуацію степових агроландшафтів і справляє на неї позитивний меліоративний вплив. Система лісосмуг, послаблює швидкість вітру на міжсмугових полях на 35-40 %, а вітрозахисний вплив лісосмуги поширюється на відстань, що дорівнює 30-кратній висоті смуги з завітряного боку та 5-кратній — з навітряного.

Застосування агролісомеліорації — це надійний засіб охорони ґрунтів від дефляції в більш посушливих районах країни. Агротехнічні заходи забезпечують найбільшу ґрунтозахисну та агрономічну ефективність лише в системі полезахисних лісосмуг, коли здійснюється комплекс взаємопов'язаних заходів. Отже, захист ґрунтів від дефляції повинен спиратися на комплексне використання протягом року чинника рослинності: насадження системи полезахисних лісосмуг, створення штучних лісових масивів, дерев'янисто-чагарникових та трав'янисто-кулісних насаджень, буферних смуг, протиерозійну організацію території, введення ґрунтозахисних сівозмін, що дозволяють залишати на поверхні ґрунту стерню та мульчувати її рослинними рештками.

Господарська діяльність людини. Вона може проявитися щодо дефляції у двох напрямках. Людина, зберігаючи трав'янисту, чагарникову, дерев'янисту рослинність, а також вирощуючи сільськогосподарські культури і використовуючи ґрунтозахисні технології, може повністю зупинити або довести до мінімально допустимого рівня процеси дефляції ґрунтів, і навпаки, знищуючи рослинність, нераціонально вирощуючи сільськогосподарські культури, спричинити підсилення дефляції.

Дефляція ґрунтів завжди проявлялась у землеробських районах. Недооцінка згубної дії процесів дефляції призвела до того, що величезні території перетворювались на покинуті землі та безплідні пустелі. Жорстока експлуатація земельних угідь у США переселенцями з Європи до початку 30-х років XX ст. обумовила те, що 7,5 % придатних до землеробства земель зазнало дефляції. Особливої руйнації зазнав район Великих рівнин з посушливим кліматом та сильними вітрами. Одна лише пилова буря, що відбулася 12 травня 1934 р., підняла в повітря 300 млн. т ґрунту, що істотно знизило родючість на площі 4 млн. га. Внаслідок пилових бур 1934 та 1935 рр. на величезній площі було видуто від 5 до 25 см верхнього шару ґрунту.

З цієї ж причини дефляція охопила територію освоєних цілих земель у Північному Казахстані та в Російській Федерації (в регіоні Західного Сибіру — на площі 45 млн. га). Невідповідність системи землеробства ґрунтово-кліматичним умовам Північного Казахстану призвела до руйнування природної структури ґрунту, її розпорошення та катастрофічної дефляції. У 1962 р. в цьому регіоні зазнали дефляції площі понад 1,5 млн. га, а в 1965 р. — 5 млн. га.

Через 11 років після освоєння цілини з розораних заново та староорних

земель довелося перевести в переліг 5 млн. га У 1969 р на територіях нинішніх Республіки Молдова, України та європейської частини Росії дефляція проявилась на площі 10,5 млн. га. Озимі зернові культури загинули від засікання та засипання пилом на площі 8 млн. га.

В 1984 р. 7,4 млн. га ріллі було зруйновано від вітрової ерозії. Ґрунт було видуто на глибину 1-6 см, в деяких місцях — до 10-15 см, а втрати його досягли 2,9 млрд. т родючого дрібнозему. Розвиток та поширення дефляції пов'язані головним чином з порушеннями природної рівноваги між кліматом, ґрунтом і рослинністю, що відбуваються у більшості випадків через неправильну господарську діяльність людини. Високий рівень культури землеробства, раціональне ґрунтозахисне землекористування дозволяють забезпечити ефективний захист ґрунтів від дефляції. Розробка акад. О. І. Бараєвим ґрунтозахисної системи землеробства та впровадження її в степових районах Північного Казахстану та Західного Сибіру (Російська Федерація) зупинили процеси дефляції на площі 26,7 млн. га. В наш час розроблено і вдосконалюються зональні ґрунтозахисні, енерго- та ресурсозберігаючі системи землеробства для різних зон і підзон України. В кожному землеробському регіоні повинна функціонувати своя ґрунтозахисна система землеробства, пристосована до місцевих умов

Збитки від водної та вітрової ерозії. За історичний період на земній кулі внаслідок процесів деградації ґрунтів безповоротно втрачено близько 2 млрд. га продуктивних сільськогосподарських земель, що в 1,3 рази перевищує сучасну площу орних земель. Останнім часом щороку втрачається від 5 до 21 млн. га ріллі, що в 2,5 рази перевищує середньорічні втрати за останні 300 років. Розораність сільськогосподарських угідь, наприклад, у Франції становить 48, у США — 25 %. Гостро стоїть проблема водної ерозії та дефляції ґрунтів в Україні. Надмірна розораність земель — одна з головних причин розвитку процесів ерозії ґрунтів.

В Україні з площі сільськогосподарських угідь 42 млн. га зазнає дії водної ерозії 10,6 млн. га, на 15 млн. га поширена дефляція. Територія близько 1,6 млн. га охоплена одночасною дією водної і вітрової ерозії. Ерозія прогресує зі швидкістю 100-120 тис га за рік. Це пов'язано також із зменшенням обсягів впровадження протиерозійних заходів, виходом з ладу раніше створених гідротехнічних споруд і лісонасаджень. Територіальне розширення змитих ґрунтів за 1961—1995 рр. становило 2,4 млн. га, у тому числі за 1991-1995 рр. — 0,4 млн. га. Зросла еродованість ґрунтів: слабо-еродованих — з 19,3 % у 1961 р. до 24,7% у 1990 і 25,6% у 1995 р.; середньо- і сильнозмитих — відповідно з 6,3 до 8,1—8,8 %. У Кіровоградській, Луганській, Миколаївській, Хмельницькій і Харківській областях площа еродованих земель зросла з 1961 по 1995 р. на 12-18 %, у Львівській, Запорізькій, Донецькій, Херсонській і Чернівецькій областях — на 21-27 %.

Водна ерозія проявляється у всіх зонах країни на схилах понад 0,5°. У середньому з 1 га схилових земель змивається до 15 т родючого шару ґрунту, у Вінницькій, Закарпатській, Івано-Франківській, Львівській, Тернопільській та Харківській областях — 23-27 т. На посівах просапних культур, розміщених на схилах понад 3°, змив ґрунту зростає до 30-50 т/га. У Богуславському районі

Київської обл. у 1988 р. був випадок, коли змив ґрунту перевищив 1600 т/га.

Вчені нараховують всього понад 30 статей збитків від ерозії, що може проявитися різною мірою залежно від ґрунтово-кліматичної зони та інтенсивності сільськогосподарського виробництва. У степовій зоні України в середньому за рік видувається 21,5 млн. т дрібнозему, з яким виноситься 39,5 тис. т фосфору, а в екстремальному 1969 р. було винесено 356 млн. т дрібнозему, 667 тис. т азоту і 392 тис. т фосфору, що відповідає 1/2 внесених у ґрунт азотних та 1/3 — фосфорних добрив.

За останні десятиріччя дефляція ґрунтів охопила і територію Полісся, спричиняючи руйнування осушених торфовищ і мінеральних переосушених земель, а також переміщення пісків на градових формах рельєфу, навіть вкритих лісовою рослинністю. Втрати дрібнозему на Поліссі становлять 25 т/га за рік. Вони відбуваються тривалий час у разі невисокої швидкості вітру.

На осушених торфовищах внаслідок систематичної полицевої оранки та низького рівня підґрунтових вод дефляція та мінералізація зменшують глибину шару торфу в середньому на 4,5 см за рік, в окремі роки — на 7,5 см. Під час пилових бур оголюються висіяне насіння та корені рослин, що призводить до різкого зниження врожаю. Осушувальні системи засипаються продуктами дефляції, виходять з ладу.

Процеси водної та вітрової ерозії — головний канал втрати родючості, справжнє екологічне і соціальне лихо, тому в господарській діяльності слід керуватися такими принципами. Слід завжди пам'ятати, щоводну ерозію та дефляцію легше попередити, ніж боротися з їх наслідками; в природі немає ґрунтів, абсолютно стійких до водної ерозії та дефляції; водна ерозія та дефляція, як складні природні процеси, вимагають комплексних заходів щодо їх усунення; ґрунтозахисні комплекси повинні бути регіональними та екологічно обґрунтованими.

Допустимі рівні водної та вітрової ерозії. Ерозія і дефляція насамперед руйнують верхній, багатий на гумус та елементи живлення шар ґрунту, а в подальшому зазнають руйнування горизонти, що залягають нижче. Це призводить до зменшення глибини профілю ґрунту й різкого зниження родючості.

Руйнування орного шару відбувається дуже швидко, а для його відновлення потрібні сотні і тисячі років. Для змиву 18-сантиметрового шару опіщаненого важко суглинкового ґрунту (крутість схилу 10 %), зайнятого віковичним лісом, потрібно 5 млн. років; багаторічними травами — 3 225; культурами сівозміни — 70; бавовником — 32; паром — 15 років. Тому в агроценозах слід виключити прогресуюче руйнування ґрунту і створити умови для необмежено тривалого його використання. Для цього темпи втрат ґрунту не повинні перевищувати темпів його утворення.

Якщо з об'єктивних причин неможливо запобігти втратам ґрунту, то потрібно звести інтенсивність ерозії чи дефляції до гранично допустимої величини. Під гранично допустимою ерозією (ГДЕ) та дефляцією (ГДД) слід розуміти такі втрати ґрунту за рік, які можуть бути відновлені завдяки ґрунтоутворенню за цей же час. Ці величини можна визначити як норму ерозії і дефляції. ГДЕ та ГДД можуть мати різні значення для одного й того ж ґрунту, тому що швидкість культурного процесу

грунтоутворення значною мірою залежить від діяльності людини, складу материнських порід, клімату та інших чинників.

Якщо 1000 років вважати необхідним періодом для відновлення гумусованого шару, ГДЕ для ґрунтів різного генезису (т/га) буде складати: дерново-підзолистих – 1; сірих та світло-сірих – 2; темно-сірих – 3; чорноземів вилугованих – 5; чорноземів типових – 6; чорноземів звичайних – 4; чорноземів південних і ґрунтів каштанових – 3. В умовах природних зон України ГДЕ для дерново-підзолистих і сірих опідзолених ґрунтів прийнято 2-3, для чорноземів 4-6 т/га.

Природний процес ґрунтоутворення відбувається на цілинних ґрунтах. В агроценозах з низькою культурою землеробства спостерігається зниження вмісту гумусу та глибини гумусового профілю ґрунту. В агроценозах з високою культурою землеробства процес ґрунтоутворення підсилюється. В природних умовах потрібно близько 300 років для творення шару ґрунту товщиною 25 мм, при правильному сільськогосподарському використанні ґрунту — лише 30 років.

Маса коренів, що залишається в середньо- та сильноеродованому ґрунті після збирання врожаю менша відповідно на 27 і 52 % у порівнянні з нееродованим ґрунтом – можливості для накопичення гумусу в еродованих ґрунтах менші, ніж в нееродованих.

Для встановлення ГДД важливо знати, скільки часу потрібно для того, щоб внаслідок культурного ґрунтоутворення відбулася регенерація ґрунту. За 300-400 років морфологія профілю нормально розвинутих ґрунтів істотно не змінюється. Отже, добитися збільшення потужності дефльованих ґрунтів дуже важко, а ймовірно, що і неможливо.

Що стосується відновлення втраченої в процесі дефляції родючості ґрунту, то це завдання можна вирішити. За досить короткий час (5-10 років) можна збагатити оброблюваний шар ґрунту органічною речовиною, азотом, фосфором та іншими елементами живлення рослин за допомогою меліоративних заходів і застосування досить високих норм органічних і мінеральних добрив.

ГДД для чорноземів типових становить 3 т/га за рік, чорноземів звичайних та південних — 2,5, темно-каштанових ґрунтів — 2 т/га за рік. Ці величини прийнято як вихідні для діагностики дефльованих ґрунтів, оскільки втрати дрібнозему, що накопичується біля механічних перепон, настільки незначні, що їх важко помітити.

Оскільки дефляція — процес періодичний, величина ГДД для районів з різною частотою пилових бур не є однаковою. Для районів з повторюваністю пилових бур раз на 1-3 роки ГДД на чорноземах звичайних становить 2,5-7,5 т/га за рік.

Зазначимо, що підходи дослідників щодо визначення ГДЕ і ГДД й кількісних значень цих величин різні, але всі дотримуються думки, що ступінь прояву водної ерозії та дефляції не повинна перевищувати швидкості культурного ґрунтоутворення. А це потребує застосування на еродованих і дефльованих ґрунтах всього комплексу сучасних протиерозійних заходів.

Іригаційна ерозія. Руйнування земель на схилах зрошувальними водами при застосуванні дощування, також при зрошенні по борознах та чеках називається *іригаційною ерозією*. При дощуванні переважно має місце площинна ерозія, а при поливанні по борознах чи напуском по смугах — і лінійна, і площинна ерозія. Іригаційна ерозія відома здавна. У Середній Азії та Південному Казахстані вона руйнує ґрунти вже не одне тисячоліття: у цьому регіоні вже налічують понад 1 млн. га еродованих зрошувальних земель.

Зрошення тут з давніх часів проводили по борознах та напуском. Іригаційна ерозія виявлялась через підвищення витрат на зрошення і у разі скидання значного обсягу зрошувальних вод. На схилах вода розмивала зрошувальні канали та поливні борозни, а продукти розмиву надходили до скидної мережі, замулюючи знижені елементи рельєфу.

Під впливом іригаційного змиву в профілі зрошуваних ґрунтів зменшується глибина гумусового горизонту, втрачаються елементи живлення рослин, різко знижуються запаси продуктивної вологи та поживних елементів, погіршуються водно-фізичні, агрохімічні та біологічні властивості ґрунту.

Найважливішими показниками попередження іригаційного змиву є поздовжній нахил та довжина поливних борозен. На темно-каштанових ґрунтах при уклоні борозен 0,06 і струмені швидкістю 0,23 л/с у створах борозен завдовжки 30 і 60 м обсяг винесення маси ґрунту за сезон становить відповідно 92,3 та 46,9 т/га, при уклоні 0,03 за інших однакових умов — відповідно 39,1 та 11,7 т/га.

Для попередження іригаційної ерозії слід змінювати поздовжні нахили зрошувальних каналів і поливних борозен, а також підбирати найменш руйнівні форми поперечного перерізу та тип зрошувача. Велике скидання води через водозбірно-скидні канали у разі значних уклонів спричинює їх розмив та утворення ярів. Також слід змінювати поздовжні нахили зрошувальних каналів і поливних борозен, а також підбирати найменш руйнівні форми поперечного перерізу та тип зрошувача. Велике скидання води через водозбірно-скидні канали у разі значних уклонів спричинює їх розмив та утворення ярів.

Для попередження іригаційного змиву рекомендується попередньо змочувати борозни невеликими нормами води, після чого витрати води збільшують до загальноприйнятих значень.

Таким чином, на величину іригаційної ерозії впливають довжина борозен, поздовжній їх нахил, витрати води, швидкість потоків, протиерозійна стійкість і вологість ґрунту.

Під час дощування прояв іригаційної ерозії має свої закономірності, що нагадують ті, які характерні для ерозії від злив, з тією лише різницею, що людина здатна регламентувати як інтенсивність, так і тривалість штучного дощу, не допускаючи виникнення іригаційної ерозії. Під час дощування ерозія виникає внаслідок подачі води з інтенсивністю, яка перевищує вбирну здатність ґрунту.

Інтенсивність дощу, що дорівнює інтенсивності інфільтрації води в ґрунті, називають *припустимою*. Інтенсивність інфільтрації води в ґрунті залежить від його агрофізичних властивостей і стану поверхні, а також енергетичних параметрів дощу.

До агрофізичних властивостей ґрунту, які впливають на процеси інфільтрації, належать його гранулометричний склад, щільність, структурність, наявність пор аерації. Гранулометричний склад змінити важко, всі ж інші показники агрофізичного стану можна значно поліпшити відповідним обробітком ґрунту, внесенням органічних добрив, хімічною меліорацією, травосіянням.

Культурний стан поверхні ґрунту — це стеблостій рослин, покрив у вигляді мульчі з відмерлих решток, які амортизують енергетичну силу дощу, а також створюють шорсткість поверхні ґрунту, що зменшує швидкість стікання води.

У США вирішили проблеми захисту ґрунтів від ерозії, коли правильно оцінили руйнівну силу крапель дощу.

Кінетична енергія дощу зростає з підвищенням його інтенсивності. В районах помірного клімату під час випадання 1 мм дощу на 1 м² вивільнюється енергія 24 Дж. Краплини дощу розбивають структурні окремість ґрунту, замулюють дрібноземом пори аерації, ущільнюють верхній 1-сантиметровий шар ґрунту до щільності 1,4-1,6 г/см³, чим різко зменшують його водопроникність.

Під час поливу дощуванням є можливість регламентувати величину крапель та інтенсивність дощу. Разом з тим не слід забувати, що інтенсивність інфільтрації можна регулювати обробітком ґрунту, щільюванням його перед дощуванням, мульчуванням пожнивними рештками (що не дає утворитися кірці).

Крім іригаційної ерозії, зрошення спричинює засолення, осолонцювання, підтоплення ґрунтів. Велику небезпеку приховує у собі завищення норм зрошення, що призводить до вказаних деградацій.

В степових ґрунтах на глибині 70—120 см утворився горизонт з високим вмістом водорозчинних солей. Через великі норми зрошення цей горизонт промочується, солі розчиняються, по капілярах підтягуються до поверхні ґрунту, де волога випаровується, і покривають ґрунт білим вицвітом. Це явище називають *вторинним засоленням*, а ґрунти з високим вмістом солей в орному шарі — *засоленими ґрунтами*. Вони мають низький рівень потенційної та ефективної родючості, потребують *хімічної і гідротехнічної меліорації*.

Під час розсолення ґрунтів, що відбувається внаслідок їх промивання високими нормами зрошення, катіон Na⁺ надходить до ґрунтового вбирного комплексу і утворюються *солонцюваті ґрунти*. Вони характеризуються низькою родючістю і потребують хімічної меліорації.

Щоб не відбувалось осолонцювання під час зрошення, треба його супроводжувати профілактичними заходами хімічної меліорації та влаштуванням дренажу, що дозволяє скидати надмірну зрошувальну воду. Для цього перед зрошуванням у верхній шар ґрунту потрібно вносити 3-5 т/га гіпсу.

Надмірні норми зрошення обумовлюють підняття підґрунтових вод, підтоплення та вторинне засолення. У разі підтоплення будують дренажну систему, найчастіше вертикальний дренаж, що дає можливість значно знизити рівень підґрунтових вод. Однак виникає інша проблема, що порушує екологічну рівновагу: куди скидати дренажні води, які насичені розчинними солями.

У практиці дренажні води скидають у водні джерела зрошення, а солі потрапляють у ґрунт зі зрошувальною водою, підвищуючи рівень загальної

мінералізації. У верхів'ях р. Аму-Дар'я, наприклад, мінералізація води становить 0,3-0,5 г/л, в нижній течії внаслідок скидання в ріку мінералізованих дренажних вод вона досягає 5-6 г/л. Вода стає непридатною для зрошення.

Отже, іригація супроводжується такими негативними явищами, як іригаційна ерозія, підтоплення, засолення, осолонцювання, агрофізична деградація ґрунтів. Крім того, вона потребує значних капіталовкладень. Тому там, де є можливість, слід шукати альтернативу зрошенню.

Пасовищна ерозія. Розбивання дернини і руйнування ґрунту худобою одні вчені (в зоні інтенсивного прояву водної ерозії) відносять до водної ерозії, інші (в зоні значної вітрової ерозії) — до дефляції. Але вибивання дернини можна віднести і до окремого (самостійного) чинника деградації ґрунтів — *пасовищної ерозії*. Цей різновид ерозії має свої закономірності розвитку. Разом з тим він здатний дуже підсилюватися водною чи вітровою ерозією.

Під час випасання худоби на схилових землях тварини копитами розбивають дернину і змішують частину ґрунту вниз по схилу. Внаслідок цього на схилах утворюються худобопрогінні стежки, мікротераси, позбуті рослинності. Дернина трав має високу ґрунтозахисну ефективність, тому її знищення різко зменшує протиерозійну захищеність схилів. На них швидко розвиваються водорії та яри. Пасовища різко знижують свою продуктивність, забезпечуючи лише 2-5 ц/га сіна низької якості.

На пасовищних схилах через надмірний і безсистемний випас худоби степове угруповання трав з типчаково-ковилового поступово перетворюється на дуже збіднене за видовим складом типчакове. Зникають деякі види бобових і злакових цінних пасовищних рослин, і навіть типчак зменшується в рості на 5-8 см. Зберігаються лише неїстівні чи отруйні види трав, наприклад молочай, полин австрійський, які нерідко складають основу рослинності таких витоптаних схилів.

Під ударами кінцівок тварин руйнуються водотривкі агрегати, ущільнюється ґрунт, підсилюється стік, погіршується забезпеченість рослин вологою. Погіршення ґрунту відбувається паралельно з його переміщенням по схилу разом з рослинами, що на ньому ростуть. *Таке механічне переміщення є визначальним чинником розвитку пасовищної ерозії.* Потоки води, що надходять на такі схили з ділянок полів, розміщених вище, перетворюють пасовища на пустелі та яри. Сприяє цьому і вітрова ерозія. Особливу небезпеку приховують у собі витоптані прогонами худоби перепади тимчасових водних потоків. Слід від копита глибиною 5-10 см збільшує швидкість потоку з 0,1-0,2 до 1-1,4 м/с. Найбільш вибитими є худобопрогони, а також ділянки пасовищ, що прилягають до ферм, населених пунктів.

Отже, пасовищна ерозія, підсилена водною та вітровою ерозією, здатна перетворити природні кормові угіддя на схилах у пасовищний збій, вигони з надзвичайно низькою продуктивністю. Поверхня схилів стає зруйнованою водоріями та ярами. Такі угіддя потребують докорінної меліорації, ремонту земель. На гірських схилах внаслідок пасовищної ерозії землі цілком

втрачають дрібнозем, перетворюючись на кам'янисті пустелі. У байрачних лісах пасовищна ерозія призводить до вибивання дернини, підсилення водної ерозії, утворення водоріїв та ярів.

Ерозійні та селеві явища у горах. В гірських районах, де зростають крутість схилів і кількість опадів, частішає їх зливовий характер, істотно підсилюється прояв водної ерозії. В горах і передгір'ях Кавказу, Карпат, Криму та інших гірських кряжів катастрофічним проявом водної ерозії можуть бути селі.

У давнину масиви гір були вкриті лісами, які попереджували інтенсивний розвиток водної та вітрової ерозії. У ХХ ст. інтенсивне вирубування лісів призвело до оголення гірських схилів. Через велику крутість відведені під рілля ділянки обробляли лише вздовж схилу. На них часто вирощували просапні культури, що обумовило інтенсивний змив і швидку втрату родючих шару ґрунту. Ділянки з втраченою родючістю залишали. Через деякий час їх використовували як пасовища. Внаслідок цього був повністю втрачений дрібнозем і пасовища перетворились на кам'янисті пустелі.

Наприклад, втрати дрібнозему на червоноземних ґрунтах під просапними культурами в Аджарії (Грузія) внаслідок змиву досягають 100 т/га, в Абхазії на схилах 15-20° при вирощуванні тютюну і кукурудзи становлять 300-500 т/га за рік. Значні площі цього району повністю оголені, місцями залишились лише валуни та галька. В гірських умовах південно-західного Таджикистану на розораному південно-західному схилі з середньо- та сильно-змитими ґрунтами у разі крутості схилу 18-20° було змито 80-90 т/га ґрунту, при крутості 25° - 450 т/га, при крутості 30° - 480 т/га.

Таким чином, на величину змиву істотно впливають крутість та експозиція схилу. Змив дуже зростає при збільшенні крутості схилу, найбільший він, як правило, на схилах південної експозиції, а найменший — північної.

Внаслідок ерозії відбувається опустелювання гірських територій. Отже, на гірських територіях проявляються ті ж чинники розвитку ерозії, що і на рівнинах, однак інтенсивність ерозії тут у 10-20 разів вища через велику крутість схилів та інтенсивні зливові опади, жорсткий вітровий режим, погіршення умов вирощування рослин. На ці природні чинники накладаються антропогенні фактори: вирубування лісів, розорювання крутосхилів, неправильне застосування агротехніки, перевантаження пасовищ на крутосхилах.

Селеві потоки є катастрофічним проявом ерозії в горах. Це нетривалі (інколи миттєві) стрімкі гірські потоки, насичені каменями, галькою, щебеннями і дрібноземом, що виникають внаслідок випадання злив в дуже розчленованих, збіднених на рослинний покрив та еродованих басейнах малих рік, струмків, балок. Стрімко опускаючись донизу, нерідко по сухих руслах, і маючи велику гідродинамічну силу, селеві потоки спричиняють велетенські руйнування та втрати в економіці.

Наприклад, у Ферганській долині (Киргизія) 4 травня 1927 р. на околиці селища Шахмардан о 20 годині пройшла злива з градом, що тривала

42 хв. О 21 год. 15 хв. почувся сильний шум, гуркіт, що нагадував артилерійську канонаду. Через 20-30 хв. з вузької ущелини у верхній частині селища з'явилася стіна кам'яно-грязевого потоку заввишки до 15 м. Цим потоком було залито нижню розширену частину селища. У цей час тут знаходилося понад 100 гарб, завантажених вівцями, хлібом та речами домашнього вжитку паломників, що прибули до Шахимардану. Всі підводи було знесено геть селевим потоком. В 30 км нижче селища Вуаділь селевий потік зруйнував головну залізобетонну споруду каналу Алти-Арик, заливши всі зниження та розташовані нижче бавовникові поля, сади і виноградники. О 6 год. 5 травня окремі струмені потоку досягли м. Фергана: багато вулиць було залито шаром грязі в 1 м, загинуло багато коней, ослів, овець, кіз.

В Україні в передгір'ях Карпат, де внаслідок діяльності людини на значних площах гірських схилів було знищено природну рослинність, великої шкоди завдають повені.

Види селевих потоків. Залежно від умов утворення виділяють *водокам'яні*, *грязекам'яні* та *грязові* селі. *Водокам'яні* потоки звичайно виникають у високих горах, складених інтрузивними породами. З масивами ефузивних і метаморфічних порід пов'язані *грязекам'яні* селеві потоки. Осадкові породи сприяють формуванню *грязових* потоків.

Чим інтенсивніша злива, менший селевий басейн і чим більш акумулятивної (лійкоподібної) він форми, тим короточаснішим буде селевий потік. Потужні і тривалі селеві потоки формуються у великих басейнах з довгими руслами.

Причини виникнення селевих потоків. Селеві потоки руйнівної сили найчастіше утворюються внаслідок інтенсивних злив, що випадають у безлісних сильно-еродованих басейнах, де через денудацію (процес зносу та переносу водою, вітром, під дією сили тяжіння продуктів руйнування гірських порід у пониженні ділянки) накопичується багато змитого дрібноземного та кам'янистого матеріалу. Інколи селі утворюються і через тривалі дощі або бурхливе сніготанення. Утворенню потужних селевих потоків сприяє лійкоподібна форма басейну, основні притоки якого розміщені у вигляді променів, а витoki розташовані на приблизно однаковій відстані від гирла — місця збору селевої маси.

Внаслідок злив до гирла басейнів подовженої форми насамперед надходить стік з найближчих притоків, а згодом і з тих, що розташовані подалі. Більша частина шляху стоку, який надходить з найвіддаленіших притоків, приурочена до головних русел з невеликими нахилами, захарашених уламковим матеріалом, що різко знижує швидкість потоку та зменшує площу одночасного стоку.

Навіть коли злива охоплює весь водозбір подовженої форми, насичені наносами потоки, що швидко стікають по схилах, при негустому розміщенні притоків утворюють низку хвиль. У разі їх густого розміщення ці потоки призводять до плавного підвищення горизонтів і витрат стоку. Чим більша площа басейну витягнутої форми і довше русло, тим менша ймовірність нашарування стоку притоків, розміщених вище, на відклади стоку приток, які знаходяться ближче до гирла русла. За таких умов витрати стоку нарастають

більш плавно, а повені бувають тривалішими.

У басейнах напів-циркоподібної форми всі або більша частина головних притоків розташовуються променеподібно, а витoki розміщуються на приблизно однакових відстанях від гирла. За однакових стрімкості схилів і швидкості потоків найпотужніші їх струмені досягають горловини басейну одночасно. Тому селева маса різних притоків нашаровується одна на одну, що обумовлює різке збільшення її обсягу. Чим більше відношення довжини обводної межі басейну до довжини русла у разі променеподібного розміщення притоків у басейнах напівциркоподібної форми, тим більші втрати селевої маси.

Чим більш захаращене русло селевого басейну кам'янистим матеріалом, тим більшою є небезпека заторів, що надають рухові селевих мас пульсаційного характеру і різко збільшують максимальні витрати потоків. Чим вужча горловина селевого басейну, тим більше селевої маси може в ньому накопичитись, тим потужнішими і більш руйнівними є селеві потоки, що вириваються в міжгірні долини і на рівнини.

На добре задернованих і заліснених схилах селеві потоки не утворюються. Проте залісненням і задернованим мусить бути весь басейн. У деяких басейнах селі можуть сформуватися навіть тоді, коли оголеними є лише верхні частини схилів. Найчастіше селеві потоки спостерігаються в найбільш густо заселених, а тому і найбільш еродованих місцях.

Безпосередньою причиною селевих явищ можуть бути сніготанення, що підсилюється затяжним дощем; дощ, що супроводжується в деяких випадках грозами та градом; злива; прорив озера і т. п. Більше половини селевих потоків спричинюється дощами, а майже третина — зливами.

Заходи, спрямовані проти селевих потоків аналогічні заходам проти водної та вітрової ерозії. Для Карпатського регіону рекомендуються такі заходи, що мають загальне значення і для інших ґрунтово-кліматичних зон: регулювання поверхневого стоку на водозборах шляхом задернування, створення системи терас з їх подальшим залісненням; затримання уламкового матеріалу обладнанням загат (гребель) по руслах селеносних рік, струмків, ярів і балок; скидання надлишків стоку зливових вод (з мінімальним вмістом твердих частинок) з балок у русло річки за допомогою обвалованих каналів; обладнання підпірних стінок у місцях можливих обсипів та зсувів; вирівнювання ложа ріки; будівництво на особливо небезпечних ділянках кам'яних стінок вздовж русла ріки; застосування захисних лісонасаджень у прирусловій частині річкової та яружно-балкової мережі.

Тема 4. Заходи по захисту ґрунтів від ерозії

Заходи по захисту ґрунтів від водної ерозії. Для запобігання й усунення негативних наслідків ерозії повинна постійно розроблятися і впроваджуватися система *протиерозійних заходів*. Ерозійні процеси відбуваються внаслідок взаємної дії природних та антропогенних факторів, а тому протиерозійні заходи повинні мати комплексний характер і охоплювати всю водозбірну площу, що дозволяє затримати поверхневий стік і призупинити ерозію.

В Україні проблеми ерозії ґрунтів, захисту їх від ерозії вивчають ННЦ „Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О.Н. Соколовського”, Український науково-дослідний інститут лісового господарства і агролісомеліорації, Український науково-дослідний інститут „Укрземпроект” та інші науково-дослідні установи.

З метою цілеспрямованої боротьби з ерозією ґрунту в Україні розроблено *Генеральну схему протиерозійних заходів*, що включає агролісомеліоративні, агротехнічні, лісомеліоративні, організаційно-господарські, гідротехнічні та інші заходи.

Агролісомеліоративні заходи як один з видів меліорації включають у себе систему лісогосподарських заходів, спрямованих на поліпшення ґрунтово-гідрологічних і кліматичних умов місцевості з метою підвищення продуктивності с.-г. угідь. При цьому головним завданням є створення систем захисних насаджень (полезахисні лісові смуги, лісонасадження на вододілах, уздовж водойм, автомагістралей, залізниць, ярозакріплювальні насадження, ґрунтозахисні насадження на пісках, зелені зони міст тощо); боротьба з пиловими бурями, суховіями, розвіюванням, змиванням ґрунту, а також снігозатримання на полях, захист водойм від замулювання тощо.

В Україні створено 437 тис. га полезахисних лісосмуг, проведено закріплення і заліснення ярів, балок, пісків, берегів річок, водойм, які не використовуються у с.-г. виробництві на площі понад 858 тис. га. Агролісомеліоративні заходи застосовують у комплексі з агротехнічними, гідротехнічними та іншими ґрунтозахисними заходами. В Україні комплекс меліоративних лісонасаджень вперше було створено в 1809–1835 рр. у Миргородському повіті. Наукові основи агролісомеліорації закладені в працях В. В. Докучаєва і Г. М. Висоцького.

Агротехнічні заходи. В сучасних еколого-економічних умовах в Україні найбільш високовартісними є агротехнічні і гідротехнічні протиерозійні заходи, що пов'язано з використанням потужної техніки, а отже і великої кількості паливно-мастильних матеріалів. Зважаючи на зазначене, обсяги їх запровадження на ерозійно небезпечних землях в останнє десятиліття зведені до мінімуму. До агротехнічних протиерозійних заходів відносять запровадження протиерозійних сівозмін, спеціальних способів обробітку ґрунту, створення валів-терас тощо.

Агротехнічні заходи торкаються декількох елементів системи землеробства, в першу чергу, порядку використання земельних ресурсів в сівозмінах і системи механічної обробки ґрунту. За допомогою цієї групи

заходів вирішуються завдання зниження швидкості вітру в приповерхневому шарі і підвищення протидефляційної стійкості ґрунту. Найбільш широкі можливості при цьому пов'язані з ґрунтозахисною роллю рослинності.

Ґрунтозахисні сівозміни повинні включати посів культур, які підвищують їх ґрунтозахисну ефективність. Найбільш стійкими і практично завжди захищеними від вітрової ерозії є поля, зайняті багаторічними травами. Майже незахищені від вітрової ерозії ґрунти полів, що знаходяться під чистим паром. Також мало відрізняються від парових полів за цим показником ґрунти, що зайняті посівами цукрових буряків, капусти, цибулі. Більш ефективними в цьому відношенні є такі культури як кукурудза, соняшник, ріцина, сорго та інші. Ґрунт під зрілими культурами цих рослин практично не піддається ерозії. Високою ґрунтозахисною ефективністю відрізняються також суцільні посіви хлібних злаків.

Визначення ширини поля, яке захищає від вітрової ерозії, зводиться до знаходження його протяжності в напрямку вітру, при якому втрата ґрунту від вітрової ерозії не перевищує допустимої величини, плюс ширина захисної зони, що утворюється в результаті „вітрової тіні” за захисною смугою, яка примикає до неї з навітряної сторони.

Запобігання вітровій ерозії досягається також за рахунок мульчування пожнивно-кореневими рештками, рідким гноєм або спеціально створеними хімічними препаратами. При однакових умовах (швидкості вітру, характері розміщення на поверхні, довжині стебел) протиерозійна ефективність рослинних решток залежить від виду сільськогосподарської культури і розміщується в спадаючому порядку в наступний ряд: озима пшениця, озиме жито, сорго, кукурудза, бавовник, соняшник. При мульчуванні ґрунту рідким гноєм (15–20 т/га) має місце суттєве покращення не тільки фізико-механічних властивостей поверхневого шару, але й поживного режиму ґрунту. Особливо ефективним воно є за необхідності швидкого „придушення” осередків дефляції ґрунтів. Найбільш широко мульчуючі речовини використовують для закріплення піщаних ґрунтів, які в результаті дій антропогенного чинника (при будівництві доріг, трубопроводів, ліній електропередач, а також в результаті нерегульованого випасу худоби) нерідко перетворюються на рухливі піски.

Посів проміжних культур. Вони призначені для відтворення втраченого елементу плодозміни і створення захисного покриву на поверхні ґрунту в той час, коли післяжнивних решток основної культури недостатньо для захисту ґрунтів від вітрової ерозії. Найбільш широко в якості озимої ґрунтопокровної культури використовують овес, оскільки він менше, ніж озима пшениця чи жито висушує ґрунт. Це також пояснюється тим, що деяка частина рослин вівса взимку гине, але, лишаючись на корені, ефективно захищає ґрунт і затримує сніг. Овес можна висівати в нормі 0,15–0,25 т/га після збирання буряків, картоплі, овочів, сої. Весняні посіви ґрунтопокровних культур використовують за умови, коли рослинних решток з минулого року до весни збереглося недостатньо для захисту ґрунтів. Конюшину, горох кормовий, вику висівають одночасно з основною культурою.

Куліси. Вони найбільш ефективні, коли орієнтовані в напрямку, перпендикулярному найбільш небезпечним вітрам. Куліси створюють захисну зону з підвітряної сторони і слугують також фільтром, який затримує ґрунтові частинки, що переносяться вітром. Для створення захисної смуги використовують двохранні куліси із рослин кукурудзи чи сорго, розміщені на відстані 16 см одна від одної. В якості кулісної культури можна також використовувати посіви гірчиці. Відстань між кулісами на одному і тому ж полі залежить від характеру його використання.

Посів трав. В ряді випадків посів трав (залуження) – єдино можливий шлях попередження вітрової ерозії. Особливо це стосується вітроударних схилів з ґрунтами, що характеризуються низькою протидефляційною стійкістю. Залуження може бути постійним, при цьому орна земля переводиться в категорію сінокісних і пасовищних угідь. Основна складність, яку доводиться долати при залуженні сильно дефляційних ґрунтів, полягає в отриманні сходів і їх укоріненні на перших етапах росту і розвитку. Для залуження використовують такі трави як житняк тощо. На абсолютно не захищених в протидефляційному плані ґрунтах можна висівати ярі культури – ячмінь, овес, просо. Якщо вони дадуть гарні сходи, їх можна підкошувати на зелений корм чи сіно, а по стерні висівати багаторічні трави. Створені таким чином кормові угіддя використовують в перші 2–3 роки виключно як сіножаті, а в наступні роки – як ріллю або для суворо регульованого випасу худоби.

Таким чином, чергування в сівозміні полів, зайнятих ґрунтозахисними культурами (захисні поля), з полями, зайнятими культурами не здатними попереджувати здування ґрунту, є важливим агротехнічним заходом захисту ґрунтів від вітрової ерозії.

Основним заходом, який дає можливість знизити швидкість поверхневого стоку і попередити змив ґрунтового шару на схилах, є його терасування. В залежності від нахилу поверхні і кількості стічної води використовують різні типи терас: гребеневі з горизонтальним або похилим валом, ступінчасті, траншейні, наорні вали-тераси тощо. Гребеневі вали з горизонтальним валом будують при нахилах 0,02 – 0,12 на добре водопроникних ґрунтах, здатних до інфільтрування затриманої валами води. Паралельно спроектовані до горизонталей поверхні вали повинні мати висоту 0,3–0,6 м з коефіцієнтом закладання відкосів – 3:1, 4 : 1. Відстань між валами повинна бути розрахована таким чином, щоб перенесені в натуру вони мали можливість затримувати весь поверхневий стік зливових вод, а глибина води біля підніжжя валу при цьому не перевищувала 0,45 м. В залежності від нахилу поверхні, висоти валу, кількості опадів і водопроникності ґрунту вона може варіювати від 5–10 до 200 м і більше. Вали насипають грейдерами і спеціальними терасерами на 0,1–0,15 м вище розрахункового значення. В перші два роки вали закріплюють посівом багаторічних трав. В подальшому їх можна засівати і використовувати разом з усією площею. На крутих схилах ($i = 0,12 - 0,25$) для зменшення нахилу поверхні між валами ґрунт зрізують у верхній частині тераси і відсипають його в нижню частину, формуючи таким чином ступінчасту терасу. Її висота, в залежності від ґрунтової відміни і рельєфу, може коливатися від 0,9 до 1,8 м.

Для будівництва ступінчастих терас можуть використовуватись бульдозери і грейдери. Терасування виконують також плантажними і звичайними плугами при односторонній оранці смугами з відвалом пласта вниз по схилу. Ширина зораних смуг коливається в межах 5–10 м, між ними залишають не зорані смуги шириною 2–5 м. Плантажний плуг утворює терасу при одноразовому проході, польові плуги – при 4–8-разовій оранці. При нахилі поверхні більше 0,25 можна використовувати траншейні тераси різної конструкції з обов'язковим їх залісненням. Зазначені тераси в більшості випадків використовують лише в присітковій зоні як доповнення до водорегулюючих смуг і інших агротехнічних заходів. Забороняється оранка та інші обробітки ґрунту впоперек схилу.

Організаційно-господарські заходи включають проведення робіт з обґрунтування необхідності прийняття заходів проти вітрової ерозії, створення передумов для їх здійснення і контроль за їх виконанням. Таким чином, зазначені заходи спрямовані на протиерозійну організацію території, яка піддалася ерозії, а також на її особливе господарське використання.

В свою чергу, *лісомеліоративні заходи* включають створення і вирощування стокорегулювальних і ґрунтозахисних лісових смуг та інших насаджень. Зважаючи на те, що дія останніх проявляється через 5–10 років, для затримання поверхневого стоку необхідним є оперативне втручання людини шляхом обладнання різного роду гідротехнічних споруд.

Гідротехнічні заходи для боротьби з розмиванням ґрунтів направлені на затримання стічної води, яка сходить з водозбірної площі. Їх здійснюють переважно в гідрографічній зоні шляхом створення додаткових водозатримувальних валів, укріплення вершин ярів, їх дна і відкосів.

Із водозатримувальних споруд минулого століття набули спеціальні водозбірні вали і канали В.М. Борткевича. Їх розміщують в декілька рядів паралельно горизонталям поверхні: перший – на відстані 10–15 м від кромки яру, наступні ряди – через відповідні відстані в залежності від кількості стічної води і нахилу поверхні. Вали висотою 0,7 – 0,8 м, шириною гребня до 0,5 м, а його основи – 1,0 – 1,2 м проектує суворо по горизонталі. Глибина каналу не повинна перевищувати 0,5 – 0,7 м, а ширина по дну – 0,35 м.

На водонепроникних ґрунтах замість водозбірних валів і каналів доцільно також використовувати водовідвідні (нагірні) вали і канали, за допомогою яких воду відводять в спеціально закріплені або заліснені частини яру. До будівництва нагірних валів часто звертаються в тих випадках, коли яр близько підходить до населеного пункту, залізниць, шосейних доріг, цінних сільськогосподарських угідь. В залежності від кількості стічної води, нахилу, різновидності ґрунту на вершині яру обладнують перепади, швидкотоки, висячі лотки, підпірні стінки тощо. Зазначені споруди будують із бетону, каменю чи дерева за спеціальними проектами.

Для укріплення дна яру і зменшення швидкості води практикують будівництво спеціальних загат (дамб), а також проводять заліснення. Створення неглибоких ставків-відстійників дає можливість до мінімуму знизити швидкість води на дні яру. Відстань між такими ставками-лиманами розраховують, виходячи за відповідною формою.

Закріплююча дія захисних лісових насаджень базується на зниженні швидкості течії при проходженні води між насадженнями з кущів верби, стовбурами тополі та інших порід дерев, які швидко ростуть. Насадження закладають смугами шириною до 10 м при відстані між кущами в ряду до 1 м, а між рядами – 0,8 – 1, 5 м. Відстань між смугами залежить від нахилу днища яру і дорівнює приблизно 4–5-кратній ширині захисної смуги насаджень.

Після проведення планувальних робіт з формування відкосів яру, їх закріплюють посівом багаторічних трав чи алкалоїдного люпину, або укладанням дернини. Дернування виконують смугами під кутом 45° до осі яру. Воно може бути частковим або суцільним. Дернини розміром 20 x 30 см і товщиною до 0,5 м вкладають в спеціально підготовлені виїмки. Кожну дернину прибивають до відкосу двома–трьома живими вербовими кілочками. При частковому задернінні дерен укладають квадратами розміром 1,0 – 1, 5 x 1,0 – 1,5 м. В утворені клітки висівають багаторічні трави чи алкалоїдний люпин.

Круті відкоси виположують або терасують, засаджують ліщиною, вишнею, смородиною та іншими рослинами. Поблизу населених пунктів і різного роду промислових споруд чи об'єктів відкоси ярів закріплюють за допомогою бетону або каміння.

Багаторічний досвід світового землеробства засвідчує, що найбільш сприятливим і раціональним засобом захисту ґрунтів від різних видів ерозії є рослинність. Доведено, що чим краще розвиваються рослини і чим більше вони асимілюють сонячної енергії, елементів живлення і вологи, тим істотніша їх біологічна дія проти ерозійної деградації ґрунту.

У багатьох випадках раціональне розташування сільськогосподарських угідь, регулювання поверхневого стоку, меліоративні й лісомеліоративні заходи також знімають проблему ерозійної деградації ґрунту. Особливу увагу слід приділяти використанню складних та ерозійно небезпечних ландшафтних територій. Сильно- та середньо-деградовані ґрунти слід вилучати з активного сільськогосподарського користування. Перспективна їх реконструкція має передбачати створення лісових насаджень.

Інтенсивне землеробство на ерозійно небезпечних територіях можливе лише в спеціальних контурно-меліоративних системах, де враховується формування талого і зливого стоків, закономірності розвитку ерозійних процесів, а організація території відповідає ландшафтним контурам з максимальним наближенням до горизонталей меж угідь, елементів природоохоронної та господарської інфраструктури.

Захист ґрунтів від вітрової ерозії. 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 окремоностей 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 оструктурувачі — 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 пилевий 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 поживні рештки знижують швидкість вітру в приземному шарі повітря. Досить мати на квадратному метрі 180 стернин, 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 поживні 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 виносяться 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 вузькими, а полезахисні смуги — частішими.

Застосування ґрунтозахисного землеробства з контурно-меліоративною організацією території, що базується на формуванні в господарствах ерозійно стійких агроландшафтів. З цією метою орні землі поділяються за крутістю схилів на три еколого-технологічні групи; розміщення полів і робочих ділянок з криволінійними межами організовується таким чином, щоб вони вписувались у рельєф; удосконалюється структура посівних площ: з ріллі вилучаються ділянки з крутістю схилів понад 7°, на яких через великі втрати ґрунту звичайне землеробство є нерациональним.

Вирощування інтенсивних культур у польових сівозмінах дозволяється лише на рівних ділянках територій, на ділянках підвищеної крутості схилів створюються ґрунтозахисні сівозміни без просапних культур. На більш крутих схилах при цьому зростає питома вага багаторічних трав. Важливе значення мають затримання і відведення стоку влаштуванням на межах еколого-технологічних груп і робочих ділянок гідротехнічних земляних споруд, водорегулювальних лісосмуг і буферних смуг з багаторічних трав; забезпечення відтворення родючості ґрунту використанням усіх наявних органічних добрив і поживних решток в інтенсивних польових сівозмінах та завдяки збільшенню питомої ваги багаторічних трав у ґрунтозахисних сівозмінах.

Диференціація земель на еколого-технологічні групи розрахована на їх використання з урахуванням крутості схилів. Крім орних угідь, її розроблено також для сіножатей, пасовищ і багаторічних насаджень.

Згідно з цією концепцією орні землі поділяються на такі групи.

Перша еколого-технологічна група земель з крутістю схилів 0—3° — на ній організуються інтенсивні польові сівозміни, в яких сконцентровані всі просапні

культури, що вирощуються за інтенсивними технологіями. На таких землях зменшуються площі багаторічних трав або вони виключаються взагалі. Для відтворення родючості ґрунту збільшують норми внесення органічних і мінеральних добрив за рахунок другої та третьої еколого-технологічних груп.

Друга технологічна група земель містить в собі ділянки з крутістю схилів 3—7°. На ній організуються ґрунтозахисні сівозміни з багаторічними травами і без просапних культур. Посіви багаторічних трав разом з внесенням мінеральних добрив дозволяють проводити розширене відтворення гумусу і потенційної родючості ґрунту. Багаторічні трави — найефективніші ґрунтозахисні культури. Крім них, у сівозмінах вирощують культури густого посіву, що порівняно з просапними культурами мають вищу ґрунтозахисну ефективність, — озимі та ярі зернові, однорічні трави.

Третя еколого-технологічна група охоплює орні землі з крутістю схилів понад 7°. Ділянки цих земель засівають багаторічними травами і вилучають з ріллі. Вони перетворюються на штучні сіножаті з сіяних багаторічних трав. Такі посіви найпродуктивніші на середньо- та сильно-еродованих ґрунтах. Потенційна родючість на цих землях відтворюється за рахунок кореневих систем і поверхневих решток багаторічних трав, а також завдяки внесенню мінеральних добрив.

У процесі *землеупорядкування* здійснюється перехід від прямолінійної до контурної організації території з розміщенням сівозмін, полів і робочих ділянок, доріг, полезахисних лісосмуг та інших елементів організації території з максимальним наближенням до напрямку горизонталей або з допустимим відхиленням від них.

Лінійні елементи організації території служать водночас і напрямними лініями обробітку (НЛЮ) ґрунту. Ними можуть бути: межа поля, дорога, смуга залуження, лісосмуга, вал-тераса, вал-дорога, вал-канава, межа смуги у разі смугового розміщення культур.

У базовій моделі одна еколого-технологічна група відокремлюється від іншої гідротехнічними протиерозійними спорудами, водорегулювальними лісосмугами, буферними смугами з багаторічних трав.

На *контурних полях першої ЕТГ* застосовується ґрунтозахисна агротехніка — плоскорізний, чизельний та інший обробіток ґрунту за напрямком горизонталей, щільовання ґрунту на схилах 1—3°. На *полях другої ЕТГ* також застосовується ґрунтозахисний обробіток у поєднанні з мульчуванням ґрунту соломною та іншими пожнивними рештками. Така агротехніка попереджує змивання ґрунту, зберігає родючість, а разом з заходами щодо її відтворення стабілізує стійкість землеробства.

Додаткове затримання 400—600 м³ вологи опадів, перехоплення і відвід лишків стоку валами-терасами, водорегулювальними лісосмугами, буферними смугами з багаторічних трав підвищує протиерозійну стійкість і продуктивність ділянок, що знаходяться на схилі нижче, — ділянок *третьої ЕТГ* і природних кормових угідь.

Освоєння ґрунтозахисної системи землеробства з контурно-меліоративною організацією території забезпечує захист ґрунтів від ерозії та

інших чинників деградації ґрунтового покриву розширене відтворення родючості, формування екологічно стійких агроландшафтів, підвищення врожайності вирощуваних культур і валового збору сільськогосподарської продукції.

Отже, суть ґрунтозахисної системи землеробства з контурно-меліоративною меліорацією території — диференційоване використання земельних ресурсів і повніше урахування біологічних особливостей вирощуваних культур

Захист ґрунтів від іригаційної ерозії. Боротьбу з іригаційною ерозією теж треба проводити комплексно. До основних заходів захисту від неї належать:

1. недопущення організації зрошуваних ділянок з просапними культурами на схилах крутістю понад 3°. На крутіших ділянках схилів зрошення дощуванням можливе лише при вирощуванні культур густого посіву, що мають високу ґрунтозахисну ефективність, переважно багаторічних трав;
2. зрошення невеликими нормами, але частіше;
3. підвищення водопроникності ґрунту щілюванням ділянок перед поливом на глибину 45 см впоперек схилу через 1 м;
4. використання безплужного обробітку ґрунту з мульчуванням його соломною та іншими пожнивними рештками, що оберігають
5. ґрунт від утворення кірки, підвищують його водопроникність.

Отже, застосовуючи науково обґрунтовані методи боротьби з ерозією, можна попередити або принаймні послабити прояви цих небезпечних явищ.

Тема 5. Чинники деградації ґрунтового покриву та види антропогенного забруднення ґрунтів, що спричиняють втрати родючості ґрунту

Родючість ґрунтів щонайбільше знижують такі чинники: дегуміфікація, декальцинація (кислотна деградація), агрофізична деградація, засолення, осолонцювання, підтоплення ґрунтів, аридизація, погіршення фітосанітарного стану.

Будівництво каскадів водосховищ на ріках, зрошувальних систем спричинило піднімання рівня підґрунтових вод та їх надходження у профіль ґрунту. Наслідками підтоплення ґрунтів є засолення та вторинне осолонцювання.

Разом з тим засолення та осолонцювання можливі і без підняття рівня підґрунтових вод за перевищених норм зрошення. У степових ґрунтах завдяки процесу ґрунтоутворення з верхніх генетичних горизонтів ґрунту розчинні солі (хлориди, сульфати тощо) вимиваються і відкладаються на глибині 70—120 см. За перевищених норм зрошення зрошувальна вода розчиняє ці солі і стає мінералізованою. Мінералізована вода по капілярах піднімається до поверхні ґрунту і випаровується, залишаючи на ній наліт розчинних солей, серед яких переважають солі натрію. У вологий період року ці солі взаємодіють із ґрунтовим вбирним комплексом, що призводить до осолонцювання ґрунтів, поступової зміни ґрунтового профілю. Ґрунти втрачають сприятливі агрофізичні властивості, а внаслідок цього — потенційну і ефективну родючість.

Утворення на ріллі "мочарів" (місць підтоплення) обумовлює будівництво ставків, що спричиняє піднімання рівня підґрунтових вод. Це підтоплення від водосховищ і ставків особливо виявляється у вологі роки, коли неможливо провести обробіток ґрунту і посів сільськогосподарських культур. Для включення таких земель в інтенсивну сівозміну доводиться будувати дорогі дренажні системи, що відводять надлишок підґрунтових вод.

Аридизація ґрунтів, тобто зростання посушливості умов росту рослин, безпосередньо пов'язана з дегуміфікацією та агрофізичною деградацією. Внаслідок втрати гумусу та структурності ґрунту знижується його польова вологоємність і підвищується максимальна гігроскопічність, скорочується діапазон активної вологи. Позитивний баланс гумусу в ґрунті зменшує аридизацію.

За даними Т. П. Коковіної (1974), в Курській обл. (Росія) через 100 років після розорювання чорнозему типового діапазон активної вологи в метровому шарі знизився через дегуміфікацію на 66 мм.

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 прогностичні 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 баланс гумусу складаються з надходження гумусу в ґрунт з органічними рештками (поверхневими і кореневими) сільсько-господарських культур, гноєм та іншими органічними добривами, посівним і посадочним матеріалом, зв'язування вуглекислого газу атмосфери та ґрунтового повітря синьо-зеленими 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 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), цукрові буряки (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 (цукрові буряки, 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.11).

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

Чорний пар	2,00
Картопля, баштанні	1,61
Коренеплоди	1,60
Цукрові буряки	1,59
Кукурудза на зерно	1,56
Горох, вика, соя	1,50
Кукурудза на силос	1,47
Соняшник	1,39
Озима пшениця	1,35
Озима пшениця 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 сівозмінах 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 сівозмінах 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 C : N в соломі злакових є значним і становить 70-80 до 1, для підвищення коефіцієнта гуміфікації під час її внесення потрібно на кожну тону 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.

Кислотна деградація (декальцинація) ґрунтів. 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.

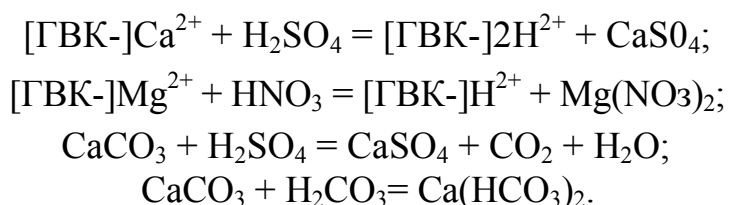
Причин, що обумовлюють підкислення, багато. Найістотнішими з них є кислотні дощі, низький рівень удобрення ґрунтів органікою, необґрунтовано інтенсивне застосування засобів хімізації в землеробстві. Отже, вторинне підкислення ґрунтів має переважно антропогенне походження.

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 NH_4HNO_3 дає в результаті дві грам-молекули 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 NH_4OH 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 зростало 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 індустріальних 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 (табл. 12). За існуючими рекомендаціями, на кожен центнер фізіологічно кислих туків слід вносити від 0,4 до 3 ц $CaCO_3$.

12. 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.

Агрофізична деградація ґрунтів. 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 сільсько-господарських машин. Сучасні трактори, автомобілі та сільськогосподарські машини активно взаємодіють з ґрунтом, атмосферою і рослинами, в багатьох випадках це спричиняє порушення ходу природних процесів в агроландшафті.

Такі агротехнічні заходи, як лушення стерні, основний обробіток ґрунту, вирівнювання поверхні, культивація, боронування посів, 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. м², кукурудзи — 18-30, цукрового буряка — 30-32 тис. м². Трактори всіх марок ущільнюють ґрунт на глибину 50-60 см і глибше, а сліди колії колісного трактора Т-150К 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 коренепроникності 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/см³ після 4-7 проходів, тоді як верхня межа оптимальної щільності для більшості культур становить 1,3-1,4 г/см³. 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-150К 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/см³, 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/см³, навіть при забезпеченні оптимальної густоти рослин урожайність кукурудзі знижувалась на 5-12 %.

У інших дослідях після проходу колісних тракторів МТЗ-82, Т-150К, К-701 щільність орного шару збільшувалась на 0,15; 0,22 і 0,23 г/см³ підорного — на 0,06; 0,13 і 0,14 г/см³, що спричинило зниження врожайності картоплі на 18,2 та 31 % порівняно з ділянкою без ущільнення.

У колії тракторів постерігається роздавлення 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 185-10⁻⁶ 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/см³ 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 озимої пшениці 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.

Погіршення фітосанітарного стану ґрунтів. Фітосанітарний стан значної частини ґрунтів України несприятливий. Сільськогосподарським культурам завдають значної шкоди близько 8 тис. різних комах, кліщів, гризунів, бактерій, нематод, грибкові захворювання і близько 100 видів бур'янів. 400 видів бур'янів завдають певної шкоди сільськогосподарським культурам, багаторічним насадженням, сіножатям і пасовищам, 100-120 видів завдають найбільшої шкоди. Бур'янам властива висока плодючість, нерівномірне дозрівання, наявність періоду спокою. В орному шарі 30 см у середньому міститься від 100 млн. до 4 млрд. насінин бур'янів на 1 га.

На забур'янених ґрунтах знижуються запаси продуктивної вологи, активність мікроорганізмів ґрунту, різко знижується вміст елементів живлення. У разі середньої забур'яненості посівів бур'яни виносять не менше 50, сильної — 200 кг NPK, на формування 1 т зерна витрачається не більше 60-70 кг/га добрив. За умов значної забур'яненості гірчаком, осотом та пирієм бур'яни виносять з ґрунту 100-120 кг азоту, 50-80 кг фосфору і 160-180 кг калію, що перевищує їх винос урожаєм зерна озимої пшениці 30-35 ц/га.

У середньому бур'яни відчужують з поля понад 1/3 поживних речовин, що вносяться з мінеральними добривами. Кореневі виділення багатьох бур'янів токсичні для культурних рослин. Вони затримують проростання висіяного насіння, пригнічують ріст і розвиток вирощуваних культур.

Встановлено, що за наявності 10 рослин ромашки непахучої та волошки синьої на 1 м² посівів озимої пшениці, ярого ячменю і люпину чи 10 рослин курячого проса в посівах кукурудзи та гречки врожайність культур знижується на 10, 9, 17, 40 та 20 % відповідно при одночасному погіршенні якості продукції та збільшення енергетичних затрат.

Чинником, що сприяє розвитку шкідливих організмів за умов існуючої системи землеробства в Україні, є послаблення ролі природних ентомофагів в агроценозі внаслідок високого рівня розорювання земель, інтенсивного

обробітку ґрунту, застосування високих доз мінеральних добрив і пестицидів.

Таким чином, санітарне неблагополуччя на орних землях склалося внаслідок надмірного втручання людини в агроландшафт. Питання фітосанітарного стану ґрунтів заслуговують на пильну увагу та комплексне вирішення з максимальним використанням агротехнічних і біологічних методів захисту рослин як найбільш екологічно обґрунтованих.

Види антропогенного забруднення ґрунтів. Непродумані методи інтенсифікації сільського господарства ведуть до забруднення земель та порушення екологічної рівноваги в природі. Ґрунтовий покрив — найбеззахисніше з природних середовищ. Він відіграє роль не лише посередника між літосферою та атмосферою, а й своєрідної лімфатичної системи біосфери.

Найпоширенішими забруднювачами ґрунтів є промисловість (радіоактивні відходи, промислові стічні води і викиди в атмосферу), сільське господарство (мінеральні добрива, біоциди, отрутохімікати, пестициди, стічні води і тверді відходи тваринницьких комплексів), транспорт (залишки змащувальних масел та інших нафтопродуктів, втрати хімічних речовин під час транспортування). В процесі життєдіяльності людина теж забруднює довкілля димовими газами, побутовими стічними водами, екзогенними хімічними речовинами, що використовуються в побуті. Накопичуючись у великих кількостях, забруднювачі інтенсивно поглинаються рослинами, потрапляють по біологічних ланцюгах в організм людини, негативно впливаючи на її здоров'я. У сучасних умовах виробнича діяльність людини стала потужним геохімічним чинником, що обумовлює перерозподіл елементів на поверхні землі. Щорічно масштаби техногенного пресингу досягають таких значень: індустріальні та міські стічні води — до $5,5 \cdot 10^{12}$ м³; аерозолі і газові викиди — на рівні 10^9 т; сміття, відходи — $2 \cdot 10^{10}$ т; індустріальний пил — $2,5 \cdot 10^8$ т; органічні хімічні сполуки — $3 \cdot 10^8$ т; виробництво мінеральних добрив — $5 \cdot 10^8$ т; отрутохімікати — до $8 \cdot 10^6$ т; невідомі у природі синтетичні матеріали — понад $6 \cdot 10^7$ т. На територіях зосередження крупних промислових підприємств утворились обширні техногенні біогеохімічні провінції з аномально високим вмістом важких металів та мікроелементів.

З великого переліку хімічних речовин, що забруднюють сільськогосподарські угіддя, особливо небезпечними токсикантами є арсен, кадмій, ртуть, свинець, цинк, селен, фтор, нітрати та інші сполуки, а також елементи, що мають мутагенні, канцерогенні та ембріон-токсичні властивості. В ґрунті можуть накопичуватися радіоактивні речовини. Забруднювачами також є отрути, патогенні мікроорганізми, інвазії глистів, що потрапляють до ґрунту з господарсько-побутовими стоками. Локальне забруднення ґрунтів можливе при проведенні геологорозвідувальних робіт, коли забруднювачами є нафта, нафтопродукти, газові викиди.

Істотне джерело забруднення ґрунтів — хімічні засоби захисту рослин, меліоранти і мінеральні добрива, що містять важкі метали та інші токсичні речовини.

Забруднення нітратами. Основні джерела забруднення ґрунтів нітратами — мінеральні добрива, рідкі стоки з тваринницьких комплексів, природні опади. Нітрати постійно циркулюють в атмосфері, земних та водних екосистемах. Їх перетворення і міграція здійснюються біогенними та абіогенними шляхами через повітря, воду, ґрунт, мікроорганізми, рослини, тварини й людину.

Не сорбуючись ґрунтом, нітрати легко змиваються водами поверхневого стоку, мігрують в глибину профілю ґрунту до підґрунтових вод, спричинюючи забруднення останніх. Значна кількість нітратів потрапляє до водойм, що призводить до евтрофікації і, відповідно, до зниження вмісту кисню, відмирання фауни, погіршення питних та технічних якостей води.

Підвищений вміст нітратів у ґрунті спричинює інтенсивне накопичення їх в рослинах, що відіграють роль бар'єра в міграції нітратів у навколишнє середовище, служать джерелом нітратів для організму людини. Під впливом окремих видів кишкових бактерій нітрати перетворюються на нітрити та їх похідні — нітрозаміни, токсична дія яких проявляється в зниженні активності ферментів травлення їжі. Сполучаючись із гемоглобіном крові, нітрозаміни спричинюють хворобу — метаболічну анемію, що супроводжується блокуванням процесів споживання кисню (задухою) та призводить до летального кінця.

Зростаючий обсяг виробництва в світі мінеральних добрив (тільки азоту вже виробляють понад 70 млн. т щороку) обумовлює серйозні зміни в структурі природного кругообігу біофільних елементів у біогеоценозах. Так, в Угорщині щорічно вносять в ґрунт в середньому 262 кг/га азоту, Англії — 319, Німеччині — 125 кг/га. У цих країнах вже багато років зростає вміст нітратів у ґрунті, підґрунтових водах, поверхневих стоках та продукції сільського господарства. Підраховано, що із загальної кількості азоту мінеральних добрив, що вноситься в ґрунт щороку, 20% потрапляє до водойм, 24 % становлять газоподібні втрати. Отже, продуктивно використовується лише 56 % азоту.

В Україні використання мінеральних азотних добрив зросло з 3,6 кг/га у 1960 р. до 70 кг/га у 1990 р. У 1995 р. цей показник знизився орієнтовно до 17-20 кг/га. В окремих господарствах і регіонах застосування азотних добрив було ще інтенсивнішим, ніж в 1990 р., коли внесення добрив було максимальним. Прямою залежністю від кількості внесених добрив характеризується і забруднення ґрунтів та рослинницької продукції нітратами. Високий його рівень пов'язаний також з незбалансованістю між основними елементами живлення і високим співвідношенням між органічними і мінеральними добривами. Збільшення цього співвідношення до величини понад 1:15 тонн органічних добрив на кілограм діючої речовини мінеральних добрив призводить до затухання ґрунтоутворюючого процесу, уповільнення гуміфікації і після співвідношення 1:20 т/кг — навіть до дегуміфікації ґрунтів.

Використання високих доз азотних добрив призводить не тільки до втрати гумусного фонду, а й до інших негативних наслідків: змінюються чисельність, видовий та груповий склад мікроорганізмів, зазнає розвитку патогенна мікрофлора. Надлишок нітратів обумовлює зміну окиснювально-відновного потенціалу та газового режиму ґрунтів. На ґрунтах із занадто високим вмістом

нітратів коренева система бобових рослин не формує активних бульбочок. При цьому культура вражається фітопатогенними грибами, істотно погіршується якість врожаю.

Рівень накопичення нітратів у рослинах залежить від генезису ґрунту, вмісту в ньому органічної речовини та мінерального азоту, кліматичних чинників, умов мінерального живлення рослин, фітосанітарного стану посівів, технологій вирощування тощо.

Забруднення пестицидами. Світовий асортимент пестицидів, що випускалися в промисловому масштабі, за станом на 1989 р., нараховував близько 700 найменувань хімічних сполук, на базі яких виготовлялося понад 12 000 препаратів. Забруднення ґрунтів пестицидами в світі з року в рік зростає.

В цілому по Україні у 1986-1987 рр., коли постачання агрохімікатів було максимальним, пестицидне навантаження становило 5,5 кг/га. До 1991 р. цей показник зменшився до 2,8, в 1995 р. — до 1,1 кг/га. Одночасно відбуваються якісні зміни пестицидів, що постачаються господарствам. У 1987-1990 рр. зменшилася частка хлорорганічних сполук, зросло використання фосфорорганічних сполук і гербіцидів. Зменшення використання пестицидів пов'язане з економічною кризою та відсутністю достатніх коштів у господарствах. Однак це не означає, що вони відмовились від застосування пестицидів і що воно не буде зростати в майбутньому. Надмірне застосування пестицидів завдає шкоди довкіллю, включаючи тварин та людину. Не шкідливих для людини пестицидів не існує. Багато з них завдають вираженої канцерогенної та мутагенної дії. Потрапляючи з продуктами харчування до організму людини, пестицидні препарати можуть спричинити низку захворювань: алергію, дерматит; бронхіальну астму. Деякі фосфор- та хлорорганічні пестициди характеризуються ендокринною, гонадотоксичною, катарактогенною та канцерогенною дією.

Деякі пестициди здатні до міграції в природному середовищі: з ґрунту вони потрапляють у води поверхневого та підґрунтового стоку, донні відклади водойм, атмосферу, а через продукти рослинного і тваринного походження — в організм людини.

У районах з інтенсивним застосуванням пестицидів відбувається зміна чисельності та видового складу комах, птахів, ссавців, особливо мешканців ґрунту. Вже зараз відомо понад 800 видів комах, нечутливих до інсектицидів. Швидко зростає стійкість бур'янів до гербіцидів, грибкових захворювань, що поширюються, — до фунгіцидів.

За наявними даними, лише 1-3% фунгіцидів та інсектицидів досягають мети, лише 5-40 % гербіцидів знищують бур'яни. Залишки пестицидів потрапляють у ґрунт, водойми, атмосферу.

Хімічна промисловість продовжує виготовляти морально застарілі та малоефективні пестициди, що характеризуються тривалою токсичною дією. Іноземні компанії завозять і реалізують в Україні значну кількість пестицидів, не завжди найкращої якості. До того ж методи визначення залишкової кількості цих засобів захисту рослин в ґрунтах, рослинах і продукції відстають від впровадження нових методів їх хімічного синтезу.

Нез'ясованими залишаються і віддалені наслідки застосування препаратів нових поколінь для ґрунтів, біоценозів, живих організмів.

Залишкові їх кількості потрапляють як до рослинницької продукції, так і до питної води. Пестициди здатні накопичуватися в живих тканинах. Інтенсивне застосування гербіцидів у агроценозах Литви призвело до скорочення видового складу тварин ґрунту з 150 до 5 домінуючих видів, стійких до отрутохімікатів.

Застосування далапону зменшує чисельність дощових черв'яків у 5-8 разів, а у деяких випадках спричинює зникнення окремих видів. Гербіциди атразин, симазин, монурон діють як інгібітори фотосинтезу, пригнічують ріст водоростей в агроєкосистемах. Всі пестициди уповільнюють розчинення фосфатів у ґрунті. Використання гербіцидів під попередні культури та накопичення їх у ґрунтах супроводжуються ще одним негативним явищем — пригніченням, а нерідко і загибеллю чутливих культур, що вирощуються наступними в сівозміні. Це найчастіше проявляється у разі внесення гербіцидів під кукурудзу (атразину, симазину, ТХАН, 2,4 Д, ленацилу).

Відомо, що пестициди піддаються біодеградації, якщо хімічні препарати не пригнічують активності ґрунтової біоти і не порушують її функцій.

Мікроорганізми ґрунту розкладають від 10 до 70% пестицидів, але вони спричинюють і накопичення в природі деяких продуктів розкладу, що є більш токсичними, ніж вихідний препарат.

Таким чином, пестициди забруднюють ґрунт не властивими йому сполуками, пригнічують його біологічну активність, породжують небезпеку порушення складу популяцій біоценозів і пригнічення корисної фауни ґрунту, виникнення популяцій шкідників, стійких до пестицидів; спричинюють небезпеку масової появи мутацій, що порушують генетичну чистоту високопродуктивних сортів, погіршують якість сільськогосподарської продукції, породжуючи небезпеку інтоксикації тварин і людини.

Забруднення стічними водами. Безперервний ріст кількості міст, населених пунктів, промислових підприємств і створення великих тваринницьких комплексів супроводжуються збільшенням обсягу побутових, промислових і сільськогосподарських стічних вод, стік яких призводить до значного забруднення довкілля. Речовини, що містяться в стічних водах, потрапляючи у водойми, істотно змінюють хімічний склад природних вод, як правило, погіршуючи якість.

Сильно мінералізовані води, що містять токсичні речовини і патогенну мікрофлору, потрапляють на зрошувальні поля. Тут забруднювачі поглинаються ґрунтом і рослинами, мігрують у підґрунтові води, частково повертаються у водойми з поверхневим стоком. Таким чином, стічні води спричинюють забруднення вод, ґрунту та рослин.

Найнебезпечнішими для ґрунтового покриву є стічні води хімічної промисловості, що містять цинк, хром, ртутні сполуки, свинець, фтор, формальдегіди, метанол, бутан, меланін та інші речовини. Мінералізація цих вод досягає 10-18 г/л.

Стоки коксохімічних заводів містять феноли, роданіди, різні масла. Для шахтних і кар'єрних вод характерний високий вміст суспендованих речовин та мікроелементів. Стоки підприємств харчової промисловості містять біогенні речовини. Міські стоки, а також стічні води тваринницьких комплексів і птахофабрик нерідко забруднені яйцями гельмінтів, кишковою паличкою та іншими збудниками інфекційних захворювань.

Застосування радіонуклідів у промисловості, теплоенергетиці та інших галузях народного господарства створює небезпеку радіоактивного забруднення. Основними джерелами радіоактивних відходів у водних об'єктах та ґрунтах є підприємства, що видобувають радіоактивну сировину, збагачувальні фабрики радіоактивних руд, атомні електростанції та інші підприємства, що використовують у своїй роботі радіонукліди.

Внаслідок стікання вод і змиву мінеральних добрив вміст солей у ріках Дністер та Південний Буг зріс удвічі, в Дніпрі — в 1,5 рази. У басейні Дунаю зареєстровано забруднення води амонійним азотом, нафтопродуктами, солями міді та цинку, у басейні Дністра — амонійним, нітратним і нітритним азотом, нафтопродуктами, фенолами.

Особливу тривогу викликає радіоактивне забруднення природних вод, що є наслідком аварії на Чорнобильській АЕС. Насамперед це ріки Дніпро, Прип'ять, їхні численні притоки, озера, ставки.

В Україні зони надзвичайно високої небезпеки та екологічних бід займають майже 15 % всієї території. До зони екологічного лиха віднесено 30-кілометрову зону відчуження навколо Чорнобильської АЕС, південь Херсонської обл. і північ Республіки Крим (близько 5 тис. км²), до зони надзвичайної небезпеки — Донецьку та південь Луганської обл. (близько 16 тис. км²), схід Республіки Крим (близько 83 тис. км²). Значні екологічні проблеми, пов'язані із забрудненням стічними водами, характерні для територій, які прилягають до Азовського моря.

Забруднення важкими металами. Проблема забруднення довкілля важкими металами весь час загострювалась і нині набула загрозливих розмірів. У багатьох індустріальних районах світу з'явилися техногенні біогеохімічні зони з аномально високим вмістом у ґрунті важких металів.

За ступенем можливого негативного впливу важких металів-забруднювачів на ґрунт, рослини, тварини та людину виділяють три класи небезпеки: високо-небезпечні, небезпечні та мало-небезпечні речовини. До першого класу належать арсен, кадмій, ртуть, селен, свинець, кобальт, цинк, фтор; до другого — бор, кобальт, нікель, молібден, сурма, хром; до третього — барій, ванадій, манган, стронцій.

Основними джерелами надходження важких металів на земну поверхню є пило-газові викиди гірничорудної, металургійної та хімічної промисловості. Забруднення ґрунтового покриву дуже тісно пов'язане з роботою електростанцій, автомобільного та залізничного транспорту. Підвищений вміст важких металів у ґрунті може бути наслідком застосування в сільськогосподарському виробництві меліорантів, добрив та пестицидів, а також використання для зрошення забруднених побутових і промислових стічних вод.

Рівень забруднення ґрунту та закономірності просторового поширення важких металів залежать від потужності підприємств-забруднювачів, тривалості їх діяльності, якості сировини, технології виробництва, ефективності роботи очисних споруд. У більшості випадків забруднення ґрунтового та рослинного покриву носять локальний характер. Вони проявляються у радіусі десятків кілометрів від джерела забруднення.

Найістотніші наслідки спостерігаються на територіях, що прилягають до підприємств. Наприклад, на металургійних заводах підвищений вміст важких металів виявляється на відстані до 15-20 км. Зона впливу комбінатів по виробництву азотних добрив простягається до 40 км. Поблизу таких підприємств формується техногенна пустеля в радіусі від 200-300 м до 1,5-2 км залежно від потужності підприємства, рельєфу та клімату місцевості.

У промислових районах, де застосовується зрошення посівів водами з підвищеним вмістом важких металів, значне забруднення може спостерігатися на відстані 20-30 км від джерела забруднення. Це результат вторинного забруднення ґрунтів важкими металами при зрошенні.

На великих промислових комплексах зони забруднення окремих підприємств можуть перекриватися, а токсичні викиди переноситись у віддалені райони, розширюючи територію забруднення. Внаслідок аерозольного розсіювання вплив речовин, що забруднюють довкілля, може проявитися на площі до 1000 км².

У складі промислових викидів нараховують до 10-20 хімічних елементів. Але в найбільших кількостях трапляються і найбільшої шкоди завдають 4-6 елементів. Біля металургійних заводів утворюються характерні зони інтенсивного забруднення ґрунтів свинцем, цинком, кадмієм, ртуттю, міддю. Біля свинцево-плавильних підприємств крім свинцю та цинку головними забруднювачами є кадмій, мідь, ртуть, арсен, селен і т. п. Високий вміст міді та нікелю фіксується в ґрунтах навколо комбінатів кольорової металургії. Забруднення хромом характерно для довкілля цементних заводів і нафтопереробних підприємств.

У зонах забруднення вміст важких металів може сягати тисяч міліграмів на 1 кг ґрунту. Це перевищує нормальний фоновий вміст у сотні—тисячі разів. Такі території не можна використовувати в сільсько-господарських цілях.

Локальне забруднення сільськогосподарських угідь важкими металами можуть спричинити транспортні засоби. Вздовж автодоріг з високою інтенсивністю руху (10-20 тис. машин за добу) забруднення зазнає придорожня смуга на відстані до 200 м із переважанням свинцю, що міститься в антидетонаційних присадках до бензину. З продуктами дизельного палива, мастильними матеріалами та відходами автопокришок у довкілля потрапляють кадмій та цинк.

Розподіл важких металів вздовж шляхів залежить від інтенсивності та швидкості руху автотранспорту, напрямку вітру тощо. Максимальне забруднення ґрунтів спостерігається на відстані 7—10 м від дороги, а в зоні 30—80 м відмічаються зниження врожайності і різке погіршення якості

сільськогосподарської продукції. До забруднювачів ґрунтів належать також мінеральні добрива і хімічні меліоранти, істотним недоліком яких є наявність в них баластних речовин, у тому числі токсичних елементів і сполук. Так, кількість важких металів у фосфорних добривах, що випускалися в СРСР, коливається в широких межах і в середньому становить, г/т: міді — 127; цинку — 164; кадмію — 3,0; свинцю — 34; нікелю — 92; хрому — 121.

Азотні та калійні добрива забруднені важкими металами меншою мірою.

Особливу екологічну небезпеку становить ненормоване застосування хімічних меліорантів і відходів промисловості. Наприклад, при внесенні фосфогіпсу в нормах 5—20 т/га у ґрунт надходить 100—400 кг стронцію. Використання на добриво піритних огарків забруднює ґрунт свинцем. При фосфоритуванні у ґрунт потрапляють фтор і стронцій, при внесенні сечовини — арсен. Фосфорити містять ртуть від 10 до 1000 мг/кг, калієві сольові відклади — до 10, вапняки — 0,03—0,7 мг/кг.

Небезпечним для ґрунту є систематичне використання як добрива осадових стічних вод, забруднених важкими металами. Шкіряні, годинникові та інструментальні заводи істотно забруднюють осади хромом, електронна промисловість — кадмієм, великі міста з розвинутим автотранспортом — свинцем.

Високий вміст металів в осадах у багатьох випадках обумовлює їх непридатність навіть до захоронення. У таких місцях існує загроза істотного забруднення взаємодіючих природних об'єктів: ґрунту, поверхневих та підґрунтових вод.

Потрапляючи до екосистем, важкі метали постійно рухаються, переходячи з однієї форми в інші. Виділяють такі системи транслокації (переходу) важких металів: повітря — ґрунт, ґрунт — вода; ґрунт — рослина; ґрунт — рослина — тварина; ґрунт — тварина — рослина — людина; ґрунт — рослина — людина і т. д.

Постійне надходження важких металів у ґрунт призводить до формування зон підвищеної екологічної токсичності. В межах цих зон змінюються характер міграції елементів і деякі геохімічні параметри ґрунту. Взаємодія металів з ґрунтом відбувається за типом реакцій сорбції, осадження — розчинення, комплексоутворення, солетворення тощо. Швидкість і спрямованість процесів трансформації залежать від реакції середовища, гранулометричного складу ґрунту, вмісту гумусу та інших чинників.

Рухомість важких металів тісно пов'язана зі складом рідкої фази ґрунту: низька розчинність оксидів та гідроксидів важких металів і внаслідок цього їх низька міграційна здатність характерні для ґрунтів з нейтральною та лужною реакцією. Рухомість важких металів зростає в ґрунтах з дуже кислою реакцією ґрунтового розчину. У загальному випадку для ґрунтів з кислою реакцією з урахуванням розчинності сполук різних важких металів останні за спаданням токсичності можна розмістити у такий ряд: $\text{Cd} \rightarrow \text{Ni} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{Mn} \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Pb} \rightarrow \text{Hg}$. Токсичність елементів для рослин безпосередньо пов'язана з їх рухомістю у ґрунтах. Ґрунт служить потужним геохімічним бар'єром для потоку важких металів. Чорноземи здатні в одному лише орному шарі глибиною 20 см міцно

утримувати 40—60 т/га свинцю, а підзолисті ґрунти — до 2—6 т/га. Однак у самому ґрунті виникає гостра токсикологічна ситуація.

Виділяють такі основні етапи у реакції ґрунтів на техногенний вплив та їх еволюцію від природного до техногенного порушеного стану:

- 1) накопичення хімічних забруднювачів до критичного рівня;
- 2) значна зміна фізичних і хімічних властивостей ґрунтів — несприятливі зміни рН, ємності катіонного обміну, втрата структури;
- 3) несприятливий вплив ґрунтових умов на рослинний покрив;
- 4) розвиток процесів ерозії та дефляції;
- 5) повне руйнування горизонтів ґрунту, деградація ґрунтів;
- 6) утворення техногенної пустелі.

Важкі метали забруднюють не лише ґрунти. До 30—40 % важких металів та їх похідних потрапляє із ґрунту у підґрунтові води. Накопичення у верхніх горизонтах ґрунтів надлишку важких металів збіднює видовий склад рослин, знижує темпи їх росту та розвитку, різко зменшує схожість насіння культурних та дикорослих видів. Під дією забруднення гинуть трав'янистий покрив і лісові насадження, знижується врожайність сільськогосподарських культур і погіршується якість продукції.

Забруднення ґрунтів радіонуклідами. Нині масштаби та інтенсивність забруднення ґрунтів радіонуклідами різко зросли. У другій половині ХХ ст. радіоактивні випадання антропогенного походження були пов'язані з бомбардуванням атомними бомбами міст Хіросіма і Нагасакі, а також випробуваннями США, колишнім СРСР, Великою Британією та іншими країнами ядерної зброї. Разом з тим з'явилося багато джерел, де атомна енергія використовується у мирних цілях. Бурхливий розвиток атомної енергетики вимагав великої кількості ядерного палива, що призвело до екологічних порушень.

Ядерно-енергетичний цикл охоплює видобування уранової руди, вилучення з неї урану, збагачення уранового палива, використання його в реакторах, транспортування, очищення та захоронення відходів. Практично в усіх ланках циклу можливе витікання радіонуклідів та забруднення ними довкілля.

За оцінками спеціалістів, на АЕС лише трохи більше 2 % ядерного палива використовується ефективно. Близько 98 % його йде у відходи, що становлять радіоактивні продукти (плутоній, стронцій, цезій тощо), які неможливо схоронити, а тільки можна вічно зберігати у спеціальних могильниках. Технічно складним є питання про демонтаж АЕС, який слід обов'язково проводити через 30—50 років після введення станції у дію.

Особливо небезпечні забруднення радіонуклідами з катастрофічними екологічними наслідками виникають через ядерні вибухи та аварії на об'єктах атомної промисловості і енергетики. Аварія, що трапилася на 4-му енергоблоці Чорнобильської АЕС 26 квітня 1986 р. сколихнула світ. І сьогодні шкоду, яку вона нанесла природі і людству, ще до кінця не оцінено, хоча абсолютно ясно, що наслідки від цієї аварії трагічні.

За 15 діб аварії (з 26 квітня по 10 травня 1986 р.) радіоактивні випадання зареєстровано у Швеції, Фінляндії, Великій Британії, Польщі, Угорщині,

Румунії, Туреччині, Канаді та інших країнах світу, але найбільше забруднення ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{240}Pu , ^{239}Pu було виявлено на територіях України, Білорусі та окремих областей Росії. За оцінками експертів, лише в Україні забруднено 3,7 млн. га землі. Води Дніпра, Прип'яті, Південного Буга, Дністра і багатьох малих річок несуть у собі радіонукліди ^{106}Ru , ^{90}I , ^{137}Cs , ^{239}Pu тощо.

Спочатку, потрапивши в атмосферу, радіонукліди випали на ґрунт, рослини, води. У ряді районів тварини і люди зазнали радіоактивного опромінювання. Висока міграційна здатність у харчовому ланцюзі ґрунт → рослина → тварини → продукти тваринництва обумовила їх надходження до організму людини. До зовнішнього опромінювання додалось внутрішнє.

На зовнішнє опромінювання припадає основна частина дози опромінення людини і тварин за короткий період, через те воно обумовлене насамперед випромінюванням радіонуклідів з коротким періодом напіврозпаду (^{132}Te , ^{132}I , ^{131}I та ін.). Наявність довготривалих радіонуклідів (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{239}Pu , ^{240}Pu та ін.) у харчовому ланцюзі спричинює внутрішнє опромінювання людини і тварин протягом багатьох десятиріч після забруднення.

Особливість радіоактивного забруднення ґрунтового покриву полягає в тому, що маса радіоактивних домішок дуже мала і вони не приводять до кількісних змін основних властивостей ґрунту. Вміст гумусу, елементів живлення, ємність катіонного обміну, рН, Eh та інші показники не змінюються. Істотне значення мають розподіл радіонуклідів по профілю ґрунту, їх концентрування у ґрунтовому розчині, ступінь рухомості та доступність рослинам.

Ґрунти важкого гранулометричного складу з високим вмістом гумусу здатні вбирати велику кількість радіонуклідів, протидіяти їх надходженню до рослини. Однак рівень радіоактивного забруднення в цих ґрунтах може з часом зростати.

У легких ґрунтах з низьким вмістом органічної речовини (дерново-підзолисті, сірі опідзолені) в умовах промивного водного режиму спостерігається значна міграція радіонуклідів по профілю, існує небезпека забруднення підґрунтових вод.

За умов жорсткого вітрового режиму, при зниженій вологості ґрунту та відсутності рослинності існує небезпека переносу радіонуклідів потоками вітру. Вони також можуть змиватися зі схилів і з водами поверхневого стоку потрапляти у водойми.

Забруднення рослин триває досить довгий період часу, оскільки ґрунт досить міцно утримує радіонукліди. Тому забруднений ґрунт слід вважати основним джерелом радіонуклідів, що потрапляють у кормові харчові ланцюги.

Велику небезпеку являють собою стронцій-90 та цезій-137, що можуть накопичуватись і тривалий час зберігатися у ґрунтах. Маючи подібні хімічні властивості до кальцію і калію, стронцій-90 та цезій-137 інтенсивно поглинаються рослинами. Потім з продуктами рослинного чи тваринного походження вони потрапляють до людського організму, де стронцій накопичується в кісткових, цезій — у м'язових тканинах. Маючи період напіврозпаду відповідно 28,6 та 30,2 року, ці радіонукліди тривалий час

зберігаються в зараженому організмі і нерідко накопичуються в кількостях, що спричиняють шкоду здоров'ю людини.

У людей, які проживають на забруднених територіях, спостерігається цілковита жіноча та часткова чоловіча стерильність, збільшується кількість хворих на лейкоз і рак, підвищується смертність.

Боротьба із забрудненнями ґрунтів вирішується в Україні двома шляхами. Перший з них — попереджувальні (профілактичні) заходи, які не допускають надходження токсикантів у ґрунт, другий — очищення ґрунту від тих токсичних речовин, що вже потрапили до нього. Реальні можливості вирішення проблеми охорони ґрунтів полягають у комплексному підході до охорони навколишнього середовища у цілому.

Охорона ґрунтів від забруднення агрохімікатами. Інтенсифікація землеробства збільшує можливості забруднення ґрунтів залишками добрив, отрутохімікатів, гербіцидів та іншими токсикантами. Наявність токсичних речовин у ґрунті супроводжується їх накопиченням у продовольчих культурах, кормах, поверхневих і підґрунтових водах. Тому потрібен чіткий контроль за правильним використанням добрив, пестицидів, хімічних меліорантів.

Застосування мінеральних добрив регламентується агротехнічними і гігієнічними нормативами: нормою добрив на одиницю площі і співвідношенням поживних елементів для окремих культур, строками і способами внесення, максимально припустимим рівнем нітратів і нітритів у продукції рослинництва.

Нині розроблено чимало заходів землеробства, при яких не виникає надлишку нітратів у ґрунті. Як показує практика, серед зовнішніх чинників накопичення нітратів у продукції рослинництва головну роль відіграє рівень азотного живлення рослин. Надмірно високі дози азотних добрив здатні збільшити вміст нітратів у рослинах у 1,5—8 разів порівняно з варіантами нормального удобрення. Тому азотні добрива слід вносити за оптимальними нормами, які слід коректувати відповідно із запасами мінеральних форм азоту в ґрунті.

ІГА УААН розроблено рекомендації щодо еколого-токсикологічного регламентування використання добрив, згідно з якими передбачається вносити не більше 140 кг/га азоту під озиму пшеницю (160 кг при зрошенні), 100 — під озиме жито і ярий ячмінь, 120 — кукурудзу (180 при зрошенні), 65 — гречку, 75 — просо, 170 — рис, 160 — цукровий буряк, 120 — картоплю, 90 — томати (120 при зрошенні), 60 — огірки і столові буряки, 60 кг/га азоту — під моркву.

Слід дотримуватись принципу збалансованого живлення між макро- і мікроелементами. В умовах підвищеної небезпеки накопичення нітратів у продукції рослинництва слід збільшити дози фосфору та калію і вносити мікроелементи — молібден, мідь і манган, які активізують ферменти, що беруть участь у відновленні нітратів до аміаку.

Слід ширше застосовувати внесення азотних добрив частинами, у строгій відповідності до потреб сільськогосподарських культур по основних етапах органогенезу, використовуючи дані ґрунтово-рослинної діагностики.

Велике значення мають способи внесення добрив. Зокрема, локалізація їх у ґрунті сприяє зниженню втрат газоподібних сполук азоту в 1,5—2 рази, що

посилюється гальмуванням нітрифікації внаслідок дії високої концентрації солей у стрічці добрив на життєдіяльність нітрифікуючих мікроорганізмів.

Забороняється застосування азотних мінеральних добрив на дуже кислих ґрунтах ($\text{pH}_{\text{КС}} < 4,0$), на території першого поясу зони санітарної охорони джерел централізованого водопостачання, по мерзлому або покритому снігом ґрунту, а також на ґрунтах з підвищеним вмістом мінерального азоту.

Дуже важливим є поєднання внесення органічних і мінеральних добрив. Використання 20-30 т/га гною забезпечує рослини азотом, не спричиняє появи надлишків нітратів у ґрунті та рослинах. Внесення у ґрунт соломи також запобігає надмірному накопиченню нітратів. Через те що співвідношення С:К у соломі становить 60-80, у ґрунті відбувається посилене зв'язування рухомих сполук азоту у мікробній плазмі, що призводить до зменшення концентрації і втрат нітратів.

Враховуючи активне вбирання нітратів рослинами, слід якомога менше часу залишати ґрунт без посівів, ширше застосовувати зайняті пари, проміжні культури, посіви багаторічних трав. Люцерна, наприклад, маючи глибоку кореневу систему, здатна поглинати нітрати з глибини 2—4 м, запобігаючи проникненню їх з підґрунтових вод і поліпшуючи азотний режим ґрунту.

Важливим заходом стабілізації азотного режиму ґрунту є мінімалізація його обробітку. Безполицевий обробіток стримує процеси мінералізації органічної речовини і сприяє накопиченню стійких до розкладу органічних сполук.

Підвищений вміст нітратів спостерігається не лише у ґрунтах, але і в рослинах (табл. 13).

13. Показники нітратів у товарній частині рослин, мг/кг сирої маси

Рослини	Реальний вміст	МДР*
Кавуни	40-600	60
Баклажани	80-270	200
Дині	40-500	90
Капуста білокачанна	260-3000	500
Капуста салатна	1000-2700	2000
Кабачки	400-700	400
Картопля	40-980	250
Цибуля зелена	40-1400	600
Цибуля ріпчаста	500-900	80
Морква	160-2200	250
Огірки	80-560	150
Перець солодкий	40-330	200
Петрушка (зелень)	1700-2500	2000
Салат	400-2960	2000
Буряк столовий	200-4500	1400
Сельдерей	120-1500	2000
Томати	10-180	150
Часник	40-300	60
Шпинат	600-4000	2000
Щавель	240-4000	2000

*Максимально допустимий рівень.

За даними дослідників, серед представників вищих рослин виділяють групи родин, здатних акумулювати значну кількість нітратів. До них належать родина амарантових, маревих, зонтичних, складноцвітих, хрестоцвітих, пасльонових. Серед родин овочевих культур найбільш здатні до накопичення нітратів капустяні, гарбузові, сельдерейні, пасльонові, а серед окремих культур — редька біла, буряк столовий, салат, шпинат, редиска.

Допустима (безпечна) добова доза надходження нітратів до організму людини — 5 мг на 1 кг маси тіла. Дорослій людині масою 60—80 кг 325 мг нітратів, спожитих за добу, не повинні зашкодити здоров'ю. Згідно з Держстандартом на питну воду, кожен літр її може містити до 45 мг нітратів.

При визначенні гранично допустимих концентрацій (ГДК) нітратів у сільськогосподарській продукції враховують їх реальний вміст у рослинах, але основна вимога полягає у гарантуванні безпеки при споживанні середнього раціону. Саме з урахуванням цих умов розроблено ГДК нітратів і нітритів та введено Держстандарти а продукти харчування і корми.

Фосфорні і калійні добрива являють собою меншу небезпеку як забруднювачі навколишнього середовища. Внаслідок низької рухомості вони слабо мігрують по профілю ґрунту і не потрапляють до підґрунтових вод. Однак при інтенсивних ерозійних процесах сполуки фосфору та калію втрачаються із ґрунту з твердим стоком. Через це існує небезпека забруднення водойм. Підвищена концентрація фосфору спричинює евтрофікацію води, загибель мешканців водойм. Всі протиерозійні заходи слід розглядати як способи запобігання забруднення навколишнього середовища фосфором і калієм.

Значно більшу небезпеку для рослин і навколишнього середовища являють собою баластні речовини, що містяться у фосфорних і калійних добривах. Зниження вмісту цих компонентів — технологічна проблема, що вирішується при їх виробництві. Сьогодні вже розроблено технологію отримання обезфторених фосфатів. Проблеми зменшення вмісту в добривах інших токсичних домішок (кадмію, цинку, свинцю, ртуті, алюмінію та ін.) теж вимагають нагального вирішення.

Заслужують на увагу шляхи удосконалення форм і розширення асортименту мінеральних добрив, насамперед виробництва безбаластних високоефективних концентрованих простих і складних добрив, таких, як поліфосфат калію, амонію, кальцію та ін., з вмістом поживних речовин 70-98 %.

Забруднення навколишнього середовища зумовлено не лише кількістю внесених добрив, а й низькою культурою хімізації землеробства, використанням недосконалих або екологічно дуже несприятливих технологій.

Нерівномірність розподілу добрив при їх внесенні у виробничих умовах удвічі — утричі перевищує допустимі межі. Саме з цієї причини ефективність азотних добрив знижується на 40-50%, фосфорних — на 35-40, калійних і складних — на 15-20%, різко загострюється екологічна обстановка, через те що у ґрунті створюються осередки з надмірно високим вмістом елементів живлення.

Внаслідок нерівномірного внесення мінеральних добрив створюється неоднорідний стеблостій у межах полів, що призводить до втрат врожаю. Слід прискорити розробку і впровадження у виробництво високопродуктивних

машин нового типу, які забезпечили б рівномірне поверхнєве і внутрішньогрунтове локальне внесення добрив, що підвищило б коефіцієнт використання елементів живлення і покращило екологічну ситуацію на полях.

З обережністю слід ставитись до *хімічних меліорантів*, що являють собою побічні продукти промислових підприємств. Відходи металургійних і цементних заводів, а також багатьох підприємств шкіряної та хімічної промисловості, що застосовуються для вапнування ґрунтів, містять велику кількість баластних речовин, низка з яких є токсичними. У середньому 3 т меліорантів промислового походження містять не більше 2 т карбонату кальцію.

Фосфогіпс як відхід хімічної промисловості містить велику кількість фтору і низку інших токсичних елементів, тому його застосування для меліорації солонців мусить бути строго контрольованим.

Використовувати відходи промислових підприємств для хімічної меліорації можна лише після їх всебічного аналізу, звернувши увагу на вміст у них важких металів, радіонуклідів. При обґрунтуванні можливості застосування цих відходів потрібно також проводити польові випробування з аналізом якості продукції.

Якщо для захисту рослин від хвороб, шкідників і бур'янів застосовуються *пестициди*, то їх форми і норми повинні строго лімітуватись і регламентуватись. Разом з цим слід враховувати фітосанітарний стан поля, прогноз чисельності шкідників, екологічні пороги їх шкідливої дії, поширеність хвороб і бур'янів, агрометеорологічні умови.

Пестициди повинні мати високу специфічність дії, характеризуватись відсутністю або обмеженістю канцерогенної та іншої токсикологічної активності. Перевагу слід надавати препаратам з високою вибірковою токсичністю для шкідників, що використовуються у невеликих дозах і швидко розкладаються, а також формам з контрольованим виходом діючої речовини (гранульованим, мікрогранульованим, полімерної системи) та ін. При внесенні пестицидів слід забезпечувати їх мінімальне надходження на поверхню і за межі оброблюваного шару ґрунту. Замість суцільного потрібно застосовувати стрічковий і крайовий обробіток пестицидами, що дозволить зменшити витрати препаратів.

Враховуючи високу небезпеку пестицидів для навколишнього середовища, їх здатність тривалий час зберігати токсичність у ґрунті, нормування їх застосування повинне заслуговувати особливої уваги.

При застосуванні гербіцидів необхідно контролювати такі гігієнічні нормативи:

- ГДК_{рз} — гранично допустима концентрація пестициду в повітрі робочої зони;
- термін відновлення робіт на полях і в садах, оброблених пестицидами, термін виходу на робочі ділянки;
- МДР — максимально допустимий рівень залишкового вмісту пестициду в продуктах харчування;
- ГДК_{вв} — гранично допустима концентрація пестициду у воді водойм господарсько-питного призначення;
- ГДК_г — гранично допустима кількість пестициду у ґрунті;

- термін від останнього обробітку ґрунту пестицидами до часу початку збирання врожаю — термін очікування.

Останнім часом для оцінки небезпеки пестицидів для людей використовується такий критерій, як допустима добова доза (ДДД), яка характеризує біологічну активність речовини з урахуванням її токсичних властивостей і можливості спричинити сторонні ефекти і віддалену післядію.

ДДД — максимально допустима доза діючої речовини (мг/кг маси тіла), щодобове надходження якої до організму людини протягом усього життя не спричинює захворювань чи відхилень від стану здоров'я і не чинить негативної дії на наступні покоління. Показники ГДК токсичних речовин у ґрунті істотно відрізняються від ГДК у водах, атмосферному повітрі і продуктах харчування.

При плануванні і проведенні заходів хімічного захисту рослин потрібен комплексний підхід, що ґрунтується на об'єктивних критеріях оцінки небезпеки забруднення навколишнього середовища і сільськогосподарської продукції і враховує токсичність пестицидів для людини. Перевагу слід надавати агрохімічним, біологічним і селекційно-генетичним методам боротьби.

Впровадження в науково обґрунтованих сівозмінах стійких до хвороб сортів, оптимізація строків посіву та норм висіву, своєчасний обробіток ґрунту і якісне проведення агротехнічних заходів догляду за рослинами дозволяють значно скоротити застосування гербіцидів, а в низці випадків — цілком відмовитися від їх застосування.

Боротьба з забрудненням ґрунтів промисловими відходами. Бурхливий розвиток промисловості і накопичення продуктів техногенезу в ґрунті обумовлює необхідність розробки і впровадження інтенсивних методів захисту ґрунтового покриву. *Стратегічним напрямом в охороні природи є впровадження безвідходних технологій, замкнутих циклів виробничого водопостачання, ефективних пило-газоочисних споруд, що дозволило б зменшити навантаження на ґрунт в 100—250 разів.*

При вирішенні проблеми використання вже забруднених ґрунтів слід виявити джерела забруднення, вивчити їх склад та закономірності територіального поширення, з'ясувати особливості їх накопичення і трансформації у ґрунтах і рослинах, визначити ступені забруднення та ГДК, намітити шляхи екологічно безпечного ведення сільськогосподарського виробництва.

Інвентаризацію рівнів забруднення потрібно розпочинати з обрахунку кількості та хімічного складу твердих, рідких і газоподібних викидів. Наступний етап — визначення рівнів і характеру забрудненості ґрунтів та рослинного покриву. Під істотним забрудненням ґрунтового покриву розуміють такий його рівень, при якому домінуючі елементи-забруднювачі (кадмій, цинк, свинець, ртуть, алюміній та ін.) у складі викидів мають чітко виражений негативний вплив на біоту ґрунту, його агрохімічні властивості, розвиток сільськогосподарських культур, якість врожаю та становлять загрозу для здоров'я людини.

При визначенні рівня техногенного забруднення ґрунтів важливо знати ГДК металів-забруднювачів (табл. 14). Перспективною є шкала екологічного нормування важких металів. Ця шкала враховує і те, що багато важких металів є необхідними для життєдіяльності рослин і лише надмірний їх вміст у ґрунті спричинює пригнічення культур і надмірне накопичення в продукції. Тому рівень дуже високого вмісту металу в ґрунті прийнято у даній шкалі за низький рівень забруднення.

14. Шкала екологічного нормування валового вмісту важких металів у ґрунтах з слабкою та кислою реакцією, мг/кг

Градація	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Hg
Рівень вмісту: дуже низький	<5	<0,05	<15	<5	<10	<0,05
Низький	5-10	0,05-0,10	15-30	5-15	10-20	0,05-0,10
Середній	10-35	0,10-0,25	30-70	15-50	20-50	0,10-0,25
Підвищений	35-70	0,25-0,50	70-100	50-80	50-70	0,25-0,50
Високий	70-100	0,50-1,00	100-150	80-100	70-100	0,50-1,00
дуже високий	100-150	1-2	150—200	100-150	100-150	1-2
Рівень забруднення: низький (ГДК)	100-150	1-2	150-200	100-150	100-150	1-2
Середній	150-500	2-5	200-500	100-150	150-300	2-5
Високий	500-1000	5-10	500-1000	150-250	300-600	5-10
дуже високий	>1000	>10	>1000	>500	>600	>10

Межі токсичності важких металів встановлюються за їх дією на рослини. Наприклад, якщо рослина знижує врожай на 5-10%, то такий рівень вмісту металу у ґрунті вважається токсичним.

Враховуючи ступінь забруднення, намічають шляхи використання ґрунтового покриву. Виділяють три ступеня забруднення території з властивою їм стратегією сільськогосподарської діяльності: профілактики, перебудови та припинення (табл. 15).

15. Стратегія ведення сільського господарства за умов техногенного забруднення

Зона порушення, відстань від заводу, км	Характер промислового впливу	Вплив за виділенням металургійного пилу, т/км за рік	Характер порушень	Тип стратегії
Зона порушення середовища сільськогосподарської діяльності, 0-5	Постійний або періодичний	150±30	Рівень забруднення ґрунту і сільськогосподарських культур вищий і значно вищий ГДК знижено врожайність	Припинення діяльності
Зона локальних пошкоджень і біохімічних порушень культур, 5-15	Періодичний або епізодичний	Від 150±30 до 50±20	Рівень накопичення забруднювачів перевищує ГДК у деяких культурах, часто у верхньому горизонті необроблюваних ґрунтів	Перебудова
Зона геохімічного порушення території, 15-50	Епізодичний або разовий	50±20	Накопичення забруднень в окремих біоіндикаторах	Профілактика

Профілактичні заходи рекомендують для територій, які зазнають промислового забруднення важкими металами у дозах, що не приводять до перевищення ГДК у ґрунтах і рослинах. При цьому накопичення забруднювачів фіксується лише на найчутливіших біоіндикаторах (лишайниках, мохах), а інколи і в поверхневих горизонтах необроблюваних ґрунтів. В окультурених ґрунтах концентрації важких металів, як правило, не перевищують фонових. На таких територіях слід здійснювати моніторинг стану ґрунтів і рослин.

На землях, де накопичення важких металів у ґрунтах, а також в окремих сільськогосподарських культурах (бобових, овочевих) перевищують ГДК і існує небезпека для здоров'я людей, вдаються до системного застосування всіх сучасних методів захисту: меліоративного, агрономічного, селекційного та раціональної організації використання території.

Щоб перевести важкі метали в малорухомі форми, на кислих ґрунтах проводять вапнування, на лужних — гіпсування. З цією ж метою можна використовувати фосфорні та органічні добрива. Утворюючи комплекси, важкі метали стають менш рухомими і в менших кількостях надходять до рослин. Знизити надходження важких металів у рослини можна і шляхом внесення у ґрунт органічних іонообмінних речовин — цеолітів, гранул полістиролу, кремнійорганічних сполук. Заслуговує на увагу і підбір культур та сортів, які накопичують мінімальну кількість важких металів. На забруднених ґрунтах перевагу слід надавати технічним культурам (льону, коноплі та ін.). Найбільш забруднені ґрунти відводять під заліснення.

Припинення сільськогосподарської діяльності рекомендується на територіях, де забруднення важкими металами повітря, вод, ґрунтів і рослин досягає критичного рівня для здоров'я людей, а система сучасних захисних методів не є ефективною. Повернення таких земель у сільськогосподарське виробництво можливе лише після різкого зниження рівня промислового забруднення та докорінної рекультивації.

Боротьба з забрудненням ґрунтів органічними відходами. Утворення великої кількості органічних відходів у вигляді напіврозкладеної органіки, метаболітів, сміття міст та сіл і навколо тваринницьких комплексів, переробних підприємств агропромислового комплексу, деревообробних і целюлозно-паперових комбінатів тощо обумовлено загостренням проблеми, пов'язаної з охороною навколишнього середовища. У світі щорічно накопичується 20-25 млрд. т сміття і утворюється понад 12 млрд. т гною й фекалій, що забруднюють ґрунти, заражають територію паразитами і гельмінтами, а людину хворобами. У воді і в повітрі з'являються токсичні речовини, такі, як метан, аміак, оксиди азоту, поліциклічні вуглеводні.

Найпростішим і найдоступнішим методом знезараження побутових відходів є їх компостування. Широко застосовуються у практиці два способи: польове компостування в штабелях і промислова переробка, що базуються на біотермічній обробці відходів в аеробних умовах.

Важливе природоохоронне значення має утилізація осадів стічних вод, застосування яких у сільському господарстві обмежується наявністю солей важких металів, патогенної мікрофлори та життєздатних гельмінтів.

Знезараження осадів стічних вод досягається у процесі їх анаеробного зброджування в метантанках при температурі 55-60 °С або шляхом термічного сушіння. Воду з цих осадів виділяють природним висушуванням на мулових полях, реагентним і безреагентним центрифугуванням, вакуумною фільтрацією та фільтр-пресуванням.

Використання компостів із побутових відходів і осадів стічних вод регламентується наявністю важких металів та інших токсичних речовин, вміст яких не повинен перевищувати ГДК.

Застосування сміття-мулових компостів не дозволяється:

- у санітарно-курортних зонах;
- на території I і II поясів зон санітарної охорони підземних джерел господарсько-питного водопостачання;
- у радіусі 1 км від водозабору поверхневого джерела води;
- на ділянках, що зазнали водної ерозії;
- при рівні підґрунтових вод понад 1,25 м;
- під сільськогосподарські культури, що використовуються в їжу у сирому вигляді, овочі, ягідні та баштанні.

З кожним роком зростає переробка органічних відходів методом анаеробного бродіння. Для виробництва біогазу в Україні використовують установки "Кобос-1", "Біогаз-301С" та ін. Їх добова продуктивність становить від 140 до 6240 м³. Нині ведеться розробка біогазових установок другого покоління на основі принципу багатоступеневої переробки до біогазу з використанням біофільтрів.

Переробку *рідкого гною* на біопаливо здійснюють двома способами. За першим способом гній подають в метантанк, де під впливом метанових бактерій відбувається його бродіння з утворенням біогазу. За другим способом гній спочатку використовують як поживне середовище для вирощування хлорели, водяного гіацинту та інших рослин, а потім всю біомасу піддають бродінню.

Зброжений гній є високоефективне добриво, тому що внаслідок аеробної переробки азот переходить у доступну форму на 100%, фосфор — на 70, калій — на 80%, гинуть патогенні мікроорганізми, насіння бур'янів, яйця гельмінтів, важкі метали переходять у менш доступну форму.

Останнім часом у багатьох країнах світу поширилась технологія переробки органічної сировини за допомогою окультурених дощових черв'яків — вермикулітури. Отримання вермикомпосту засноване на здатності дощових черв'яків поглинати органічні рештки, трансформувати їх у кишковому тракті і виділяти у вигляді копролітів.

Вермикомпост не має неприємного запаху, містить більше порівняно з гноєм мікро- та макроелементів, низку ростових речовин, амінокислот, вітамінів, антибіотиків, заселених корисною мікрофлорою. Елементи живлення у вермикомпості мають добре збалансовану легкозасвоювану форму, повільно

розчиняються у воді і тому тривалий час забезпечують рослини поживою (табл. 16).

16. Вміст елементів живлення у вермикомпості порівняно з коров'ячим гноєм на солом'яній підстилці залежно від ступеня розкладу, % на сиру речовину

Вид добрив	Загальний азот	P ₂ O ₅	K ₂ O
Гній:			
свіжий	0,45	0,18	0,50
напівперепрілий	0,52	0,21	0,60
перепрілий	0,60	0,36	0,80
Перегній	0,71	0,40	0,91
Вермикомпост	1,04	1,00	1,20

Вермикомпост містить сухої речовини — 40-60%; гумусових речовин — 10-12; загального азоту — 0,9-3; магнію — 0,5-2,3; заліза — 0,5-2,5%; міді — 3,5-5,1 мг/кг; мангану — 60-80; цинку — 8-35 мг/кг; бактеріальної флори — 2 10¹² колоній на грам; рН 5-7,2.

Біологічно активні речовини, що містяться у вермикомпості, послаблюють стресовий стан рослин при пересадці розсади, прискорюють проростання насіння, підвищують стійкість рослин проти захворювань, сприяють отриманню ранньої продукції високої якості, яка придатна до тривалого зберігання.

Вермикомпост можна застосовувати під будь-які сільськогосподарські культури для одержання екологічно чистої продукції, реанімації деградованих ґрунтів і попередження забруднення навколишнього середовища. У той же час слід обов'язково контролювати стан гумусу у ґрунті.

Боротьба з забрудненням ґрунтів зрошувальними водами. Масштаби зрошення та площі зрошувальних земель у світі безперервно зростають. За даними FAO, 1986 р. у світі зрошувалось понад 200 млн. га, що становить 16% загальної площі ріллі. Проте не завжди зрошувальні сільськогосподарські меліорації супроводжуються позитивним ефектом.

Прорахунки у проектуванні, недостатнє врахування екологічних чинників, низька якість зрошувальних вод при дефіциті водних ресурсів у багатьох випадках негативно впливає на ґрунтовий покрив. Особливо швидко негативні зміни відбуваються у ґрунтах степової зони, де в умовах зрошення утворюються мінералізовані підґрунтові води, які стрімко піднімаються до критичного рівня (за 8-10 років з глибини 15-20 до 1,5-2,5 м). Інтенсивно розвиваються процеси заболочення, осолонцювання та засолення.

Зрошення мінералізованими водами таїть у собі особливу небезпеку. Наприклад, наявність соди у зрошувальній воді обумовлює складні фізико-хімічні, мінералогічні та фізичні наслідки, що негативно впливають на ґрунтовий покрив. Ґрунтовий вбирний комплекс насичується увібраним натрієм на 50-70% ємності катіонного обміну. Реакція ґрунтового розчину зростає до рН 9-11. Грудочкувато-зерниста структура трансформується у брилисту, швидко розпорошується. З'являються пептизовані гідрофільні, органічні і мінеральні колоїди, активізуються високодисперсні глинисті мінерали, що надають ґрунті

зцементованості, глибокої тріщинуватості у сухому стані та драглистого характеру — у вологому.

Оцінка придатності зрошувальних вод. Придатність води для зрошення оцінюють за такими показниками.

1. *Небезпека натрієвого осолонцювання.* Оцінюється відношеннями катіонів $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ та $\text{Na}/(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$, які не повинні перевищувати відповідно 1 та 0,7. Якщо ці показники вищі, то воду для зрошення слід піддавати гіпсуванню або розводити прісною водою. Тут і в подальшому вміст катіонів наведено у міліграм-еквівалентах на літр.

2. *Небезпека магнієвого осолонцювання.* Визначається відносним вмістом у воді магнію, перевищення якого (50%) впливатиме на ґрунт несприятливо:

$$\frac{\text{Mg}^{2+} \cdot 100}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}$$

3. *Лужна небезпека.* Оцінюється вмістом залишкового бікарбонату натрію:

$$\text{NaHCO}_3 = (\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}).$$

Для ґрунтів степової зони цей вміст не повинен перевищувати 1,25 мг-екв/л. Токсичність карбонату натрія (Na_2CO_3) виявляється при концентраціях в 4 рази менших, ніж бікарбонату натрію. Вода з вмістом залишкового карбонату натрію менше 0,3 мг-екв/л придатна для зрошування всіх типів ґрунтів, при вищій концентрації воду необхідно нейтралізувати кислотою. Вважають, що при рН понад 8 вода обов'язково потребує підкислення.

4. *Небезпека засолення ґрунтів.* Оцінюють за масовою концентрацією (мінералізацією) зрошувальної води та за хлорним показником, тобто відношенням $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$. За придатністю до зрошення воду ділять на п'ять класів (рисунок).

Класифікація зрошувальних вод за небезпекою засолення ґрунтів

Вода першого класу придатна для всіх культур і типів ґрунтів. Вода другого класу може використовуватись для більшості культур і ґрунтів, але при наявності дренажу. Воду третього класу рекомендують застосовувати на легких ґрунтах при забезпеченні промивного режиму зрошення, промивання прісною водою у період між поливами з урахуванням солестійкості культур. Використання води четвертого класу дуже обмежується: за умов дотримання вимог, перелічених для води третього класу, ця вода потребує розведення та хімічного поліпшення. Воду п'ятого класу використовувати для зрошення недоцільно.

Для зрошення чорноземів південних і каштанових ґрунтів придатні лише води першого і частково другого класу. Воду третього класу можна застосовувати лише на легких ґрунтах.

Прогнозування вторинного осолонцювання ґрунту. Метод А. Н. Ніколаєнка. Вторинне осолонцювання — це розвиток солонцевого процесу переважно на чорноземах, спричинений зрошенням. З точки зору небезпеки розвитку вторинного осолонцювання принциповим недоліком існуючих методів оцінки придатності води для зрошення є те, що вони не враховують властивостей

конкретних ґрунтів, щодо яких буде застосовуватись ця оцінка. Зрошуваний ґрунт і зрошувальна вода утворюють певну систему, яку слід розглядати у цілому. Автор пропонує критерії оцінки якості зрошувальних вод, що виведені з розгляду іонообмінних рівноваг між катіонами зрошувальної води та ґрунтового вбирного комплексу. Ці критерії визначають хімічним складом зрошувальної води і фізико-хімічними властивостями ґрунтів.

Одна з причин негативного впливу зрошувальної води підвищеної мінералізації на ґрунти — несприятливе співвідношення в ній катіонів Na, Ca і Mg. При зниженому вмісті Ca у воді щодо Na або Mg, останні можуть вбиратися ґрунтовым вбирним комплексом (ГВК) і витіснити Ca, що призводить до натрієвого чи магнієвого осолонцювання ґрунту. Несприятливе співвідношення катіонів можна змінювати, збільшуючи концентрацію Ca в зрошувальній воді розчиненням відповідної солі.

В результаті розрахунків визначаються межі мінімальної концентрації Ca у воді, що потрібна для збереження початкової рівноваги катіонів у ГВК. Якщо з двох значень вибрати більше, то воно характеризуватиме концентрацію Ca в зрошувальній воді, нижче якої відбуватиметься збільшення вмісту катіонів Na чи Mg або їх обох водночас внаслідок витіснення іона Ca з ГВК.

Допустима межа зменшення вмісту Ca в зрошувальній воді визначатиметься співвідношенням катіонів у ГВК, при якому виявляються солонцеві властивості ґрунтів. Автор пропонує назвати цей стан критичним. Згідно з дослідними даними, такий стан для більшості ґрунтів спостерігається, коли увібраний Na становить 10 % і більше від ємності катіонного обміну (ЄКО) ґрунту, а концентрації Mg і Ca у розчині рівні або Mg перевищує Ca.

Отже, рівноважні концентрації Ca, що відповідають вихідному і критичному станам ґрунтів, характеризують фізико-хімічні показники ґрунту і катіонний склад води. Їх можна прийняти за стандартні, відносно них можна проводити оцінку якості зрошувальної води. З цих двох рівноважних станів за початок відліку вибираємо той, що відповідає найбільшій концентрації Ca.

Найбільше із одержаних значень може служити характеристикою якості води. Позначимо цей показник ДК (дефіцит Ca зрошувальної води):

Фізико-хімічний зміст даного показника полягає в тому, що він дорівнює концентрації іона Ca або його солі (в мг-екв/л), яку слід додати до зрошувальної води, щоб при зрошенні ґрунту з заданими фізико-хімічними показниками не відбувалось збільшення вмісту Na і Mg в ГВК, тобто не порушувалася рівновага у бік прояву солонцевих властивостей ґрунтів.

Якість води за її дією на ґрунт можна розділити на три класи.

Перший клас відповідає воді доброї якості: $ДК < 0$. Зрошення водою цього класу не спричинює негативних змін ґрунту, при $ДК < 0$ вода має меліорувальний вплив на ґрунт.

До *другого класу* належить вода задовільної якості: $ДК > 0$. Зрошення ґрунтів такою водою призводить до збільшення вмісту Na і Mg в ГВК, але не призводить до появи солонцевих ознак ґрунту.

До *третього класу* належить вода з $ДК > 0$ і таким співвідношенням хімічного складу води і фізико-хімічних показників ґрунтів, що вона непридатна для зрошення, тому що її використання призводить до розвитку осолонцювання у ґрунтах. Щоб зробити воду придатною для зрошення, тобто перевести з третього до другого класу, потрібно збільшити в ній концентрацію іона Са.

Показники оперативного контролю якості води і стану зрошувальних ґрунтів такі: температура води, іонна сила розчину, водневий показник (рН), кальцієвий показник (рСа), натрієвий показник (рНа), вапняковий (рН— $0,5рСа$) і натрій-кальцієвий (рНа— $0,5рСа$) потенціали. Показником довготермінового прогнозу придатності зрошувальних вод для зрошення чорноземів півдня України служить *коефіцієнт стійкості ґрунтових систем* (К), що визначається співвідношенням, в якому враховані всі ці показники.

Відомо, що для кожного генетичного типу ґрунтів характерне певне співвідношення одно- та двовалентних катіонів, що визначає сутність ґрунтоутворення. Зі зміною цього співвідношення може змінитися і спрямованість процесу ґрунтоутворення. Саме тому при зрошенні чорноземів слід враховувати не лише загальну мінералізацію зрошувальних вод і кількісні показники кальцію та натрію в них, а й реальні співвідношення катіонів у реальних системах ґрунт — вода, що виражаються через натрій-кальцієвий потенціал. Найпоширеніші на півдні України чорноземи з високою ємністю катіонного обміну (25-35 мг-екв/л). Особливістю всіх чорноземів є їх насиченість кальцієм і дуже низький вміст увібраного натрію.

Кальцій у степовій зоні — це своєрідний геохімічний "диктатор". Згідно з термодинамікою ґрунтових процесів, чорноземи мають дуже високий енергетичний рівень іонного обміну, при якому сорбція натрію теоретично неможлива. Під час взаємодії зрошувальних вод з чорноземами слід враховувати різні енергетичні рівні іонного обміну у двохступеневій системі: зрошувальна вода — ґрунтовий розчин — ГВК. Згідно з другим законом термодинаміки, будь-яка відкрита система прагне до термодинамічної рівноваги, як до межі свого розвитку.

У слабо-мінералізованих водах значення натрій-кальцієвого потенціалу практично не виходить за межі їх коливань у незрошувальних чорноземах. Тому використання цих вод не приводить до різких змін у стані ґрунтових систем, як це буває при зрошенні чорноземів водами підвищеної мінералізації. На основі багаторічних режимних досліджень дії зрошувальних вод на чорноземні ґрунти можна виділити такі структурні рівні стійкості ґрунтових систем.

1. Стабільно стійкі ґрунтові системи незрошувальних чорноземів автоморфних ландшафтів.
2. Стійкі ґрунтові системи, утворені при взаємодії зі зрошувальними водами придатної якості.
3. Умовно стійкі системи. Може бути незначне відхилення показників зрошувальних вод від показників ґрунтових розчинів ($К\ 0,7-0,9$), яке можна усунути за певних умов.
4. Слабко стійкі системи. Зрошувальна вода істотно змінює параметри ґрунтових систем ($К\ 0,4-0,6$).

5. Нестійкі системи ($K < 0,4$). Утворюються під час взаємодії ґрунтів з водами низької якості, що призводить до різких і незворотних змін у ґрунтових системах, зокрема до осолонцювання, втрати структури тощо. При існуючих методах очищення такі води не придатні для зрошення.

Для визначення показника довготермінового прогнозу K користуються іон-селективними електродами; pNa — $0,5pCa$ для ґрунту визначають у ґрунтовій пасті при повній волого-місткості ґрунту.

Профілактика забруднення ґрунтів зрошувальними водами. Велика екотоксична небезпека виникає при зрошенні стічними водами. Залежно від походження та умов формування виділяють три групи стічних вод: господарсько-побутові, промислові і тваринницькі.

Придатність стічних вод для зрошення оцінюють за хімічним складом і вмістом загального азоту. Стічні води з тваринницьких комплексів, що використовуються для зрошення, повинні мати вологість не менше 95-98%, містити тверді і волокнисті включення розміром не більше 10 мм, а при використанні машин з гідроприводом — не більше 12,5 мм.

Нормуванню підлягають і нітрогенні речовини (концентрації амонію і нітратів), що накопичуються у великих кількостях у ґрунтах і завдають шкоди навколишньому середовищу. Якщо у воді одночасно містяться амонійні та нітратні солі, їх сумарна концентрація не повинна перевищувати вказаних меж ГДК по одній з них. Допустимий вміст нітратів (NO_2) становить не більше 0,02 мг-екв/л, або 1,0 мг/л. Контролюються і максимальні концентрації мікроелементів у зрошувальній воді.

У випадку, коли зрошувальні води містять декілька шкідливих речовин з однаковим обмежувальним показником, сума відношень концентрації кожної речовини до відповідної ГДК не повинна перевищувати одиниці.

Для поліпшення складу зрошувальних вод у відповідності з вказаними вимогами застосовують комплекс заходів: розведення чистою водою; нейтралізацію; механічне чи фізико-хімічне очищення та ін.

Як попереджувальні заходи при зрошенні слід застосовувати обмеження водоподавання і зменшення фільтрації в зрошувальних каналах. Не можна допускати порушень водного балансу місцевості, слід усувати загрозу підняття рівня підґрунтових вод і забезпечувати їх безпечне відведення за умови підвищеної мінералізації. Запорукою правильного зрошення служить автоматизоване керування ним.

Меліорація територій, забруднених радіонуклідами. Сільсько-господарське виробництво на територіях, забруднених радіонуклідами, повинне забезпечити максимальне зниження міграції нуклідів по трофічному ланцюгу ґрунт — рослини — тварина — продукти тваринництва — людина і одержати сільськогосподарську продукцію з допустимими рівнями забруднення.

Згідно з даними НДІ сільськогосподарської радіології УААН, практично всі продукти рослинництва, що мають харчове значення, можуть бути отримані на ґрунтах з рівнем забруднення ^{137}Cs до $1,5 \text{ ГБк} \cdot \text{км}^{-2}$.

Сільськогосподарські угіддя України, що зазнали радіоактивного забруднення, було поділено на чотири зони: до $15 \text{ кі} \cdot \text{км}^{-2}$, 15-40, 40-80 та понад $80 \text{ кі} \cdot \text{км}^{-2}$. Землі з щільністю забруднення понад $80 \text{ кі} \cdot \text{км}^{-2}$ було виведено зі складу сільськогосподарських угідь і засаджено лісом. Землі третьої групи було засіяно багаторічними травами для одержання насіннєвого матеріалу, а землі першої та другої груп використовуються у сільськогосподарському виробництві.

На забруднених територіях виробнича діяльність регламентується рівнем вмісту радіонуклідів у вироблюваній продукції. З цією метою було введено допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у харчових продуктах і воді.

Основне завдання сільськогосподарського виробництва в умовах радіоактивного забруднення полягає у необхідності забезпечення зниження надходження радіонуклідів у рослини. Для реалізації цього завдання було розроблено чимало агроеліоративних заходів, але широкого застосування набули лише ті з них, що виявилися екологічно обґрунтованими, технічно здійсненими та економічно виправданими.

До комплексу заходів, що знижують надходження радіонуклідів у продукти рослинництва, відносять:

- розведення радіонуклідів, що надходять у ґрунт їх хімічними аналогами (K, Ca та ін.);
- зменшення рухомості радіонуклідів у ґрунті шляхом внесення речовин, що переводять їх у менш розчинні форми (органіка, фосфати, калійні солі, карбонати, глинисті мінерали);
- зароблення забрудненого шару ґрунту в підорний горизонт за межі значного поширення кореневих систем — на глибину 60-70 см;
- підбір культур і сортів, що накопичують мінімальну кількість радіонуклідів;
- розміщення технічних культур на забруднених ґрунтах, використання цих площ для одержання насіння.

Практика ведення сільського господарства на територіях, забруднених внаслідок аварії на ЧАЕС, показала, що цей комплекс заходів дозволяє отримувати сільськогосподарську продукцію з допустимими рівнями забруднення радіонуклідами.

Тема 6. Раціональне використання і охорона земельних ресурсів, профілактика втрати родючості ґрунту

Родючість — здатність ґрунту задовольняти рослини елементами живлення, водою, повітрям, теплом за відсутності шкідливих речовин і пухкому складенні ґрунту. Ці чинники родючості називаються *ґрунтовими режимами*, їх п'ять: поживний, водний, повітряний, тепловий та фітосанітарний. Задоволення потреб рослин мусить бути одночасним і безперервним. Якщо один з режимів перебуває у мінімумі чи зовсім відсутній, рослини страждають або гинуть. Звідси в землеробстві виведено *закон мінімуму*, згідно з яким рівень врожайності вирощуваної культури залежить від чинника, що перебуває у мінімумі, незалежно від того, якою мірою оптимальними є інші чинники родючості. Забезпечення рослин чинниками родючості повинно бути безперервним. Якщо воно припиняється, рослини також гинуть. З кількісного виразу всіх чинників родючості, при якому рослини дають найвищий врожай, виведено *землеробський закон оптимуму*. У своїй практичній діяльності агрономи повинні прагнути до забезпечення оптимального поєднання чинників родючості, насамперед використовуючи закон мінімуму, відшукуючи чинник, що перебуває у мінімумі, і підвищуючи його рівень до оптимуму.

Інтегральним показником рівня потенційної родючості ґрунту є вміст у ньому органічної речовини, тобто гумусу. Інтегральним цей показник є тому, що вміст гумусу має тісний зв'язок, що характеризується високими коефіцієнтами кореляції, з усіма режимами ґрунту. Чим більше гумусу в ґрунті, тим кращий його поживний режим, тому що гумус — це вмістилище елементів живлення. Він також як ґрунтовий клей сприяє утворенню структури ґрунту та її водотривкості, підвищенню вологомісткості, повітро- та волого-проникності ґрунту. Отже, вміст гумусу впливає на водний, повітряний і тепловий режими ґрунту.

У процесі утворення гумусу в ґрунті виникає окиснювально-відновний потенціал, що є згубним для багатьох хвороб рослин, личинок шкідників. Високий вміст гумусу у ґрунті гальмує процеси засолення та осолонцювання. Не будь-який гумус виконує ці функції, а лише свіжо-утворений. В. Р. Вільямс називав його діяльним перегноєм, О.Н. Соколовський — активним гумусом. Відтворення гумусу повертає потенційну родючість ґрунту.

Гумус витрачається при вирощуванні врожаю. При врожаї озимої пшениці 40-50 ц/га з ґрунту використовується близько 1,5 т гумусу. Для вирощування зерна кукурудзи 80-90 ц/га потрібно 1,5-2 т гумусу, а пласт багаторічних трав залишає (створює) близько 3 т гумусу. Тонна гною, що внесена в ґрунт, залишає в ньому близько 56 кг гумусу. Гумус створюється у ґрунті також під час перегнивання у ньому різних поживних решток, що мають коефіцієнти гуміфікації від 0,1 до 0,25. На цьому принципі основані балансові розрахунки вмісту гумусу у ґрунті.

Не обов'язково за кожним полем вести інструментально-аналітичні спостереження. За величиною врожаю (винос) і нормами внесення органічних добрив можна визначити, скільки гумусу знову утворилось у

грунтах внаслідок внесення органічних добрив і залишення на полі пожнивних решток (коренів, стебел тощо). Грунтознавець і агроном повинні досконало володіти балансовими розрахунками вмісту гумусу у ґрунті, щоб не допустити дегуміфікації та зниження родючості.

Відтворення родючості. У процесі розвитку природа виробила механізми відтворення родючості ґрунту, до того ж не простого, а розширеного. В історичний період людина своєю діяльністю порушувала цей механізм. Землі погіршувались, родючість падала, а коли врожайність ставала низькою, людина віддавала землю на відкуп природі, яка знову відновлювала її продуктивність. На такій взаємодії людини і природи базувались примітивні системи землеробства: вогнева, підрубна, переложна, заліжна. З ростом населення та зменшенням вільних земельних площ залишалось все менше можливостей віддавати землю на відкуп природі для відновлення її продуктивності. І людина почала шукати, як зупинити або хоча б загальмувати зниження родючості. Протягом віків методом "сліпої проби" вона "намацала" два шляхи: внесення органічних добрив та обертання скиби (полицева оранка).

Внесенням добрив людина інтуїтивно виконувала землеробський *закон повернення*, тобто повернення у ґрунт елементів живлення, винесених з врожаєм, але через слабкий розвиток тваринництва органічних добрив вносилося мало, недостатньо навіть для простого відтворення родючості. Це лише сповільнювало падіння врожайності вирощуваних культур.

Дію другого заходу — обертання скиби — розглянемо детальніше. Наукові чинники, що його пояснюють, отримані завдяки тривалим стаціонарним дослідом.

Всі примітивні системи землеробства базувались на обробітку ґрунту без обертання скиби. Примітивні знаряддя (соха, сабан, рало) лише розпушували ґрунт, не обртаючи скиби. Під впливом сонячних променів та кисню, що проникали на глибину до 15 см, у ґрунті інтенсивно розвивалась біота, підсилювалась його біологічна активність. Біота ґрунту потребувала живлення, а людина в агробіоценозах відчужувала з поля вирощену продукцію, збираючи і зерно, і соломку. Кореневих решток, що залишалися у ґрунті, біоті для живлення не вистачало, і вона починала використовувати гумус як органічну речовину та джерело енергії. У ґрунті різко зменшувався вміст гумусу, особливо рухомого, внаслідок чого погіршувались його агрофізичні властивості. Ґрунт виснажувався. Ці природні закономірності нам вдалось встановити в багаторічному стаціонарному досліді на агрономічній станції "Митниця" у Київській обл.

В. В. Докучаєв (1883) визначив час як один з чинників ґрунтоутворення. Цей чинник досить ефективно виявлявся протягом тривалих спостережень за впливом часу і удобрення (без добрив, мінеральні і орґано-мінеральні добрива) на ефективність різних систем обробітку ґрунту (оранка або плоско різ) і вміст гумусу в чорноземі..

У перші 4 роки у варіантах з удобренням і без нього прирости врожаю від мілкого та глибокого плоскорізного обробітку були на рівні 1-3,5 ц/га. Вже на 5-7-й роки на глибокому плоскорізному обробітку було зниження врожайності у порівнянні з оранкою на 2 ц/га, а на мілкому плоскорізному обробітку

реалізовувалась природна родючість і було отримано додатково 6 ц/га врожаю.

У другій ланці сівозміни на варіантах без добрив ґрунт виснажився і зниження врожаю становило 4-8 ц/га. Про те, що ґрунт виснажився, свідчить зниження вмісту гумусу на 0,35% за кожні 4 роки. У варіантах з мілким плоскорізним обробітком моделювався варіант примітивних систем землеробства (заліжної, переліжної).

У варіантах з мінеральною системою удобрення, де винос гумусу компенсувався внесенням добрив, прирости врожаю як в першій, так і в другій ланці сівозміни були приблизно однаковими.

У варіантах з органо-мінеральною системою удобрення потенційна і ефективна родючість підвищувалась, особливо на мілкому плоскорізнному обробітку. Якщо в перші 4 роки середньорічні прирости врожаю становили 3,5 ц/га, то в другі — 6, а в треті 4 роки — 17 ц/га. Вміст гумусу в ґрунті за останні 4 роки зріс на 0,43 %. Аналіз результатів цього та інших стаціонарів дозволив дійти таких важливих висновків.

1. Безполицевий обробіток ґрунту без удобрення в сівозміні — шкідливий, а на фоні мінеральної системи удобрення — небажаний: врожаї ростуть, а потенційна родючість ґрунту знижується; на фоні органо-мінеральної системи удобрення такий обробіток є істотним чинником розширеного відтворення родючості та підвищення врожайності вирощуваних культур. Чим триваліший період обробітку без обертання скиби, тим вищими стають врожаї сільськогосподарських культур.

2. Обертання скиби — найнелогічніше ставлення до ґрунту. Воно порушує хід ґрунтотвірного процесу та всі внутрішньо ґрунтові взаємозв'язки, на відновлення яких потрібно 508 років систематичного безплужного обробітку ґрунту. Після відновлення цих зв'язків настає своєрідний "ривок" у продуктивності ґрунту, урожайність зростає на 11-17 ц/га порівняно з оранкою.

У примітивних системах землеробства оборот скиби приводить до розміщення біологічно активного шару ґрунту в частково анаеробних умовах. Та частина біоти, що потребує кисню, значною мірою гине. Це сприяє уповільненню зниження вмісту гумусу та виснаження ґрунту. Потенційна родючість ґрунту знижується, але повільніше. У тому і полягає історична роль плуга як знаряддя обробітку ґрунту.

З ростом знань про ґрунт людина почала усвідомлювати *необхідність повернення* у нього елементів живлення, винесених з врожаєм. Про це вперше заявив німецький вчений Ю. Лібіх (1877), розробивши *мінеральну систему живлення рослин*. Проте ця теорія, сприяючи розвитку промисловості з виробництва добрив, загальмувала наукові дослідження механізму відтворення родючості ґрунту. Вона не розв'язала питань джерел енергії ґрунтоутворення, без забезпечення якої ґрунт погіршується навіть при компенсації виносу елементів мінерального живлення. Дуже шкідливим для потенційної продуктивності ґрунту виявилось внесення добрив на запланований урожай. Шкода була спричинена не тим, що вносились багато мінеральних добрив, а тим, що мало вносились органічних.

Захоплення внесенням високих норм мінеральних добрив на фоні дуже

малих норм органічних призвело до зростання швидкості дегуміфікації ґрунтів: в останні 20 років — у 4-5 разів порівняно з попереднім 100-річним періодом.

З мінеральними добривами у ґрунт надходять також одновалентні катіони, що витісняють двовалентні з ГВК, диспергуючи гумус, який починає текти вниз по профілю. Мікроорганізми теж краще використовують диспергований гумус як джерело енергії, підсилюючи його розклад.

Протягом мільйонів років природа розвивала механізм саморегуляції родючості ґрунту, який і зараз діє в біогеоценозах. Розоравши цілину, людина порушила цей механізм. Приводом для наших пошуків щодо розкриття цього механізму були дослідження гуміфікації органічних добрив при різних системах обробітку ґрунту у стаціонарному досліді на Новоодеській держсортодільниці Миколаївської обл., що вже понад 35 років проводиться І.Є. Щербаком.

У досліді вивчається порівняльна ефективність полицевої оранки і плоскорізного обробітку ґрунту та їх поєднання. В 1980 р. було визначено вміст гумусу у ґрунті на 20-річних фонах обробітку. За цей час на 1 га площі сівозмінні вносились в середньому за рік 2 т гною, 2,4 т соломи озимої пшениці та стебел кукурудзи, 180 кг NPK.

На фоні оранки вміст гумусу за 20 років у шарі 0-10 см збільшився з 3,79 до 3,81%, тобто на 0,02%. За той же час на варіанті з плоскорізним обробітком він зріс на 0,35%. У першому випадку відбулось просте, а в другому — розширене відтворення гумусу у ґрунті. Заслуговує на увагу збільшення гумусу в глибших шарах ґрунту, до яких при плоскорізному обробітку добрива не потрапляли. Це збільшення обумовило деяке нерозуміння з боку інших дослідників. Але знайшлося пояснення цьому явищу. Ще на початку 30-х років академік І.В. Тюрін висловив гіпотезу, що гумус утворюється у присутності кисню, тобто в аеробних умовах. Цю гіпотезу було розвинуто у працях М.М. Кононової, Є.М. Мішустіна, Л.М. Олександрової, Б. Новака. У кінцевому варіанті її можна сформулювати так: "У період осінніх мряк на поверхні та у верхньому шарі ґрунту в присутності кисню відбувається первинний гідроліз органічних речовин з утворенням мономерних сполук типу хінонів, амінокислот та ін., розчинних у воді. З низхідною течією води вони проникають у більш глибокі горизонти ґрунту, де конденсуються в ланцюжки гумусових кислот під впливом обезводнення — висихання чи виморожування".

Ця гіпотеза пояснює, чому в шарі, наприклад 20-30 см, в який органічні добрива на плоскорізному обробітку не вносились, вміст гумусу за 20 років зріс на 0,15%: у цьому шарі відбулося істотне збільшення вмісту гумусу, що і свідчить про його розширене відтворення.

Нову гіпотезу було перевірено в стаціонарному досліді НАУ в колективному сільськогосподарському підприємстві (КСП) "Дніпро" Київської обл. на чорноземі типовому.

Спосіб обробітку ґрунту впливає на швидкість розкладу та втрати гумусу: у варіантах з оранкою його втрати найбільші, у варіантах з мілким плоскорізним обробітком — найменші. При внесенні 12 т гною на 1 га площі

сівозміни у варіантах з оранкою та поєднанням оранки з безплужним обробітком вміст гумусу за 8 років не змінився. У варіантах з безполицевими обробітками спостерігалась тенденція до збільшення вмісту гумусу від 0,07 до 0,09%. Доповнення гною помірними нормами мінеральних добрив сприяло підвищенню коефіцієнтів гуміфікації, особливо у варіантах з безполицевим обробітком. Проте подальше підвищення норм добрив уповільнювало гуміфікацію органічних решток та гною.

Ефективним органічним добривом виявилась солома озимої пшениці. За однакових норм органічних і мінеральних добрив їх заорювання сприяло простому відтворенню гумусу, а змішування з верхнім шаром ґрунту важкою дисковою бороною — розширеному його відтворенню.

Причину цього явища в тому, що заорювання гною та соломи на глибину 16-20 см призводить до того, що у ґрунті в анаеробних умовах відбувається не гуміфікація, а бродіння з виділенням пропіонової, оцтової та масляної кислот, токсичних для вищих рослин. На кожну одиницю гумусу, що утворилася при заорюванні гною та соломи, утворилося 24 одиниці органічної речовини під час загортання їх у шар до 6 см. Отже, спосіб загортання добрив у ґрунт істотно впливає на їх коефіцієнти гуміфікації: вони вищі при поверхневому загортанні порівняно з заорюванням. Органічні рештки (нетоварну частину врожаю) можна використовувати як органічне добриво для відтворення гумусу та родючості ґрунту.

Відтворення гумусу в ґрунті. 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 обл. - 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 мілкого 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.

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. 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. 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 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 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 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.

Тривале застосування добрив знижує інтенсивність засвоєння 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 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 NaHCO_3 як у загальний органічний вуглець ґрунту, так і у фракції гумінових кислот і фульвокислот. Накопичення міченого вуглецю ^{14}C вуглекислоти загальним органічним вуглецем ґрунту і фракцією фульвокислот інтенсивніше відбувається у варіантах з безполицевим 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}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.

Біохімічний механізм відтворення гумусу і саморегуляції ґрунтової родючості. Україна одержала в спадщину від природи найбагатші в світі чорноземні ґрунти. Але протягом століть вони знецінювались, деградували під впливом дегуміфікації. Багатовікова дегуміфікація відбувалась під впливом часткового розмикання малого біологічного кругообігу речовин, тобто внаслідок порушення землеробського закону повернення: із ґрунту постійно виносились з урожаєм елементи живлення та органічна речовина, яка є джерелом енергії ґрунтоутворення. Зменшення обсягів її надходження у ґрунт гальмувало ґрунтоутворний процес, що відновлює родючість. Це і є причиною того, що з 10-11% гумусу, які були в українських чорноземах до розорювання цілинних земель, нині залишилось 2,5-6%.

Вміст гумусу зменшується швидше, коли порушується співвідношення між нормами органічних і мінеральних добрив. Століттями в Україні у південній частині Лісостепу і північній — Степу існувала смуга середньогумусних чорноземів типових і звичайних. Нині вони перетворились на мало-гумусні, тому що різко зросли у свій час норми внесення мінеральних добрив і зменшилась кількість внесення органічних добрив.

Так, за 20 років (1958-1978 рр.) на пологих схилах шар ґрунту 0-20 см втратив 2,5% гумусу, шар 20-30 см — 1,8%, шар 30-40 см — 1,5%, шар 40-50 см — 1,9%, шар 50-60 см — 1,4%.

Наведені дані примусили замислитись над долею чорноземів і шукати шляхи призупинення катастрофічної дегуміфікації, насамперед розкриття

біохімічного механізму відтворення гумусу та саморегуляції ґрунтової родючості. Були виявлені закономірності цього процесу у стаціонарному досліді Новоодеської держсортодільниці Миколаївської обл.

За 20 років досліді на обох варіантах обробітку ґрунту було внесено в середньому за рік: гною — 2 т/га; соломи озимої пшениці й стебел соняшника — 2,4 т/га; мінеральних добрив — 180 кг діючої речовини. Проте при однаковому внесенні добрив у варіанті з оранкою, коли органічні добрива заорювались у ґрунт на глибину 22—27 см, отримане просте відтворення гумусу. При плоскорізному обробітку, де органічні добрива загортались у ґрунт важкою дисковою бороною на глибину до 8—10 см, відбувалось розширене відтворення гумусу.

Спостереження за вмістом гумусу протягом вегетаційного періоду в динаміці привело до відкриття річних циклів у вмісті гумусу в агроценозах. Річні цикли найбільш виявляються, коли верхній шар ґрунту не обертається під час його обробітку. Коли ж цей шар обертається при оранці і ґрунт знаходиться у неприродному, "шоковому", стані через загибель ґрунтової біоти (анаеробної — від кисню, аеробної — від його нестачі), щорічних циклів у вмісті гумусу немає або вони ледь помітні. Чим більші за діапазоном річні цикли у вмісті гумусу, тим вища здатність ґрунту до саморегуляції родючості.

Від весни до кінця літа (спадний цикл) значна частина гумусу (6-10 т/га) в орному шарі використовується для забезпечення життя рослин у період їх інтенсивного росту й розвитку. Під час пошуків того, за рахунок якої енергії замикається цикл восени і навесні, у ґрунті було виявлено АТФ — акумулятор біологічної енергії. При безпліцевому обробітку його було на 25-200% більше, ніж при оранці. Це пов'язано з біологічною активністю ґрунтів, масою ґрунтової біоти, яка в шарі 0-15 см при безпліцевому обробітку ґрунту може бути у 1,5-2 рази вище, ніж при оранці. Особливо велика різниця спостерігалась під час внесення органічних добрив або залишення на полі пожнивних решток.

Механізм використання АТФ для відтворення гумусу встановлений за допомогою радіоактивного ізотопу вуглецю ^{14}C : у ґрунті відбувається асиміляція гетеротрофними мікробами вуглекислоти ґрунту і ґрунтового повітря з утворенням нової органічної речовини, в якій вміст білка становить 30-42, ліпідів — 1-5%. Джерелом енергії у процесі асиміляції є мертва органічна речовина (гній, солома, різні рослинні рештки). Після автолізу мікроорганізмів (розпаду оболонки) їхня протоплазма виходить у ґрунтовий розчин і взаємодіє з гумусовими речовинами ґрунту. У перші доби нова речовина переважала у фульворечовинах із співвідношенням до гуматів 4:1, через 30 діб ця речовина переважала у гуматах із зворотним відношенням — 1:4.

Явище асиміляції вуглекислоти ґрунту і ґрунтового повітря гетеротрофними мікроорганізмами та участь новоутвореної органічної речовини у відтворенні гумусу лежать в основі *саморегуляції родючості ґрунту*, яка є природним законом. Природа виробила цей закон, щоб забезпечити дію іншого землеробського закону *оптимуму*, максимально забезпечити рослини сприятливими умовами життя у певні фази їх розвитку.

Загальна схема механізму саморегуляції родючості ґрунту, в нашому

розумінні, наведена на рисунку. З початком вегетації рослин вони через кореневі волоски виділяють у ґрунтовий розчин вугільну кислоту та інші органічні кислоти, що призводить до зниження рН на 0,6-1,2. За рахунок цього підкислення відбуваються кислотний гідроліз азотовмісних радикалів ланцюгів гумусових речовин і їх заміна на карбоксильні радикали. Відщеплені радикали — амінокислоти, аміни, амідні — виходять у ґрунтовий розчин. Вони є мономерними і вільно проходять через мембрани корневих волосків, поглинаються рослинами і використовуються для формування врожаю.

Після закінчення вегетації рослини перестають виділяти у ґрунтовий розчин органічні кислоти і його рН відновлюється до початкового рівня. На відмерлих рослинних рештках поселяються гетеротрофні мікроби, які асимілюють вуглекислоту ґрунту та ґрунтового повітря і створюють нову високобілкову речовину. Після автолізу мікробів (відмирання) у ґрунтовий розчин виходить їхня протоплазма, що взаємодіє з гумусовими кислотами, амоніфікує їх, витісняючи карбоксильні радикали, і замінює їх на амінокислотні, амінні й амідні групи. Річний цикл саморегуляції родючості ґрунту завершується. Гумусові речовини набувають складу і структури, які вони мали навесні до початку вегетації.

Розкриті закономірності саморегуляції ґрунтової родючості дозволяють керувати ґрунтоутворним процесом в агроценозах. На інтенсивність асиміляції вуглекислоти гетеротрофними мікробами впливають: кількість і якість органічної речовини (органічних добрив), глибина їх загортання у ґрунт (аеробіозис, анаеробіозис), реакція ґрунтового розчину, наявність дво- і трьохвалентних катіонів для незворотної коагуляції органічних колоїдів, зволоженість ґрунту, його температурний режим. Більшість цих чинників можна регулювати обробітком ґрунту, мульчуванням його пожнивними рештками, застосуванням органічних добрив та хімічних меліорантів.

Найбільше впливають на інтенсивність асиміляції вуглекислоти способи обробітку ґрунту. При ґрунтозахисних способах обробітку всі органічні добрива і пожнивні рештки загортаються у насичений киснем поверхневий шар ґрунту на глибину до 8-10 см. Для такого шару характерні найвищі коефіцієнти гуміфікації органічної речовини (майже на третину більші, ніж при заорюванні). Це дозволяє вийти на бездефіцитний баланс гумусу і на розширене його відтворення з меншими нормами органічних добрив.

Між гумусним станом ґрунту та його ґрунтовими режимами і властивостями існує тісний зв'язок. Крім річних циклів стану гумусу, для ґрунтів характерні річні цикли зміни властивостей ґрунтів. Гумусний стан є матрицею, яка продукує всі інші властивості. У зв'язку з цим за вмістом гумусу в ґрунті ми у першому наближенні можемо судити про рівень потенційної та ефективної родючості ґрунту. Якщо вміст гумусу з часом зменшується, землеробство працює на спадній родючості. Якщо вміст гумусу знаходиться на одному рівні, можна говорити про просте відтворення родючості ґрунту. Якщо вміст гумусу постійно зростає, то мова вже йде про розширене відтворення ґрунтової родючості.

Можливість керування ґрунтовим процесом доведена під час 8-річного

стаціонарного досліді НАУ в КСП "Дніпро" Київської обл. Показано, що 12 т гною на 1 га сівозмінні забезпечили бездефіцитний баланс гумусу. Одночасно при ґрунтозахисному обробітку внесення такої ж норми гною надало достовірний приріст у вмісті гумусу (+0,09%). Доповнення гною мінеральними добривами в нормі 235 кг/га діючої речовини NPK на оранці привело до тенденції підвищення вмісту гумусу у межах помилки досліді (+0,03%), на ґрунтозахисному обробітку — до приросту вмісту гумусу у 8 разів більшого, ніж на оранці (+0,24%). Подальше підвищення норми мінеральних добрив до 357 кг/га діючої речовини призвело до гальмування ґрунтоутворного процесу та зменшення відтворення гумусу.

Внесення соломи озимої пшениці в нормі 2,4 т/га сівозмінні з додаванням 10 кг діючої речовини азоту на 1 т соломи для компенсації азотної нестачі забезпечує на оранці таке ж відтворення гумусу, як і 12 т/га гною. Проте на ґрунтозахисному обробітку внесення такої ж норми соломи забезпечило відтворення гумусу в 17 разів більше, ніж на оранці (+0,17%), а додавання до соломи 235 кг діючої речовини мінеральних добрив на ґрунтозахисному обробітку збільшило накопичення гумусу в 11,3 рази (+0,34%).

Таким чином, встановлено, що 1 т соломи та інших пожнивних решток з додаванням N_{10} для компенсації азотної нестачі за своєю дією та післядією на врожай і накопичення гумусу рівнозначна 5 т напівперепрілого гною.

Аналіз отриманих даних дозволяє дійти ще одного важливого висновку: при оранці розширене відтворення гумусу (родючості ґрунту) неможливе або є дуже важким (дорогим). Проте внесення таких самих норм добрив під час ґрунтозахисного обробітку забезпечило розширене відтворення гумусу і родючості ґрунту. В разі застосування досліді з комбінованим обробітком, коли під просапні культури орали, а під зернові застосовували ґрунтозахисний, обробіток, мав проміжні показники як у накопиченні гумусу в ґрунті, так і в рівні врожайності сільськогосподарських культур.

Моделювання кругообігу вуглецю в ґрунті та оптимізація гумусового стану. Останнім часом багато досліджень присвячено математичному моделюванню процесів гумусоутворення в ґрунтах на основі різноманітних підходів. Змодельовані процеси кругообігу вуглецю в системі фітоценоз — гумусові речовини ґрунту на основі теорії катастроф, застосованої в екології і описаної Д. Джоном (1975). Використання цієї моделі є важливий напрям роботи в пізнанні екології ґрунтоутворення і в охороні ґрунтів. Таку модель можна використовувати для прогнозу змін гумусового стану ґрунтів, можливого розвитку дегуміфікації, розробки шляхів забезпечення оптимального вмісту гумусу через вплив на кругообіг вуглецю в ґрунті.

Згідно цієї моделі, баланс вуглецю в ґрунті описується досить складними диференційними рівняннями і вимагає отримання значень багатьох показників: вміст вуглецю гумусових речовин, їх детритної складової та мортмаси; вміст вуглецю гумусу; коефіцієнти мінералізації відповідно гумусових речовин, їх детритної частини і мортмаси; продуктивність фотосинтезу; частка органічної продукції, що щороку включається в деструктивний цикл, тобто у процес розкладу, мінералізації та гуміфікації;

сума швидкостей абіотичних процесів надходження (Н) і виносу (В) відповідно до органічного вуглецю детриту і гумусу в цілому; константа Міхаеліса — параметр, що дорівнює запасам вуглецю детритної частини гумусу або запасам вуглецю гумусу ґрунту, при яких досягається 1/2 продуктивності агроценозу; коефіцієнт гуміфікації детриту (тобто його перетворення на власне гумусову речовину); коефіцієнт гуміфікації мортмаси при її перетворенні на власне гумусові речовини; коефіцієнт гуміфікації мортмаси при її перетворенні на детритну частину гумусових речовин; загальний коефіцієнт гуміфікації мортмаси; коефіцієнт розкладання детритної частини гумусу; коефіцієнт розкладання мортмаси.

Концептуальна модель трансформації органічного вуглецю в системі фітоценоз — гумусові речовини ґрунту передбачає визначення ще таких параметрів: вилучена частина фітомаси (господарський врожай); частка первинної продукції у складі органічних добрив; мінералізація вуглецю гумусових речовин, їх детритної частини та вуглецю мортмаси; гуміфікація детриту; гуміфікація мортмаси з перетворенням на власне гумус, виключаючи початкову стадію утворення детриту з мортмаси; органічна речовина фітомаси рослинних решток, кореневих виділень, що надійшли до ґрунту.

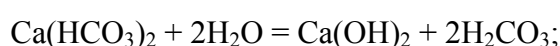
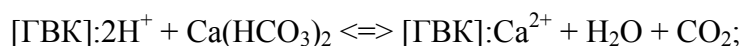
Отже, розрахунки за цією моделлю досить складні, але на базі використання вказаної моделі автори встановили припустимі критерії, за яких ґрунтово-екологічна система фітоценоз — гумусові речовини може функціонувати в режимі як стабілізації вмісту гумусу, так і його накопичення. Це дуже важливо для контролю за гумусовим станом ґрунту і для попередження можливої дегуміфікації ґрунтів.

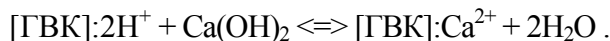
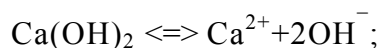
Хімічна меліорація. Кислотні дощі, внесення хімічно та фізіологічно кислих добрив значно підкислили реакцію середовища навіть традиційно нейтральних ґрунтів. В орному шарі чорноземів виявляється до 4-6 мг-екв. гідролітичної кислотності на 100 г ґрунту. Підкислення ґрунтів різко знижує ефективність всіх 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.

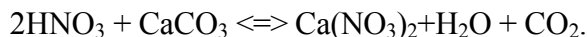
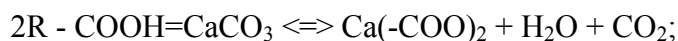
Для регулювання кислотності ґрунту застосовують різні меліоранти. Найчастіше це осадові породи, що складаються переважно з кальциту CaCO_3 , доломіту $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ тощо.

При взаємодії вапна з ґрунтом відбуваються такі реакції:





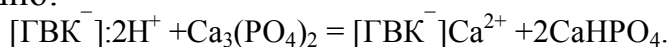
Вапно взаємодіє також з вільними гумусовими та іншими кислотами, азотною кислотою, що утворюється внаслідок нітрифікації, нейтралізуючи їх:



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 відповідною шкалою (табл.17).

17. Визначення потреби вапнування ґрунту

Потреба у вапнуванні	Кислотність, мг-екв/100 г ґрунту
Ґрунти потребують першочергового вапнування в усіх зонах України	Понад 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	1,8-1,9
Немає потреби у вапнуванні	< 1,5

За мірою кислотності та потребою у вапнуванні ґрунти України поділяють

на п'ять груп (табл.18).

18. Потреба ґрунтів у вапнуванні залежно від рівня кислотності

Міра кислотності	pH _{KCl}	Потреба ґрунтів у вапнуванні
Дуже сильна	<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 pH _{KCl} > 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.

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 CaCO₃, 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, г/см³.

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

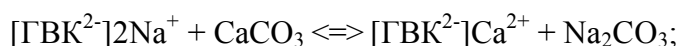
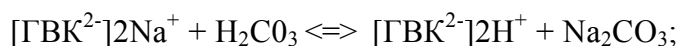
Для вапнування ґрунтів застосовують матеріали, які крім CaCO₃ містять інші форми кальцію та магнію, наприклад доломітове борошно, гідроксид кальцію, магнію або їх оксиди (CaO, MgO). При розрахунках доз вапна їх потрібно перетворити в CaCO₃.

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.

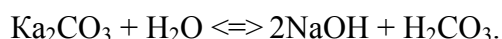
Враховуючи різне ставлення сільськогосподарських культур до реакції ґрунтового розчину, вапно у ґрунт вносять з таким розрахунком, щоб його максимальна дія виявлялась на культурах першої та другої груп і меншою мірою — на культурах третьої та четвертої груп.

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:



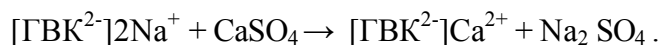
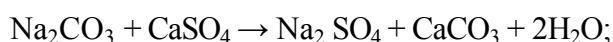
Тому солонці мають високу лужність (рН понад 8,5-9).

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 Na_2SO_4 , що утворюється при гіпсуванні, не шкодить рослинам. Але при багаторічному гіпсуванні солонців у ґрунті утворюється багато Na_2SO_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 відповідними формулами:

Найчастіше для меліорації солонців використовують гіпс і фосфогіпс. У гіпсі міститься 79-85% сульфату кальцію. 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. 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;
- 2) обробіток ґрунту чизельними розпушувачами на глибину 35-45 см або плантажну оранку на 60—70 см;
- 3) планування (вирівнювання) поверхні поля;
- 4) регулювання поверхневого стоку та влаштування дренажу та промивного водного режиму за рахунок зрошення і снігозатримання;
- 5) використання органічних і мінеральних добрив як засіб, що прискорює хімічну меліорацію і підвищує родючість ґрунту;
- 6) створення після меліорації сприятливого агробіологічного фону висівом солестійких рослин (у перші роки — буркуна, суданської трави, люцерни, а в міру окультурення — ячменю, озимої пшениці, сорго, цукрових буряків).

Боротьба з переущільненням ґрунтів. 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 дослідних установах НААН 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. 19).

19. Оптимальні значення щільності ґрунту для зернових культур

Зона	Ґрунт	Культура	Інтервал щільності, г/см ³
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 опідзолений важко- і середньосуглинковий	Зернові колосові	1,05-1,3
		Кукурудза	1,0-1,3
	Сірий опідзолений 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
Степ і Сухий Степ	Чорнозем звичайний і південний, темно-каштановий ґрунт	Горox	1,12-1,35
		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/см³. У лісостеповій зоні на сірих опідзолених ґрунтах, чорноземах опідзолених і типових залежно від гранулометричного складу оптимальна щільність становить 1,0-1,4 г/см³. У степовій зоні на чорноземах звичайних і південних, темно-каштанових ґрунтах оптимальна щільність становить 1,1-1,3 г/см³. 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 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 обробітці 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: $0,8-1,0 \text{ кг/см}^2$ — під час основного обробітку; $0,4-0,6 \text{ кг/см}^2$ — 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 щільувачів на еродованих та запливаючих ґрунтах.

8. Дотримання чергування культур у сівоzmінах, 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.

Агрономічна меліорація. 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 волого-накопичувальний 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 озимої пшениці, 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 сільськогосподарських 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 пізньозбирання попередніх культур — на 4-5 см.

Напівпаровий обробіток ґрунту застосовується для боротьби з бур'янами. Час, що залишається між збиранням попередніх культур і посівом 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 посіві 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 покриття.

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 прямого посіву 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 солому озимої пшениці, 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 озимої пшениці 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.

Тема 7. Раціональне використання і охорона зрошуваних земель

Грунтова-кліматична характеристика зрошуваних масивів України. Ефективність зрошення змінюється залежно від ґрунтова-кліматичних умов регіонів його застосування. Найкращі результати штучне зволоження ґрунту дає в районах з недостатньою природною вологозабезпеченістю. Регіони, де можна чекати високий ефект від зрошення, умовно визначаються за річною нормою опадів, що не перевищує 500 мм. Важливо при цьому враховувати розподіл їх протягом року – зрошення може виявитися високоефективним і при більшій кількості опадів, якщо вони випадають в основному в холодний період року. Не вся вода опадів використовується рослинами. Частина її втрачається під час стоку, частина проникає вглиб, за межі кореневмісного шару, деяка кількість випаровується з поверхні ґрунту. Втрати вологи залежать від ґрунтових умов, рельєфу місцевості, клімату і погоди.

За коефіцієнтом водного балансу в Україні виділяють дві зони зволоження: нестійкого (коефіцієнт близький до одиниці) і недостатнього (коефіцієнт менший одиниці). В основному зрошуваному масиві України, що розміщується в Одеській, Миколаївській, Херсонській областях і в Республіці Крим, коефіцієнт водного балансу становить 0,50-0,68.

Площа земель України, придатних для зрошення, становить 19,6 млн га. Вони розміщені в основному в Лісостепу і Степу. На 1 січня 1993 р. фактична площа зрошуваних земель в Україні досягла 2607 тис. га, але за роки, коли Україна переживала економічну кризу, площа зрошуваних земель зменшилась більш як на 70%. Сьогодні потенціал зрошуваних систем півдня України використовується лише на третину. Так, з наявних тут 1,77 млн га зрошуваних земель (без АРК) до поливного сезону у 2015 році було підготовлено лише 690,2 тис. га. У середньому щороку полив проводиться на площі 600 тис. га (при підготовленій до роботи площі понад 800 тис. га. Найефективніше використовуються зрошувані землі у Херсонській області: із наявних 426,8 тис. га зрошуваних земель у поливному режимі використовується 70%. (в Одеській області – 19%, у Дніпропетровській — 14%, у Миколаївській — 13 %).

Основними джерелами води для зрошуваних земель України є річки Дніпро, Дністер, Південний Буг, Сіверський Донець. Частину земель зрошують слабо-мінералізованими підземними, шахтними і стічними водами. У Лісостепу для зрошення використовують і дренажні стоки осушувальних систем.

Територія Лісостепу і Степу України характеризується складними кліматичними умовами. Клімат змінюється від достатньо зволоженого в західній частині Лісостепу до вкрай посушливого в південному Степу.

У Степу ґрунтовий покрив, як зазначено вище, змінюється від чорноземів звичайних на півночі до темно-каштанових і каштанових ґрунтів на півдні. У цьому ж напрямку підвищуються рівень і мінералізація підґрунтових вод, збільшуються засоленість, солонцюватість і осолодіння ґрунту.

Основними профілактичними заходами щодо запобігання повторних процесів деградації зрошуваних ґрунтів є: суворе нормування водо-користування,

виключення фільтрації з водопідвідної мережі, дотримання поливних норм, удосконалення техніки поливу, а також високий рівень агротехніки і правильна система удобрення. Для ефективного використання подових земель необхідно будувати дренаж, проводити заходи по захисту ґрунтів від поверхневого затоплення, періодично розпушувати ілювіальні горизонти ґрунтів, збагачувати їх органічною речовиною для поліпшення водно-повітряного режиму і збільшення внутрішньо-ґрунтового стоку. У сухому південному Степу, крім перелічених меліоративних заходів, необхідно застосовувати хімічні методи меліорації солонців і засолених ґрунтів. При цьому слід враховувати, що розсолення і розсолонцювання ґрунтів можна провести тільки на фоні дренажу, який забезпечує високий відтік промивних вод.

Різноманітність ґрунтово-кліматичних умов України спрямовує вчених і спеціалістів виробництва на творчий і диференційований підходи до зрошення і технологій вирощування сільськогосподарських культур на різних земельних масивах, потребує вкладення максимальних зусиль і знань у процес інтенсивного використання зрошуваних земель.

Екологічні проблеми і природоохоронні заходи при зрошенні. Поряд із позитивним впливом зрошення на продуктивність рослин, за певних недостатньо контрольованих умов воно пов'язане з погіршенням екологічного становища.

Збереження природно утвореної сприятливої для землеробства рівноваги в природному середовищі потребує постійної уваги і зусиль – застосування захисних заходів, які усувають забруднення середовища і порушення природних процесів.

Виникають важливі напрями сучасного землеробства – екологізація і біологізація. Завдання їх полягає в утворенні сприятливих умов ґрунтового, водного й повітряного середовища, при яких найбільш повно реалізується генетичний потенціал продуктивності культур і забезпечується одержання біологічно чистої продукції (див. Системи землеробства і сівозміни на зрошуваних землях).

Особливого значення екологізація і біологізація набувають в умовах зрошення в зв'язку з необхідністю запобігти і усунути ряд негативних процесів, що викликаються зрошенням.

Небезпека погіршення навколишнього середовища пов'язана з недосконалістю раніше побудованих зрошувальних систем, спостереженням водозберігаючих режимів зрошення, вимог науково обґрунтованої технології вирощування культур, викликається іншими причинами, які мають місцевий характер. Більшу частину їх можна усувати. Серед негативних процесів особливої уваги заслуговують як найбільш небезпечні – засолені ґрунти, їх заболочування, втрати гумусу і погіршення фізичних властивостей ґрунту, забруднення скидними водами рік, озер і морів.

Засолення ґрунту, його шкідливість, причини і засоби боротьби з ним. Близько 40% загального фонду іригаційне підготовлених земель України в тій чи іншій мірі засолені. За певних умов зрошення може погіршувати їх стан і сприяти вторинному засоленню нових площ.

Засолений ґрунт містить підвищену кількість розчинних солей, що збільшують його водоутримну здатність. При зниженій вологості водоутримувальна здатність дуже засоленого ґрунту майже в 4 рази більша, ніж слабо-засоленого.

Солі підвищують осмотичний тиск ґрунтового розчину, що послаблює надходження води в рослину, виникає явище фізіологічної посухи. Серед розчинних солей є шкідливі для рослин – сода, хлориди, сульфати; навіть порівняно невелика кількість їх (0,2-0,5% маси сухого ґрунту) може виявитися згубною для них. Токсичні також іони CO_3 , HCO_3 , Cl , SO_4 . Повна відсутність цих елементів несприятлива для рослин, але їх кількість не повинна перевищувати поріг шкідливості.

На засоленому ґрунті рослини пригнічені, затримуються в рості й розвитку, частина їх гине (випадає), урожайність різко знижується. Культурні рослини дають порівняно хороший урожай при загальному вмісті всіх солей у кореневмісному шарі 0,1 – 0,25% маси ґрунту, при 0,25-0,5% знижується урожай і погіршується його якість, при вмісті їх понад 0,5% рослини дуже пригнічені й не розвиваються.

Вміст солей у ґрунті динамічний. Відмічається сезонна міграція їх у кореневмісному шарі. Кількість солей зменшується в холодну пору і збільшується в літні місяці, коли посилюється їх винесення потоком води, яка піднімається до випаровуючої поверхні.

Родючість ґрунту знижується також внаслідок збільшення кількості поглинутого натрію і солонцюватості. Солонцюваті ґрунти відзначаються водопроникністю, вузьким інтервалом вологості, відповідною орною (фізичною) сплістю, сильною запливністю, безструктурністю. На солонцюватих ґрунтах важко одержати дружні сходи, під час розвитку рослини часто відчують нестачу води і живлення, продуктивність їх невисока.

Солестійкість сільськогосподарських культур. Осмотична дія солей виражається в зневодненні цитоплазми клітин, а токсична - в порушенні обміну речовин, насамперед азотних сполук. При цьому пригнічується синтез білків або посилюється їх розпад, внаслідок чого нагромаджується аміак, підвищується вміст деяких амінокислот, діамінів, сульфоксидів та ін. Це призводить до отруєння клітин.

До найбільш солестійких культур належать цукрові й кормові буряки, соняшник, ріпак, озимий ячмінь, кавуни; середньо-стійких – овес, пшениця, ярий ячмінь, люцерна другого року життя, суданська трава; низько стійких – багато овочевих культур, картопля, горох, конюшина, зерняткові плоди, персик, абрикос.

У більшості сільськогосподарських культур солестійкість змінюється під час розвитку. Найбільш слабка вона у період проростання і початкового росту. Рис відзначається слабою солестійкістю в період з'явлення сходів, в міру розвитку стійкість його до солей підвищується, а після виходу в трубку знову дещо знижується.

Причини засолення ґрунту. Солі, що нагромаджуються в ґрунтах зони зрошуваного землеробства, надходять головним чином з ґрунтових шарів та з

підґрунтових вод, де вони в тій чи іншій мірі нагромаджуються незалежно від зрошення. Солі надходять також із зрошувальними водами, виникаюче при поливах засолення ґрунтів не можна в усіх випадках пов'язувати тільки із зрошенням. Одна з найважливіших причин засолення - близькість до орного шару мінералізованих підґрунтових вод і винесення солей у верхні шари ґрунту висхідними капілярними потоками.

Повторному засоленню сприяє випаровування ґрунтом і рослинами води, в якій розчинені мінеральні солі. Вони нагромаджуються в орному шарі і в рослинах. Після мінералізації останніх солі також відкладаються в ґрунті.

У результаті низької агротехніки і недосконалості зрошувальних систем, а також недостатньої вивченості геологічних та інших умов може бути викликане підвищення рівня підґрунтових вод, посилення їх капілярного підйому до поверхневих шарів ґрунту і винесення до них солей.

Отже, засоленню ґрунту сприяє надлишок і втрати води при зрошенні, сильна випаровуваність вологи ґрунтом, наявність солей у ґрунтовій і поливній воді, близькість соленосних шарів.

Ефективні засоби боротьби із засоленням і заболочуванням зрошувальних земель не можна розглядати без врахування конкретних природних і господарських умов.

Засоби, що запобігають засоленню ґрунту. У боротьбі із засоленням ґрунту треба застосовувати агрономічні та інженерні (гідромеліоративні) заходи. Залежно від природних і економічних умов значення їх може змінюватися.

Для даних умов ґрунту визначають критичну глибину залягання підґрунтових вод, вище якої не допускається їх піднімання, оскільки може відбутися засолення орного шару і всього шару ґрунту, де розміщується більша частина коріння рослин. Для піщаних ґрунтів прийнято вважати критичною глибину залягання підґрунтових вод 1 м від поверхні ґрунту, для суглинкових – 3 м і більше.

Щоб зменшити просочування води за межі кореневмісного шару, необхідно виключити полив надмірними нормами, строго дотримуватися планів водокористування. Норми поливу повинні створювати запас води в ґрунті на міжполивний період. Це досягається зволоженням активного шару ґрунту на повну глибину. Не можна допускати місцевого нагромадження води на поверхні ґрунту, що призводить до підйому рівня підґрунтових вод або з'явлення верховодки. Для проведення високоякісних поливів необхідні ретельне планування полів і застосування сучасних методів механізованого розподілу води на поверхні поля.

Для механізованого розподілу води все ширше застосовують полив за допомогою дощувальних агрегатів і установок, що регулюють її подачу. Полив дощувальними машинами з низькою і середньою інтенсивністю дощу (до 0,3 мм/хв) не створює загрозу для засолення. Необхідно ширше впроваджувати ще більш економічні способи поливу – аерозольний, внутрішньо-ґрунтовий, у спеціальних випадках крапельний та ін.

Засолення ґрунту пов'язане також із якістю зрошувальної води, оскільки вона може бути одним із джерел солей, які надходять у ґрунт. Ім менша проникність ґрунту і більше ґрунтове випаровування, тим нижча допустима границя солей у воді. Небезпечність засолення посилюється в міру збільшення частки Na від ємності катіонного обміну ґрунту.

Допустима концентрація (ГДК) поливної води не перевищує 0,5-0,6 г/л при співвідношенні лужних і лужноземельних катіонів менше одиниці: $Na : Ca < 1$; $Na : (Ca + Mg) < 0,6$. Використання більш мінералізованої води (0,8-1,5 г/л) можливе лише за умови, якщо до її складу входить іонів кальцію більше, ніж іонів натрію і магнію.

При вимушеному використанні для поливу слабо-мінералізованих вод з несприятливим іонним складом ($Na:Ca > 1$) необхідні спеціальні заходи, які знижують негативну дію води: додавання до води сполук, що містять кальцій, застосування підвищених норм органічних добрив, систематичне внесення фосфогіпсу, внесення мінеральних добрив у вигляді кальцієвої селітри, карбаміду, нітрофосу, вирощування багаторічних трав, періодичний промивний режим.

Агротехнічні заходи боротьби із засоленням. Поряд із гідромеліоративними заходами по контролю за станом ґрунту і запобіганню засолення важливе значення мають агротехнічні заходи, які застосовують під час експлуатації зрошувальних систем. Вони спрямовані на поліпшення фізичних властивостей ґрунту, зменшення капілярного підняття вологи до поверхневих шарів, зниження ґрунтового випаровування вологи, поліпшення водно-повітряного режиму ґрунту за допомогою культурних рослин.

Для запобігання повторному засоленню впроваджують сівозміни з посівами люцерни чи її сумішок з багаторічними злаковими травами. Багаторічні трави, які розвивають могутню, що проникає вглиб ґрунту на 2-3 м і більше, кореневу систему, поглинають величезну кількість вологи, сприяють зниженню рівня підґрунтових вод. Активне водоспоживання триває протягом теплого сезону, оскільки люцерна дає до 5-6 укосів за рік. Винесення солей у поверхневі шари зменшується також внаслідок того, що густий рослинний покрив люцерни захищає ґрунт від випаровування.

Велике значення в боротьбі з повторним засоленням має поліпшення фізичного стану ґрунту і потенційної його родючості. За 2-3-річний період виростання люцерни при хорошій агротехніці вміст гумусу в орному шарі може збільшитися на 0,4-0,5% маси ґрунту. Після розорювання люцерни зростає кількість водостійких агрегатів ґрунту. В структурному ґрунті зменшуються капілярний підйом води до поверхні та поверхнєве випаровування. Капілярний зв'язок роз'єднується також коріннями цієї культури. Внесення органічних і мінеральних добрив посилює окультурювальну дію багаторічних трав, а також однорічних культур на ґрунт, у тому числі на його структуру.

Комплекс сприятливих умов, що створюються в зрошуваному ґрунті при вирощуванні люцерни, дає змогу розглядати її вирощування як «біологічний дренаж», який відтягує процес засолення. Поліпшення ґрунту не обмежується вивільненням кореневмісного шару від надлишку води — поліпшується

загальний рівень ґрунтової родючості. У зв'язку з цим урожай сільсько-господарських культур після розорювання люцерни на засолених ґрунтах значно підвищується.

Інші культури також захищають зрошуваний ґрунт від випаровування. Тому потрібно турбуватися про достатню густоту культурних рослин і після культур, що рано збирають, проводити повторні посіви для затінення поверхні ґрунту і одержання другого чи третього врожаю.

Важливу роль у запобіганні повторному засоленню відіграє обробіток ґрунту. При глибокій оранці припиняється капілярний зв'язок найбільш родючих шарів ґрунту з більш глибокими шарами, внаслідок чого припиняється інтенсивне винесення солей в орний шар, а хороша водопроникність зораного шару сприяє вимиванню їх зрошувальними водами в підорний шар. При глибокій оранці зменшується кількість шкідливих солей в орному шарі. Але якщо підорний шар вже засолений, то поглиблення оранки дає негативний результат внаслідок винесення плугом на денну поверхню неродючого шару. В таких випадках більш ефективні оранка з ґрунто-поглибленням або глибокий безполицевий обробіток.

Правильний поверхневий обробіток ґрунту також відіграє суттєву роль у запобіганні повторному засоленню. Таким обробітком знищується кірка, що утворюється після дощів і подивів. У результаті поверхневого обробітку верхні шари ґрунту набувають дрібногрудкуватої структури, скорочується капілярний зв'язок поверхневих шарів з більш глибокими, зменшується ґрунтове випаровування, а отже, і відкладання солей у ґрунті.

Опріснювальні поливи. Запобіжні засоби не усувають повністю загрозу засолення. Вони значно віддаляють його, і, коли засолення досягає певної межі, доводиться застосовувати опріснювальні поливи. Промивання починають з поливу, який насичує ґрунт до найменшої вологості. Через 3-7 днів, необхідних для розчинення солей, роблять повторний полив, який витісняє насичену солями воду за межі кореневмісного шару. На легких ґрунтах інтервал між поливами короткий, на важких – триваліший. Разова промивна норма повинна становити 30-40% НВ. Чим сильніше засолений ґрунт, тим більше проводять разових промивань: при слабому засоленні – 1-2, при середньому – 2-3, при сильному – 3-4. При всіх способах промивання ґрунтів потоки промивних вод відводяться за межі ділянки, що промивається, за допомогою раніше обладнаного дренажу (горизонтального чи вертикального). У степових районах, де застосовують поливи дощуванням, також можна проводити опріснювальний полив.

На промитих ґрунтах у перший рік вирощують цукрові або кормові буряки, ячмінь або суданську траву; на другий рік поле доцільно засівати люцерною й виконувати весь комплект агротехнічних та інших запобіжних заходів щодо повторного засолення.

Осолонцювання зрошуваного ґрунту і боротьба з ним. При зрошенні мінералізованими водами спостерігається осолонцювання ґрунту. Воно полягає у тому, що обмінно-поглинений кальцій замінюється натрієм. Цей процес залежить від складу солей зрошувальної води, реакції середовища, наявності кальцію і

гумусу в ґрунті і деяких інших умов. За ГОСТом 25900-83, ступінь небезпечності осолонцювання при зрошенні дуже малий, якщо частка поглинутого Na^+ не більша 3-4% від ємності катіонного обміну ґрунту; малий, коли частка не більше 10%; середній, коли частка від 10 до 15%, і сильний, коли частка 15% і вище.

Знаючи умови, при яких посилюється проти осолонцююча буферність, можна успішно розробити заходи, які запобігають осолонцюванню і зменшують солонцюватість ґрунту. Особливе місце серед них займає гіпсування. Воно змінює гідрофільність та інші водні властивості ґрунту. Підвищується його водопроникність, зменшуються набрякання, розтріскування, утворення кірки, припиняється пересування колоїдів. Поліпшуються мікроагрегатний і агрегатний склад ґрунту, його водопроникність, збільшується водостійкість грудочок, швидше настає фізична спільність. Гіпсування ґрунту доцільно поєднувати з внесенням гною.

Солонці поліпшують внесенням гіпсу по 5-10 т/га залежно від кількості поглинутого натрію. У деяких випадках можна обмежитися промивними поливами тільки на солонцювих плямах.

Велике значення має розпушування ущільненого ілювіального горизонту, в результаті чого поліпшуються водо- і повітропроникність, умови для вимивання солей, формування і діяльності кореневої системи рослин, підвищується активність мікроорганізмів. Розпушення ілювіального горизонту може бути досягнуто поглибленням оранки, якщо її поєднують з внесенням гіпсу і гною.

Ученими опрацьовані й рекомендуються агробіологічний, хімічний і комплексний методи меліорації солонців. В усіх випадках треба підтримувати рівень підґрунтових вод нижче критичної глибини і управляти водно-сольовим режимом ґрунту шляхом проведення поливів в оптимальні строки.

Агробіологічний метод найбільш доступний в умовах виробництва і екологічно чистий. Основний меліоруючий фактор – глибокий обробіток ґрунту (триярусним або плантажним плугом) на глибину 40-45 см. При цьому руйнується щільний солонцевий горизонт і переміщується з природним, гіпсоносним шаром, якщо він залягає на глибині, доступній для обробітку знаряддями.

У меліоративний період обов'язкове вирощування багаторічних бобових культур (наприклад, люцерни), які потребують підвищених зрошувальних норм (3500-5000 м³/га), що створює умови для винесення з кореневмісного шару водорозчинних солей.

Найбільш ефективний цей метод на середніх і глибоких солонцях. Хімічний метод необхідний на солонцях з високим заляганням карбонатів, а також при содовому засоленні. Він полягає у внесенні сполук, які містять кальцій чи сірку, і поєднується з біологічним впливом на ґрунт люцерни.

Комплексний метод меліорації солонців найбільш ефективний. Він реалізується в умовах меліоративної сівозміни (із збільшеною часткою багаторічних бобових трав) і полягає в узгодженому застосуванні промивного режиму зрошення з внесенням хімічних речовин і органічних добрив на фоні глибокого обробітку ґрунту.

Рекомендуються такі варіанти комплексного методу: застосування меліоранту, що містить кальцій, оранки на глибину 22- 25 см з ґрунто-поглибленням до 40-45 см, промивного режиму зрошення; застосування меліоранту, що містить сірку, триярусної оранки на 40-45 см, промивного режиму зрошення в умовах меліоративної сівозміни. Кількість меліорантів – розрахункова кількість гною для відтворення гумусу – 60-150 т/га.

Засоби, що запобігають заболочуванню ґрунту і забрудненню відкритих водоймищ. Заболочування – нерідке явище при роботі конструктивно недосконалих зрошувальних систем. При заболочуванні погіршується аерація ґрунту, оскільки повітря витісняється водою, у ґрунті переважають анаеробні процеси, несприятливі для нормального живлення рослин; розвивається оглеєння, що призводить до розпаду водостійких агрегатів, диспергування, зменшення водопроникності ґрунту; з'являються шкідливі для рослин закисні сполуки. Головна причина заболочування – витрата води на фільтрацію зрошувальних систем. У результаті недосконалості старих зрошувальних систем в умовах півдня України майже третя частина зрошувальної води втрачається, не доходячи до поля. Втрати води на зрошуваному полі також можуть стати джерелом поповнення підґрунтових вод. Будь-яке перезволоження поля небезпечне, особливо на погано спланованому полі.

До агрокомплексу заходів, що запобігають засоленню і заболочуванню, належить впровадження сівозмін з люцерною та іншими багаторічними травами. Люцерна, що має могутню кореневу систему, яка заглиблюється до 3-5 м, внаслідок десукції знижує рівень підґрунтових вод на 0,7-1 м. До цих заходів належать також насадження лісових смуг вздовж магістральних каналів, які переймають коріннями і випаровують значну кількість вологи. У необхідних випадках підґрунтові води відводять, використовуючи дренажну мережу.

Проблема утилізації дренажного стоку – одна з найважливіших у зрошуваному землеробстві. Трудність полягає в опрісненні та в очищенні від шкідливих домішок дренажних вод. Вихід знаходять в опрісненні скидних вод прісними, додаванні гіпсу, фосфогіпсу, вапняку. Використовують воду з підвищеною мінералізацією для поливу солестійких культур.

Засоби боротьби з іригаційною ерозією. Іригаційна ерозія виникає при поливах з великою витратою води, коли швидкість її подачі перевищує швидкість вбирання ґрунтом. Це призводить до площинного змивання верхнього родючого шару ґрунту, розмивання тимчасової зрошувальної мережі та скидних каналів.

Іригаційна ерозія посилюється при нарізуванні поливних борозен із значними позовжніми схилами. Нерідко посилення ерозії пов'язане із завищеними скидами зрошувальної води, відсутністю чи неправильним застосуванням протиерозійного обробітку ґрунту. Небезпека іригаційної ерозії особливо зростає на ділянках із схилами вище 0,01.

Для запобігання іригаційної ерозії важливо підтримувати поливну техніку в справному стані, строго дозувати поливну норму; при нарізуванні тимчасової зрошувальної мережі враховувати значення її уклону, мінімальний уклон

повинен бути в межах 0,0007-0,0008, максимальний, для запобігання розмивів, не більше 0,005-0,006; при схилах до 0,0008-0,008 застосовують поздовжню схему розміщення тимчасової зрошувальної мережі, на ділянках з уклоном 0,01-0,04 – поперечну.

Завдання боротьби з іригаційною ерозією слід передбачати ще при впровадженні сівозміни. Поля повинні розміщуватися довгою стороною впоперек схилу. Це полегшує нарізування зрошувачів з потрібним уклоном, дає можливість обробляти ґрунт впоперек схилу. Дослідами встановлено, що при сівбі впоперек схилу зменшується змивання ґрунту при дощуванні.

Чим більше виражена крутизна схилу і змитість ґрунту, тим менший має бути розрив між посівами багаторічних трав і однорічних культур – при крутизні вище 0,8-0,11, допустимий розрив 2-3 роки, на більш пологих схилах – 4-5 років.

Добре виражені протиерозійні якості в озимих культур звичайної рядкової сівби, потім у ярих зернових, олійних та зернобобових культур, однорічних бобово-злакових трав звичайної рядкової сівби. Найменше виражені протиерозійні якості у просапних культур.

Тема 8. Рекультивація порушених земель та їх ефективне використання

Рекультивація земель — це комплекс робіт, спрямованих на відновлення продуктивності і господарської цінності порушених земель, а також на поліпшення умов довкілля відповідно інтересам суспільства. Будь-яке будівництво, добування корисних копалин, геологорозвідка тощо не починаються, доки не буде розроблено проект рекультивації порушеного ґрунтового покриву.

Рекультивація земель — один з ефективних заходів у вирішенні питань раціонального використання земельних ресурсів і проблеми охорони природи в цілому. Рекультивації підлягають усі землі, що зазнають змін у рельєфі, ґрунтовому покриві, материнських та підстеляючих породах, що відбуваються або вже відбулися у процесі гірничих, будівельних, гідротехнічних, геологорозвідувальних та інших робіт. Слід рекультивувати також еродовані ґрунти, а при відповідних умовах шляхом землювання — кам'янисті місця і землі з неглибокими і низькопродуктивними ґрунтами.

Основне завдання рекультивації полягає в тому, щоб виконати комплекс спеціальних робіт і заходів, довести порушені землі до стану, придатного для їх використання у сільському, лісовому, рибному господарствах, для промислового та комунального будівництва, створення тепличних господарств і зон відпочинку.

Рекультивація має соціальне значення у справі виховання бережливого ставлення до природних ресурсів і, зокрема, земельних багатств України.

Підприємства, організації та установи, що виконують згадані вище роботи на сільськогосподарських землях, лісових угіддях, наданих їм у тимчасове користування, зобов'язані власним коштом довести ці земельні ділянки до стану, придатного для їх використання за призначенням.

Порушені землі доводять до придатного стану в ході гірничо-видобувних та інших робіт, а при неможливості — не пізніше, ніж за рік після їх завершення, виключаючи період промерзання ґрунту.

Роботи з рекультивації порушених земель виконують поетапно і поділяють на технічну та біологічну рекультивацію.

Обсяг робіт технічного стану рекультивації залежить від стану порушених земель і виду запланованого використання. Ділянки, підготовлені до стану придатності для несільськогосподарського використання (під парки, водойми, промислове і комунальне будівництво тощо) передаються відповідним організаціям у встановленому порядку. Ділянки, що призначені для сільськогосподарського і лісового господарства після гірничо-технічного етапу рекультивації, повертаються або передаються відповідним сільськогосподарським чи несільськогосподарським підприємствам для здійснення заходів біологічної рекультивації і подальшого використання за призначенням.

Знімання родючого шару ґрунту є обов'язковим при всіх видах робіт по видобуванню корисних копалин, промислового будівництва, будівництві

житлових і комунальних об'єктів, доріг і гідротехнічних споруд, а також при відведенні родючих земель під териконники, відстійники, ложа ставків і водосховищ тощо. Знятий шар складують або вивозять на малопродуктивні землі, розташовані неподалік (еродовані, піщані, солонці та ін.) для подальшого відновлення родючості порушених земель.

Глибина знімання родючого шару визначається глибиною гумусового профілю ґрунту та вмістом в ньому гумусу. Знімається гумусово-аккумулятивний горизонт ґрунту.

Біологічна рекультивація — це комплекс заходів щодо створення сприятливого водно-повітряного та поживного режимів ґрунту для сільськогосподарських і лісових культур.

Комплекс заходів біологічної рекультивації земель для сільськогосподарського використання визначається фізико-хімічними властивостями підстиляючих порід і нанесеного родючого шару ґрунту або потенційно родючої породи. Цей комплекс охоплює запровадження сівозмін, насичених культурами на сидеральне добриво, внесення підвищених норм органічних і мінеральних добрив, мульчування тощо.

На ділянках, що відводяться лісовому господарству, основний біологічний вплив на відновлення порушених земель мають лісові насадження. При підготовці земельної ділянки під лісові культури верхній шар збагачують сидератами, мульчують. При посадці вносять добрива.

Технічний етап рекультивації. До комплексу робіт технічного етапу належать: вирівнювання, формування укосів, знімання, транспортування та нанесення на рекультивовані землі ґрунту або потенційно родючих порід, докорінна меліорація, будівництво доріг, спеціальних гідротехнічних споруд.

Розкривні роботи без проекту рекультивації земель залишають після себе хаос, так званий місячний ландшафт, що забруднює і отруює навколо ґрунти, воду, повітря, природу. Будь-яке добування корисних копалин повинне передбачати, як порушені землі будуть відновлені і використовуватимуться у майбутньому. Це має бути відбито у проекті рекультивації порушених земель. Останній висуває певні вимоги до технічного етапу. Він визначає, в якому порядку слід здійснювати розкриття гірських порід і переміщення у відвали, щоб полегшити їх подальше використання. Проектанти розробляють технологічні схеми селективного розкриття гірських порід і селективного відсипання відвалів.

Найпоширенішими вимогами до технічного етапу рекультивації є такі:

- а) селективне знімання родючих гумусованих горизонтів ґрунту;
- б) селективне знімання потенційно родючої породи (переважно леси та лесовидні суглинки);
- в) переміщення до відвалів суміші безплідних і токсичних порід;
- г) своєчасне огрублене планування (вирівнювання) відвалів з токсичними та індиферентними породами для забезпечення рівномірного їх осідання;
- д) ретельне планування відвалів після осідання;

є) покриття токсичних порід після їх ретельного планування шаром глинистих порід, що не допускає міграції токсичних елементів до коренемісткого шару;

є) нанесення шару потенційно родючої породи завтовшки 1,5-2 м;

ж) покриття відвалів шаром родючого ґрунту завтовшки 30—50 см.

Бувають і відхилення від цієї загальної схеми. Наприклад, якщо шар потенційно родючої породи досить потужний, то ним можна перекривати токсичні та індиферентні породи без ретельного вирівнювання відвалів і без створення екрану з глинистих порід. Після глибокого вирівнювання екскаваторних відвалів на них наносять шар лесовидного суглинку завтовшки 3-5 м. Після усадки та розрівнювання його покривають ґрунтом гумусованих шарів. Гумусовані шари ґрунту є дуже цінний ресурс. Згідно з законодавством, при всіх видах будівельних робіт його слід знімати, складувати і використовувати за призначенням для біологічної рекультивації.

Виділяють такі *технологічні схеми робіт по зніманню ґрунтового шару та нанесенню його на відвали*:

- технологічна схема з застосуванням скрепера та бульдозера. Знімання гумусового шару ґрунту і транспортування на відвали виконується скрепером. Доставлений до відвалу ґрунт за допомогою бульдозера рівномірно розподіляється по поверхні відвалу;
- технологічна схема із використанням екскаватора, автосамоскида та бульдозера. Вона застосовується при транспортуванні ґрунту на більші відстані;
- технологічна схема із застосуванням екскаватора, стрічкового конвеєра, відвало-формуєча та бульдозера. Ґрунт виймають екскаватором, завантажують у бункер стрічкового конвеєра, який транспортує ґрунт на зовнішній та внутрішній відвали, де він розрівнюється бульдозером.

Кожному виду робіт по реутилізації родючого шару відповідають спеціальні машини.

При безпосередньому екскаваторному перевалюванні розкриву у внутрішні відвали при їх селективному формуванні висота верхнього виступу обмежується глибиною сприятливих для біологічної рекультивації структурних порід. Глибина гумусованого шару ґрунту, що знімається окремо, визначається його агрохімічними та фізико-хімічними властивостями. Знімають і складають усі горизонти з вмістом гумусу понад 1%. Але слід враховувати зональні особливості будови профілю ґрунту. Орієнтована потужність шару ґрунту, що знімається, може бути такою, см:

- а) дерново-підзолисті окультурені ґрунти — 15-20;
- б) ясно-сірі та сірі опідзолені ґрунти — 15-30;
- в) темно-сірі опідзолені ґрунти — 40-50;
- г) чорноземи типові, вилуговані, опідзолені та реградовані 100-120;
- д) чорноземи звичайні — 40-70;
- є) чорноземи південні та темно-каштанові ґрунти — 35-50;

є) каштанові ґрунти 20-30.

Рекультивована ділянка, що відводиться під біологічну рекультивацію, підлягає внутрішньогосподарській організації території. На ділянках, покритих потенційно родючим шаром, на період біологічної рекультивації вводиться меліоративна сівозмінна, влаштовується мережа доріг, захисних лісонасаджень і гідротехнічних споруд.

Борти відпрацьованих кар'єрів зрізають залежно від стійкості порід із закладенням укосів від 1:1 до 1:2 або споруджують на них терасовидні уступи для посадки лісових культур. Дно таких кар'єрів може бути відведено під біологічну чи будівельну рекультивацію. Інколи доцільно створити на них водойми і зони відпочинку.

Технічний етап рекультивації *при будівництві шляхів та інших лінійних об'єктів* полягає у зніманні в порушеній смугі шару ґрунту, створенні насипів з підґрунтя і покритті резервних ділянок гумусованим шаром.

При шахтному способі видобування корисних копалин пуста порода знову повертається у вироблені штреки. При неможливості повернення її у штреки створюються зовнішні відвали (терикони, териконники), під які відводяться малопродуктивні землі чи яри. Після 2-3-річного осідання відвали вирівнюють, покривають потенційно родючою породою, шаром ґрунту та передають для біологічної рекультивації.

При підземному добуванні корисних копалин може відбуватися деформація поверхні ґрунту внаслідок осідання. Залежно від характеру деформацій у межах шахтного поля на поверхні знімається шар ґрунту, провали засипаються, розрівнюються і після остаточного осідання вирівнюються і покриваються шаром ґрунту.

Під час *геологорозвідувальних робіт* гумусовий шар ґрунту знімають повністю. Після закінчення буріння зняті шари ґрунту і підґрунтя повертають на попереднє місце. Якщо необхідно, проводять хімічну меліорацію і внесення підвищених норм органіки.

Біологічний етап рекультивації — це етап загальної рекультивації, що охоплює комплекс агротехнічних і фітомеліоративних заходів для підвищення родючості порушених земель.

Біологічна рекультивація може бути сільськогосподарською або ліською.

Сільськогосподарська рекультивація слугує для підготування землі під рілля, багаторічні насадження чи природні кормові угіддя. Найсуворіших вимог слід дотримуватися під час біологічної і технічної рекультивації земель, що відводяться під рілля. У цьому випадку потрібні селективне відсіпання відвалів, перекриття токсичних порід 0,5-метровим шаром глини, потенційно родючою породою завтовшки 1,5-2 м, а також поверхневим шаром ґрунту, 5-10-річний період відновлення родючості з вирощуванням багаторічних трав, внесенням високих норм органічних і мінеральних добрив. Після такої рекультивації ці землі можна використовувати інтенсивно. За потенційною та ефективною родючістю вони можуть не поступатись перед зональними ґрунтами. У зоні поширення родючих чорноземів під рілля слід рекультивувати не більше 70% порушених земель. Решту 30% відводять під

укуси відвалів, терасовидні уступи, під'їзні шляхи, протиерозійні споруди. Ці землі заліснюють або залужують травами.

Велике значення має глибина насипного гумусованого шару. В табл. 20 наведено дані про вплив глибини цього шару на урожайність суданської трави та озимої пшениці.

20. Вплив глибини гумусованого шару на урожай

Глибина гумусованого шару , см	Зелена маса суданської трави, ц/га		Озима пшениця	
	урожай	приріст	урожай	приріст
Контроль(суміш ґрунт+лес)	18		11	
20	65	47	17,1	6,1
30	115	97		
40	153	135	30,7	19,7
50			39,2	28,2
60	192	174	41,9	30,9
80-100	340	322	41,1	30,1

Для зернових культур вплив глибини насипного шару ґрунту спостерігається до глибини 50-60 см.

У загальному випадку економічно доцільним є насипання гумусового шару ґрунту до глибини 50 см.

Порушені землі мають несприятливі режими, на них навіть багаторічні трави потребують удобрення. Найбільші прирости врожаю були отримані у варіанті з повним мінеральним добривом.

Для відновлення родючості і підвищення врожайності сільськогосподарських культур велике значення мають норми внесення добрив. Так, при вирощуванні зеленої маси люцерни урожайність за два укоси у контролі без добрив складала 132 ц/га, при внесенні $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 281, при внесенні гною (20 т/га) – 205. При вирощуванні вівса на контролі отримано 9,7 ц/га, , при внесенні $N_{100}P_{100}K_{100}$ – 25,3, при внесенні $N_{200}P_{200}K_{200}$ – 31,6 ц/га.

У меліоративний період рекультивації найдоцільніше вирощувати багаторічні трави, особливо бобові — люцерну, еспарцет, буркун — з використанням їх як сидератів. Ці культури менше реагують на порушення ґрунтового покриву і погіршення поживного та водного режимів.

Після проходження меліоративного періоду рекультивовані землі включають до складу ріллі під польові, кормові і ґрунтозахисні сівозміни.

Створення кормових угідь на рекультивованих землях є найдоцільнішим тоді, коли не вистачає гумусованого шару для їх покриття. Дослідження продуктивності різних видів трав на відвалах, покритих лесовидними породами, показує, що люцерна синьогібридна без внесення добрив майже у 10 разів продуктивніша за злакові трави. Травосуміші забезпечують більш високу врожайність, ніж чисті посіви багаторічних трав.

На рекультивованих землях без покриття гумусованим шаром створюють сіяні сіножаті, які підвищуватимуть їх потенціальну родючість. Пасовища на них створювати нераціонально, тому що тварини копитами розбиватимуть вузли кущення багаторічних трав, призводячи до їх випадання.

При протиерозійній організації території рекультивованих земель під залуження відводять укоси відвалів, щоб травостій попереджав розвиток водної ерозії. Для підвищення ґрунтозахисної ефективності багаторічних трав після нанесення потенційно родючого шару на укоси відвалів їх ще покривають і родючим шаром ґрунту.

При створенні багаторічних насаджень на рекультивованих землях вимоги до технічного етапу рекультивації є такими ж, як і при відведенні рекультивованих земель під рілля.

Під *лісову рекультивацію* можна відводити відвали з різними ґрунтосумішами без селективного відсипання. Якщо ґрунтосуміші токсичні, проводять їх хімічну меліорацію або перекривають потенційно родючими породами. Менш строгими у даному випадку є і вимоги до загального планування (вирівнювання) відвалів.

Деревні породи мають різну спроможність до росту на відвалах. На схилах кам'яновугільних та манганових виробок найпристосованішими виявилися акація біла, в'яз дрібнолистий, жимолость татарська і навіть сосна звичайна.

Складовою частиною проекту рекультивації земель є протиерозійні заходи: будівництво водозатримних і водовідвідних валів, водоскидних споруд, терасування, залуження та заліснення, застосування ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Тема 9. Точне землеробство – новий етап розвитку агропромислового виробництва

Зростання цін на насіння, мінеральні добрива, засоби захисту рослин, техніку та інші засоби виробництва в сільському господарстві призводить до необхідності підвищувати ефективність їх використання.

Перед керівниками і спеціалістами сільського господарства стоїть завдання підвищення рівня менеджменту, як важливого фактора для досягнення результативного господарювання. Поставлену задачу вирішує новий напрямок під назвою «точне землеробство», яке в даний час набуває все більшого поширення в багатьох країнах. Точне землеробство - новий етап розвитку науки і практики, ІТ агрономії, технології обробітку польових культур, внесення добрив, обробки ґрунтів, сільськогосподарської техніки і взагалі в управлінні сільськогосподарським виробництвом. Його виникнення і становлення зобов'язане проникненню до аграрного сектору нових технічних досягнень, таких як географічні інформаційні системи, глобальні системи позиціонування, бортові комп'ютери і засоби управління технологічними операціями в режимі on-line. Землеробство, хоча і є досить консервативним середовищем, все ж не могло залишитися в стороні від нових інформаційних технологій.

Існує декілька визначень поняття «Точне землеробство», кожне з яких підкреслює певні сторони цього напрямку розвитку аграрного виробництва.

Умовно кажучи, точне землеробство – це оптимальне управління кожним квадратним метром поля. Метою такого управління є отримання максимального прибутку за умови оптимізації сільськогосподарського виробництва, економії господарських і природних ресурсів. При цьому відкриваються реальні можливості виробництва якісної продукції та збереження навколишнього середовища. Такий підхід, як показує міжнародний досвід, забезпечує набагато більший економічний ефект і, найголовніше, дозволяє підвищити відтворення ґрунтової родючості і рівень екологічної чистоти сільськогосподарської продукції.

Точне землеробство (precision agriculture) – інтегрована інформаційна і виробнича сільськогосподарська система, спрямована на оптимізацію довготривалої продуктивності, що змінюється у рамках усього господарства, при мінімальній негативній дії на довкілля.

Точне землеробство – фізичне і фінансове диференційоване управління сільськогосподарськими операціями, яке забезпечує постійний контроль, надійність і відтворюваність результатів в аграрному виробництві, що сприяє зниженню витрат і підвищенню передбачуваності результатів.

Під точним землеробством розуміють "сукупність технологічних прийомів для цілеспрямованої диференційованої обробки окремих частин поля з урахуванням дрібномасштабних особливостей природних умов для створення найбільш сприятливих умов росту і розвитку культурних рослин у зв'язку з неоднорідністю поля за рівнем родючості, поширенням шкідників, хвороб і бур'янів, на основі концентрації технологічних операцій в просторі в оптимальні терміни і при раціональному дозуванні з метою створення

основи для економічно ефективного і екологічно безпечного землекористування".

Основні результати, що досягаються за допомогою застосування технологій точного землеробства: найбільш повна реалізація генетичного потенціалу нових сортів і гібридів при вирощуванні запрограмованих урожаїв; підвищення врожайності та якості сільгосппродукції (отримання високоякісних і безпечних продуктів харчування і сировини для промисловості); зменшення залежності продуктивності та екологічної стійкості агроєкосистем від погодних факторів; мінімізація негативного впливу сільськогосподарського виробництва на навколишнє природне середовище (екологізація і біологізація процесів на рівні агроєкосистем і технологій); підвищення якості земель; оптимізація використання витратних матеріалів (мінімізація витрат і зниження витрат техногенної енергії на кожну додаткову одиницю продукції); інформаційна підтримка сільськогосподарського менеджменту.

Основними компонентами системи точного землеробства є: технології глобального позиціонування і просторового контролю виконання операцій (GPS), географічні інформаційні системи (GIS), технології оцінки врожайності (Yield Monitor Technologies), технологію змінного нормування (Variable Rate Technology), систему дистанційного збору просторової інформації і зондування землі (ДЗЗ, наземні аналітичні методи);

Геостатистичні методи в точному землеробстві. Найважливішим завданням точного землеробства є виділення так званих "management units" - територіальних одиниць з подібними параметрами просторової неоднорідності, де повинні застосовуватися однотипні технології обробітку сільсько-господарських культур (sitespecific management). Просторова неоднорідність ґрунтового покриву оцінюється по морфологічним, водно-фізичним і агрохімічним властивостям ґрунтів різними способами - або за даними безпосереднього обстеження, або за даними дистанційного зондування.

За допомогою дистанційних засобів отримують карту урожаю, дані властивостей ґрунтів і стану рослин, які піддаються надійній діагностиці. Проте незалежно від методу оцінки просторової неоднорідності його результати обробляються за допомогою методу геостатистики, який виявився дуже важливим для обґрунтування точного землеробства.

Принцип роботи системи приладів супутникової навігації (GPS): У навколоземному просторі розгорнута мережа штучних супутників Землі (ШСЗ), рівномірно "покривають" всю земну поверхню. Орбіти ШСЗ визначаються з дуже високою точністю, тому в будь-який момент часу відомі координати кожного супутника. Радіопередавачі супутників безперервно випромінюють сигнали в напрямку Землі. Ці сигнали приймаються GPS-приймачем, що знаходиться в деякій точці земної поверхні, координати якої потрібно визначити.

Для визначення місця розташування точки потрібно знати три координати (плоскі координати X, Y і висоту H), отже, в приймачі повинні бути виміряні відстані до трьох різних ШСЗ). При такому методі радіонавігації (він називається беззапитним) точне визначення часу поширення сигналу

можливо лише при наявності синхронізації тимчасових шкал супутника і приймача.

У зв'язку з цим, до складу апаратури ШСЗ і приймача входять еталонні годинник (стандарти частоти), точність яких виключно висока (довготривала відносна стабільність частоти забезпечується на рівні 10-13 - 10-15 за добу). Бортові годинник всіх ШСЗ синхронізовані і прив'язані до так званого “системному часу”.

Еталон часу GPS-приймача менш точний, щоб надмірно не підвищувати його вартість. Цей еталон повинен забезпечувати тільки короткочасну стабільність частоти - протягом процедури вимірювань.

На практиці в вимірах часу завжди присутня помилка, обумовлена розбіжністю шкал часу ШСЗ і приймача. З цієї причини в приймачу обчислюється і враховується спотворене значення дальності до супутника. Вимірювання відстаней до всіх ШСЗ, з якими в даний момент працює приймач, відбувається одночасно.

Отже, для всіх вимірювань величину тимчасової невідповідності можна вважати постійною. Для її визначення необхідно виконати вимірювання не до трьох, а до чотирьох супутників.

В результаті обробки цих вимірювань в приймачу обчислюються координати (X, Y і H) і точний час. Якщо приймач встановлений на об'єкті, що рухається і поряд з псевдо дальністю вимірює доплерівські зрушення частот радіосигналів, то може бути обчислена і швидкість об'єкта. Таким чином, для виконання необхідних навігаційних визначень має бути забезпечено постійну видимість з неї, як мінімум, п'яти супутників. Після повного розгортання сузір'я ШСЗ в будь-якій точці Землі можуть бути видні від 5 до 12 супутників в довільний момент часу. Сучасні GPS-приймачі мають до 12 каналів, тобто можуть одночасно приймати сигнали від такої кількості ШСЗ. Надлишкові вимірювання (понад п'яти) дозволяють підвищити точність визначення координат і забезпечити безперервність рішення навігаційної завдання.

До складу системи входять: сузір'я ШСЗ (космічний сегмент); мережа наземних станцій спостереження і керування (сегмент управління); власне GPS-приймачі (апаратура споживачів).

Історія появи і впровадження системи точного землеробства в світову практику землекористування. Суть якісно нової системи землеробства, яке на Заході отримало назву точного (або прецизійного), полягає в тому, що для отримання з даного поля (масиву) максимальної кількості якісної і найбільш дешевої продукції для всіх рослин цього масиву створюються однакові умови зростання і розвитку без порушення норм екологічної безпеки. Точне землеробство впроваджується шляхом поступового освоєння якісно нових агротехнологій на основі принципово нових, високоефективних та екологічно безпечних технічних і агрохімічних засобів.

Вчені та конструктори розуміли, що система точного землеробства повинна базуватися на останніх досягненнях електроніки. Однак випробування вже перших експериментальних зразків показали, що складні і дорогі електронні прилади не пристосовані для польових умов, які характеризуються підвищеними

запиленістю і вологістю середовища, вимагають висококваліфікованого обслуговування і ремонту при дефіциті запчастин. Але дуже скоро були створені адаптовані до сільськогосподарських умов мікропроцесори, електронні, фотоелектричні, ємкісні, електромагнітні, п'єзоелектричні, електромеханічні та інші датчики, а також електронні прилади.

Першими вагомими результатами у використанні електронних пристроїв на сільськогосподарській техніці були розробники машин для захисту рослин. Наприклад, обприскувач Hydroelectron, який отримав золоту медаль на міжнародній виставці SIMA-1976 Парижі, був обладнаний електронним регулятором подачі розчину пропорційно швидкості руху агрегату. Аналогічну машину розробила англійська фірма Agmet. У порівнянні з використовуваними в країнах СНД аналогами в них підтримується постійна в одиницю часу витрата розчину, а норма його внесення на 1 га значно варіюється при кожному перемиканні передачі, зміні частоти обертання двигуна і пробуксовуванні коліс, що забезпечує економію до 20% отрутохімікатів. А це не тільки економічний, але і екологічний ефект.

Складніше вирішувалися питання точного висіву насіння зернових колосових культур. Експериментальні зразки таких сівалок були показані на міжнародній виставці в Мюнхені в 1982 р, а серійна машина з електронним регулятором висіву фірми Blanchot з'явилася лише через три роки і була відзначена на паризькій виставці SIMA-1985. Фірма Rider (Німеччина) пішла ще далі, створивши сівалку Saxonia, яка забезпечує задані не тільки відстань між насінням в рядку, а й глибину їх загортання.

Значних успіхів в електронізації техніки досягли фірми Amazone, Diadem, Rotina, Lely і ін. В машинах відцентрового типу вони домоглися незалежності дози внесення добрив на 1 га від швидкості агрегату. Крім того, частота обертання дисків що розсіюють і фактична доза добрив, що вносяться на 1 га, постійно висвічуються на моніторі, причому останню тракторист може змінювати зі свого робочого місця.

Застосування Електрон пристроїв дало можливість значно (до $\pm 15\%$) знизити нерівномірність внесення добрив.

У 1986 р в результаті тісної співпраці фірм — виробників тракторів і сільгоспмашин було визнано раціональним багатоканальний мікропроцесор встановлювати на тракторі, а на машинах використовувати лише уніфіковані датчики. Так, наприклад, на тракторі Case стали монтувати мікропроцесор і підключати до нього датчики і виконавчі механізми: для регулювання глибини обробки ґрунтообробних машин фірми Landsberg; для оптимізації роботи обприскувачів фірми Holder; машин для внесення мінеральних добрив фірми Rotina; сівалок Saxonia і ін.

Причому мікропроцесор не тільки контролює і регулює технологічні параметри, але і показує фактичну робочу швидкість агрегату, обсяг виконаної роботи, параметри двигуна і питома витрата палива.

Для об'єднання зусиль по розробці та освоєнню в сільськогосподарському виробництві електронних систем в 1992 році країни ЄС прийняли план, який передбачав прискорене фінансування з бюджету ЄС

перспективних напрямків автоматизації та комп'ютеризації аграрної техніки. Причому в створенні якісно нових, високоточних і високопродуктивних машин західноєвропейські країни значно обійшли США і Канаду.

Завдяки використанню високоточної техніки в країнах з розвиненим землеробством вдалося підняти врожайність зернових культур до 90 ц/га і отримати вагомий прибуток. Разом з тим було відмічено, що строкатість врожайності на полях, оброблених цією технікою, хоча і значно зменшилася, але все-таки збереглася. Отже, таке землеробство ще повністю не відповідає критеріям точного.

Агрохімічний аналіз ґрунту, взятого на ділянках з різною врожайністю, показав, що за вмістом азоту, фосфору і калію вони істотно розрізняються, хоча мінеральні добрива вносилися з високою рівномірністю. Причина цього явища в тому, що рослини харчуються не тільки речовинами, що вносяться в ґрунт при вирощуванні даної культури, а й тими, що накопичилися в ній. Тому добрива потрібно вносити в ґрунт диференційовано в залежності від кількості раніше накопичених в ній основних поживних речовин.

Однак впровадження такої технології з використанням існуючих технічних засобів пов'язано з великими трудовими і фінансовими витратами. У зв'язку з цим в різних країнах почали розробляти способи і засоби для спрощення і зниження вартості агрохімічного аналізу ґрунту, в тому числі через врожайність вирощеної культури на окремих ділянках поля. Для цього, наприклад, зернозбиральний комбайн обладнують електронним приладом, який визначає врожайність, покоординатно записує її в бортовий комп'ютер і роздруковує картограму. Але картограма врожайності може служити лише засобом обґрунтування необхідності диференційованого застосування добрива або визначення аномальних зон і взяття проб ґрунту для агрохімічного аналізу лише в цих зонах. Одне з кардинальних рішень цієї проблеми запропонувала англійська фірма KRM — оцінювати вміст азоту, фосфору і калію в ґрунті шляхом фотографування полів в інфрачервоних променях на спеціальну плівку за допомогою літака або супутника Землі.

Ще більш спрощує агрохімічний аналіз ґрунту створений англійською фірмою Challeng Agriculture оптичний прилад (золота медаль на паризькій виставці в 1994 р). Вміст в ґрунті азоту, фосфору, калію та інших елементів визначають шляхом порівняльного вимірювання в двох точках відбитого світла обраної смуги спектра. Він може обробляти більше 30 параметрів і запам'ятовувати 50 значень. Через чотири роки прилад аналогічного призначення розробили китайські фахівці.

Інша складна проблема — прив'язка результатів агрохімічного аналізу до координат взяття проб і передача цих даних на агрегат для внесення добрив. Досить відомий засіб визначення координат агрегату — ротаційне пристрій, вимірювальним елементом якого служить колесо трактора або машини, а реєструючим — лічильник числа оборотів, шкала якого проградуєвана в метрах. Відхилення показань на довжині гону 1000 м не перевищує ± 2 м.

Фірма Claas розробила радіосистему, в яку входять комп'ютеризована базова радіостанція з приймачем, розміщені в офісі (приміщенні) фірми, і приймально-передавальні пристрої — на польових агрегатах. За допомогою цієї

системи можна знаходити координати 200 агрегатів, що працюють в радіусі до 9 миль, з точністю ± 10 м.

В радіосистемі аналогічного призначення компанії Massey Ferguson використовують встановлені на агрегатах спеціальні радіоприймачі і глобальну супутникову мережу (GPS). Система з прийнятною точністю визначає географічні координати агрегату, але вона досить складна і дорога.

Перший експериментальний зразок дводискової відцентрової машини для диференційованого внесення одного виду мінеральних добрив продемонструвала в 1994 р англійська фірма KRM. Вміст поживних речовин в ґрунті визначається методом інфрачервоного фотографування поля з супутника Землі з побудовою картограми поля, а координати агрегату — за допомогою систем GPS. Для безпосередньої зміни дози внесених добрив використовується електронний прилад Calibrator 2002 функціонально з'єднаний з комп'ютером (на дискеті якого записана картограма добрива поля) і системою GPS. У 1995 р фірма Amazone освоїла серійний випуск відцентрових машин ZA-Max з аналогічними приладами.

Однак через дорожнечу електронного обладнання (близько 50% ціни машини) вони не набули широкого поширення.

Піонером освоєння точного землеробства є Великобританія, де на фермі в графстві Сафольк протягом трьох років проводили картографування врожайності, покоординатно аналіз ґрунту в аномальних зонах, а добрива вносилися іншою машиною фірми Amazone-M-Tronic. Це забезпечило річну економію в середньому по 17,2 фунта стерлінгів на кожному гектарі (в порівнянні з внесенням постійних доз по всьому полю).

Технологія відмінно зарекомендувала себе і успішно застосовується в США, Канаді, Бразилії та в країнах Європи. У США і Канаді навігаційне обладнання особливо поширене, тому що у виробництві використовується широкозахватна техніка.

На сьогоднішній момент всі світові лідери з виробництва сільськогосподарських машин (CLAAS, John Deer, Case і ін.), комплектують свою техніку навігаційною системою GPS

GPS – обладнання затребуване в зв'язку з тим, що забезпечує економію коштів. У Європі, наприклад, підраховано, що економічний ефект від застосування GPS – обладнання сягає 50-60 Євро на гектар.

Крім того, користувачі даного обладнання отримують можливість проводити польові роботи вночі, в тумані, при підвищеній запиленості.

Таким чином в останні роки система точного землеробства масово інтегрована в землеробство багатьох країн. Що стосується України, то лише невелика кількість підприємств приймає рішення використовувати дану систему. Це пов'язано в першу чергу з фінансовими труднощами при впровадженні даної системи.

Приклад застосування технології на виробництві. Система позиціонування, заснована на прийомі сигналів супутників GPS, сприяє підвищенню продуктивності і якості виконаних агротехнічних операцій і збереженню екологічного балансу поля. Система дозволяє підвищити

ефективність і точність всіх сільськогосподарських операцій: обробки ґрунту, посіву, обприскування, внесення добрив і збирання врожаю.

Точна навігація до мінімуму скорочує пропуски і перекриття при суміжних проходах агрегатів, що, в кінцевому рахунку, призводить до економії посівного матеріалу, добрив, хімікатів і ПММ. Оскільки система усуває потребу в сигнальниках, скорочуються витрати на додатковий персонал. Сільськогосподарські операції виконуються швидше. Важливо, що система дає можливість працювати в умовах поганої видимості в тому числі, в темний час доби. Більш того, система є ресурсозберігаючою технологією: за рахунок зменшення смуг перекриттів до мінімуму знижується перевитрата добрив і засобів захисту рослин (ЗЗР). За рахунок точної навігації не «розмивається» первісна технологічна колія проходу техніки: система запам'ятовує траєкторію руху і дає механізаторові можливість точно потрапити в ту ж колію при повторній обробці поля.

Основна перевага застосування систем паралельного водіння при обприскуванні – скорочення до мінімуму огріхів, що неминуче виникають при цій операції, особливо якщо вона проводиться широкозахватною технікою і в умовах поганої видимості. Наприклад: при обробці гербіцидами, такі огріхи можуть негативно відбитися на врожайності не тільки необроблених ділянок, а й усього поля. При водінні звичайним способом, механізатор, щоб уникнути пропусків, намагається проходити сусідні ряди з перекриттям, що значно погіршує фіто-токсичність препаратів. В кінцевому рахунку, перекриття складають, за різними оцінками, від 5 до 15% площі. Застосування GPS-навігації знижує взаємне перекриття рядів до 1-3% і дозволяє досягти точності обробки 15-30 см від проходу до проходу.

Система складається з декількох компонентів: приладу EZ-Guide 250/500 зі вбудованим супутниковим приймачем, який встановлюється в кабіні трактора і вказує водію напрямки для точного водіння по паралельних рядах в ході польових робіт; коригувального пристрою EZ-Steer, який має розширений діапазон точності від проходу до проходу (2,5-30 см), що виключає огріхи, збільшує ефективну експлуатацію сільськогосподарської техніки, за рахунок можливості працювати в темний час доби, в умовах поганої видимості і значно знижує стомлюваність механізаторів. Ефект від використання паралельного водіння очевидний і підтверджується досвідом.

Отже, точне землеробство – по суті, досконаліша стратегія менеджменту, що ґрунтується на інформації принципово іншого типу порівняно з тією, що ми мали досі. Вона дозволяє краще врахувати і використати просторово розподілені дані. В умовах строкатого ґрунтового покриття, який, типовий для значної частини ріллі країни, це дасть можливість точніше вибирати способи, норми і інші параметри технологічних операцій і вироблення управлінських рішень.

Разом з тим, для успішного освоєння точного землеробства наявна інформація про ґрунтовий покриття явно недостатня. Адже більшість колишніх обстежень ґрунтового покриття були або дрібномасштабні, або здійснювались на так званім маршрутним методом, або за допомогою вибору типових

територій. До того ж будь-який вид обстежень припускав відбір змішаних, а не індивідуальних зразків, що є важливою умовою точного землеробства.

Найбільш важливим питанням в точному землеробстві є його ґрунтово-агрохімічне обґрунтування. Спочатку треба підтвердити, чи є взагалі просторова неоднорідність, встановити її міру і тільки тоді визначати перспективи застосування точного землеробства. Загалом, неоднорідність в силу генетичних і антропогенних причин характерна для ґрунтового покриву. Але, на жаль, її міра не лише не встановлена, але і методи об'єктивної оцінки також доки лише розробляються. З цієї причини геостатистичне дослідження має бути обов'язковим початковим етапом в освоєнні точного землеробства.

Залежно від того, наскільки виражена неоднорідність, вибираються шляхи рішення. Їх може бути декілька:

- ігнорування неоднорідності. Приблизно так можна назвати відношення до неї у виробництві, та і в середовищі наукової громадськості в Україні. Якщо точніше, то неоднорідність сьогодні враховується лише на водозбірному, регіональному і більш високому рівнях, але практично не враховується на нижчих рівнях;

- адаптація до неї, яка може проявитися як у вигляді характеристики поля відповідно до його строкатості, або у вигляді диференціації технологій;

- активне подолання, гомогенізація поля шляхом вирівнювання родючості окремих його частин.

В точному землеробстві диференційоване виконання операцій базується на трьох складових: визначенні координат агрегату на полі. Це може бути зроблено за допомогою радіо трилатерації або супутникової навігації; створенні комп'ютеризованої бази даних, аналогічної ГІС, яка містить всю інформацію, що необхідна для складання карт; контролюючих елементах, за допомогою яких здійснюються сільськогосподарські операції у відповідності з електронною картою.

Враховуючи те, що дві перші складові широко застосовуються в інших областях, вони легко проникають у сільське господарство, але потрібні спеціалісти, які взяли б на себе відповідальність по їх адаптації до потреб аграрного виробництва. Що стосується третьої складової, то зусилля вчених повинні бути направлені на розробку та створення надійних і точних машин і механізмів, необхідних для диференційованого проведення операцій.

Зокрема, забезпечити диференційоване внесення добрив. Адже, при внесенні добрив однією дозою на все поле, навіть з високою якістю розподілу, суттєво знижується їх окупність. При такому способі внесення більш родючі ділянки, що отримують ту ж дозу поживних речовин, що і менш родючі, накопичують фосфор і калій в ґрунті, а менш родючі – використовують запаси поживних речовин з ґрунту. Таким чином, одні ділянки поля стають все більш родючими, в той же час інші – постійно виснажуються. Незважаючи на це, при розробці програм внесення добрив для кожного поля розраховують дозу, виходячи з усереднених показників. Щоб подолати цей недолік, необхідно забезпечити внесення добрив на одному і тому ж полі диференційовано, с

урахуванням запасів поживних речовин на кожній ділянці поля і планованого рівня урожайності.

Застосування добрив з урахуванням строкатості родючості ґрунту може суттєво підвищити окупність добрив і знизити забруднення довкілля. Для системи застосування добрив, що базується на урахуванні характеристик окремих ділянок поля необхідні дані щодо урожайності, типу ґрунту і вмісту поживних елементів кожної ділянки і чітка їх прив'язка до конкретного місця, де були відібрані проби. Внесення добрив проводиться диференційовано на основі карти, отриманої в результаті координатної оцінки вмісту поживних елементів в ґрунті, потенційної урожайності, передісторії урожайності, а також програми застосування добрив, яка повинна знаходитись в базі даних.

Накопичення статистики обробки (куди і скільки внесли кожного речовини) і одержуваних результатів (врожайність) дозволяє застосовувати різні види аналізу з тим, щоб в подальшому коригувати застосовувані дози для отримання максимуму віддачі на кожен вкладений грошову одиницю.

Технологія диференційованого внесення добрив передбачає широке використання комп'ютерів, програмних продуктів – геоінформаційних систем (ГІС), даних дистанційного зондування. Такі ГІС містять інформацію, необхідну для раціонального застосування добрив.

Переваги точного землеробства в тому, що його запровадження дозволяє виробникам вести агровиробництво на екологічно чистій основі, орієнтоване на економії добрив, отримання запрограмованих урожаїв і запобігання забрудненню навколишнього середовища.

Тема 10. Перспективи і шляхи розвитку ґрунтозахисного аграрного виробництва. Альтернативні екологізовані системи землеробства.

Дослідження в аграрній науці направлені на вирішення основних проблем, які існують в аграрному виробництві, зокрема, на удосконалення існуючих систем землеробства і розробку нових систем, на базі енерго-економічних та екологічно безпечних технологій вирощування культур та удосконалення методів збереження родючості ґрунту, покращення фітосанітарного стану, захисту культурних рослин.

Тому в економічно розвинених державах дедалі активніше впроваджуються альтернативні системи сільськогосподарського виробництва. До них належать біологічне землеробство, органічне землеробство, точне землеробство, біодинамічне землеробство, біо-інтенсивне міні-землеробство, мало-витратне стале землеробство, ЕМ-технології, та інші. Особливістю таких технологій є поєднання біологічного підходу і сучасних управлінських методів. Головним при цьому стає вибір оптимальних сівозмін, захист ґрунтів, боротьба з шкідниками біологічними методами.

Біологічне землеробство. У природних біогеоценозах відтворення родючості здійснюється за рахунок решток лучних трав, опалого листя, що відмирають щорічно в кінці вегетації. Такі рештки утворюють шар повстини, що розкладається у присутності кисню в осінній період. Продукти розкладу (гідролізу) є розчинними у воді. З течією води вони проникають у глибші шари ґрунту, де конденсуються в ланцюжки гумусових кислот під впливом обезволоження — висихання або виморожування.

В агроценозах винесення поживних елементів з врожаєм людина намагається компенсувати мінеральними добривами. Проте якість ґрунтів продовжує погіршуватись, тому що при внесенні лише мінеральних добрив у ґрунті послаблюється енергетика ґрунтоутворення органічної речовини. Якість продукції далеко не завжди є безпечною для здоров'я людей. Тому, за визначенням FAO, проблемі виробництва екологічно чистих продуктів харчування відведено друге місце після ядерного роззброєння.

Мінеральні добрива — це солі одновалентних катіонів: NH_4 , K^+ , Na^+ . Взаємодіючи з ґрунтовим вбирним комплексом, витісняючи Ca^{2+} і Mg^{2+} , одновалентні катіони диспергують гумусові речовини, в результаті вони легко піддаються розкладу мікроорганізмами. Для компенсації активності одновалентних катіонів необхідна свіжа органічна речовина, тобто треба вносити більш високі норми органічних добрив.

Встановлено, що якщо співвідношення між органічними та мінеральними добривами ширше ніж 1 : 15 т/кг діючої речовини, то підсилюється дегуміфікація і навіть на фоні внесення високих норм органічних добрив відбувається деградація ґрунтів (табл. 21). При співвідношенні, ширшому ніж 1:15, відбувається хімізація землеробства, при вищому — біологізація.

21. Вплив на систему землеробства співвідношення органічних і мінеральних добрив

Система землеробства	Співвідношення органічних і мінеральних добрив	Коефіцієнт біологізації землеробства	Вплив на властивості ґрунтів
Біологічна	Від 1:0 до 1:5	1—0,2	Оптимальна для рослин щільність ґрунту, оптимальне значення режимів, інтенсивне наростання вмісту гумусу
Інтенсивна біологізація	Від 1:5 до 1:8	0,2—0,125	Оптимальна щільність, близька до оптимальних значень режимів ґрунту, менш інтенсивне наростання вмісту гумусу
Біологізована	Від 1:8 до 1:15	0,125—0,067	Близька до оптимальної щільність ґрунту, в показниках режимів ґрунту можливі мінімуми і уповільнене наростання вмісту гумусу
На базі хімізації	Від 1:18 до 1:30	0,067—0,030	Неоптимальна щільність ґрунту, спостерігається злитість, утворюються брили, є чимало мінімумів у показниках режимів ґрунту; відбуваються процеси дегуміфікації та декальцинації
На базі інтенсивної хімізації	Менше 1:30	<0,030	Висока щільність, злитість, дегуміфікація, декальцинація, несприятливі ґрунтові режими

Чим вищі коефіцієнти біологізації, тим вищі і коефіцієнти гуміфікації органічних добрив, а значить, і швидше досягається розширене відтворення родючості ґрунту. На певному відрізку часу інтенсивна хімізація може підвищити врожайність сільськогосподарських культур та валові збори сільськогосподарської продукції. Проте її наслідки швидко дадуть знати про себе погіршенням агрофізичних та інших властивостей ґрунту, а згодом і зниженням врожайності.

На властивість ґрунтів і рівні врожайності культур впливають не лише коефіцієнти, а й рівні біологізації землеробства. До жовтневого перевороту 1917 р. в Росії, до складу якої входила й Україна, коефіцієнти біологізації були дуже високими, а врожаї — низькими. За статистичними даними, селянські господарства чорноземної смуги збирали по 5-7 ц/га зерна, тому що мало вносили органічних і зовсім не вносили мінеральних добрив. Землеробство було біологічним, однак на низькому, екстенсивному рівні.

Зазвичай норми органічних добрив перераховують на гній, але ними можуть бути різноманітні компости, торф, сапропель, сидерати та нетоварна частина врожаю: солома, стебла, бадилля тощо. Одна тонна соломи та інших пожнивних решток з компенсацією азотної нестачі внесенням 10 кг діючої речовини азоту за своєю дією та післядією на врожай і накопичення гумусу еквівалентна 5 т напівперепрілого гною.

Для переходу на бездефіцитний баланс гумусу гною в Україні поки що не вистачає. Без використання нетоварної частини врожаю такий перехід

неможливий.

У Нідерландах вносять на 1 га ріллі дуже високі норми мінеральних добрив, але в них не настає деградації ґрунту, завдяки тому що крім 817 кг/га діючої речовини мінеральних добрив вноситься 75,7 т/га органічних добрив, що і дозволяє отримувати 74,4 ц/га зернових культур. Співвідношення органічних і мінеральних добрив становить 1:11 т/кг діючої речовини, тобто коефіцієнт біологізації дорівнює 0,091, що відповідає дуже інтенсивному рівню біологізації землеробства.

Біологічне землеробство ґрунтується на використанні у землеробстві природних біологічних законів. При цьому поступово зменшується інтенсивність заходів хімізації або вони виключаються зовсім. Разом з тим не може бути різкого переходу від традиційного землеробства, що базується на хімізації, до біологічного. Потрібен перехідний період біологізації землеробства, в процесі якого поступово усуватимуться негативні форми хімічного пресингу на ґрунти і рослини, здійснюватиметься пошук природно доцільних варіантів, які дозволять вирощувати екологічно чисту продукцію при високих рівнях врожайності культур.

Вузловим питанням біологізації землеробства є спосіб відтворення родючості ґрунту. Без вирішення цієї проблеми відмова від хімізації може призвести до різкого зниження врожайності та рівня виробництва продукції сільського господарства.

Хімізація підвищила ефективність землеробства на 25-30% і відмова від неї при переході до біологічного землеробства призводить до 25% зниження врожайності сільськогосподарських культур. Це можливо, якщо аграрне виробництво вести за застарілими принципами, заходами, технологіями. Проте існують інші наукові принципи, нові заходи і технології, що дозволяють при переході на біологічне землеробство не лише не знизити врожайність, а й істотно підвищити її порівняно з існуючим рівнем.

У 1973-1988 рр. в Полтавській обл. проводився великомасштабний експеримент щодо прискореної розробки та впровадження ґрунтозахисної безплужної системи землеробства. У 1990 р. Полтавська обл. за врожайністю зернових вийшла на перше місце в Україні. Період 1981-1985 рр. був посушливим. Полтавська обл. виявилась єдиною в лівобережній та центральній частинах України, що не знизилась врожайності зернових. У процесі 16-річного проведення полтавського експерименту було взято курс на біологізацію землеробства: зросли норми органічних добрив, змінився спосіб їх загортання у ґрунт, що підвищило коефіцієнти гуміфікації органічної речовини, застосовувалось мульчування, солома та інші пожнивні рештки використовувались як органічне добриво, проводився посів сидератів, зменшувались норми використання пестицидів з поступовою відмовою від них.

До початку збирання врожаю визначалось, яку кількість соломи нового врожаю слід залишити для потреб тваринництва (на грубий корм і підстилку), щоб решту соломи залишати на полях для відтворення родючості та захисту ґрунтів від ерозії. Враховуючи чистоту полів, звільнених від бур'янів застосуванням напівпарового обробітку ґрунту на 50 % ріллі, почалась поступова

відмова від застосування пестицидів. В ці роки близько 25% господарств області або цілком відмовилися від пестицидів, або почали застосовувати їх в мінімальній кількості при цьому продуктивність виробництва значно зросла (табл. 22). Співвідношення органічних і мінеральних добрив становило 1:7 т/кг діючої речовини, а якщо пожнивні рештки перевести в гній, то навіть 1:5 т/кг діючої речовини. Продуктивність землеробства і тваринництва за 15-річний період біологізації зросла у 2-2,5 рази була отримана екологічно чиста продукція на рівні світових стандартів.

22. Ріст продуктивності сільськогосподарського виробництва під впливом ґрунтозахисної системи землеробства та її біологізації

Показник продуктивності	До впровадження (1971-75 рр.)	У період впровадження, роки			
		1976-80	1981-85	1986-1990	1991-1998
Урожайність сільськогосподарських культур					
Зернові, ц/га	26,8	30,2	32,8	49,4	45,8
в т. ч., озима пшениця, ц/га	32,3	35,9	35,8	63,5	55,7
цукрові буряки, ц/га	257	348	327	362	412
соняшник, ц/га	11,2	12,5	13,4	28,5	22,1
картопля, ц/га	59,0	82,0	90,0	120	—
Продуктивність тваринництва					
Надій на корову, кг/рік	2572	3145	3220	3700	4406
Добовий приріст маси на відгодівлі, г/добу	450	560	760	890	827
Вироблено на 100 га сільськогосподарських угідь					
М'ясо, ц/рік	66	78	94	125	146
Молоко, ц/рік	383	528	572	739	1017

Вузловим питанням переходу на біологічне землеробство є організація розширеного відтворення гумусу як інтегрального показника потенційної родючості ґрунтів. Тоді відмова від засобів хімізації не лише не знизить врожайності сільськогосподарських культур, а й може підвищити її.

Розширене відтворення гумусу можливе при внесенні відповідних для різних ґрунтово-кліматичних зон норм органічних добрив на фоні обробітку ґрунту без обертання скиби. Для степової зони України це не менше 6-10 т/га гною, лісостепової зони — 10-14, для Полісся — 14-18 т/га. При полицевому обробітку ґрунту ці норми є умовою переходу на бездефіцитний баланс гумусу, а при безполицевому — на його розширене відтворення, тому що підвищуються коефіцієнти гуміфікації органічних добрив і решток.

Біологізація землеробства виникає на певному рівні соціально-економічних умов. Вона зміцнює економічну стабільність землеробства, робить його менш залежним від чинників деградації ґрунтового покриву. Вона оберігає природу і людей від хімічного впливу антропогенезу. Без неї знижується імунітет людей до різних захворювань. Вона попереджає порушення генофонду населення.

Наукове осмислення та практичне застосування біологічного землеробства слід проводити виходячи з таких концептуальних положень. Потрібно різко збільшити норми внесення органічних добрив, щоб вийти на розширене

відтворення гумусу і потенційної родючості ґрунту. Як органічне добриво слід використовувати нетоварну частину врожаю, а також сидеральні культури. Норми внесення мінеральних добрив треба привести у відповідність з нормами органічних добрив, щоб вони відповідали співвідношенню 1:5 т/кг діючої речовини. Синтетичні азотні добрива можуть використовуватись лише для компенсації азотної недостачі при внесенні соломи як органічного добрива. Тоді вони швидко поглинаються мікроорганізмами і перетворюються на біологічний азот. Фосфорні та калійні добрива доцільніше застосовувати у формі сиромелених мінералів (фосфоритне борошно, силвініт тощо). При високому рівні біологізації може виникнути нестача деяких мікроелементів – слід визначити, яких саме, і компенсувати нестачу. Слід максимально скоротити застосування пестицидів. Захист рослин від бур'янів треба здійснювати профілактикою або механічними методами, а від хвороб і шкідників — профілактикою та біологічними методами. У біологічному землеробстві слід застосовувати енерго- і вологозберігаючі ґрунтозахисні способи обробітку ґрунту без обертання скиби та з мульчуванням поверхні.

Органічне землеробство. Ґрунти, на яких вирощується продукція рослинництва за інтенсивними технологіями, забруднюється радіонуклідами, важкими металами, пестицидами, хімічними речовинами, що призводить до екологічної кризи. Тому на початку 60-х років за кордоном набуло розвитку альтернативне органічне землеробство. Рух за його впровадження широко розвивається в промислово розвинених країнах з високим рівнем хімізації землеробства, де з найбільшою силою проявились негативні наслідки інтенсифікації виробництва.

Органічне землеробство — це система землеробства, метою якої є баланс між продуктивністю агроценозу і деградацією навколишнього середовища з метою забезпечення збереження якості земель для майбутніх поколінь. Практично це система, яка повністю або в основному виключає використання: синтетичних добрив, пестицидів, регуляторів росту, кормових добавок до раціону тварин та інших потенційно небезпечних речовин. Надходження поживних елементів відбувається за рахунок: розширення вирощування бобових, рослинних залишків, гною, зелених добрив, інших органічних відходів та сирих мінеральних добрив (руд).

Органічне сільське господарство може бути визначене як таке ставлення до сільського господарства, метою якого є створення стійкої, з точки зору людства, якості навколишнього середовища і економічно обґрунтованої продукційної системи.

Основна ідея полягає у використанні саморегуляційних механізмів агроєкосистем, місцевих і отриманих на території господарства ресурсів і управління екологічними та біологічними процесами і реакціями. Використання зовнішніх джерел енергії, як хімічних, так і органічних, обмежується, наскільки це можливо. У багатьох європейських країнах органічне землеробство відоме під терміном екологічного, воно спирається на управління екосистемами, а не на залучення ресурсів ззовні.

Органічна система землеробства не вважається інтенсивною технологією сільськогосподарського виробництва. Органічне землеробство — це система зменшення надходження енергетичних ресурсів ззовні для отримання продукції, де не використовуються синтетичні хімічні сполуки. Головною метою є виробництво продуктів харчування без використання потенційно небезпечних речовин, а значить, відносно безпечних для вживання. Використання комерційних добрив і пестицидів заборонене. Синтетичні добрива замінюються гноєм і компостами, а збереження органічної речовини і запасів азоту забезпечується розширенням вирощування бобових на зелені добрива. Спеціально виведені сорти, сівозміни та посіви буферних рослин використовуються для захисту рослин від шкідників і хвороб. Відповідно до даних вітчизняних та зарубіжних вчених, продуктивність органічного землеробства по відношенню до конвенційного коливається від 56% до 107%. Конвенційною вважається система господарства, де всі агрозаходи проводяться на основі загальних науково обґрунтованих рекомендацій без урахування конкретних умов господарства.

Необхідність створення системи сільськогосподарського виробництва, яке є і економічно вигідним, і екологічно стійким, є причиною багатьох досліджень впливу альтернативних систем обробітку ґрунту на його властивості. Різноманітні агротехнічні підходи можуть випробовуватися у польових дослідженнях і порівнюватися між собою з використанням загальноприйнятого статистичного аналізу. Інша можливість — це порівняння певних типів господарювання за певний період часу. При використанні такого підходу ми можемо оцінити стан ґрунтів при органічній і звичайній системі землеробства, враховуючи вплив цих систем на показники якості ґрунту. Таким чином визначають стійкість кожної системи землеробства.

Органічне землеробство — це система, основною метою якої є оптимізація біологічної продуктивності взаємопов'язаних ланок „ланцюга життя“ — ґрунту, рослини, тварини, людини. Створення безпечного навколишнього середовища для здоров'я людей. Це система господарювання, яка конструє і управляє технологіями з метою створення екосистем зі стійкою продуктивністю. Боротьба з бур'янами і шкідниками відбувається завдяки управлінню різноманітними взаємопов'язаними формами життя, використанню органічних решток і відходів тваринництва, підбору культур і сівозмінам, управлінню водним режимом ґрунту, використанню певних технологій обробітку ґрунту.

Родючість ґрунтів зберігається і покращується за допомогою системи дій, що підвищують їх біологічну активність, яка забезпечує баланс поживних елементів, необхідний для нормального росту та розвитку рослин і тварин, а також спрямовану на збереження ресурсів ґрунтів. Захист рослин від хвороб і шкідників здійснюється за допомогою: підтримки балансу між різними видами комах, збільшення популяцій корисних видів комах, біологічних, агротехнічних, механічних методів захисту.

Інтенсивні технології органічного землеробства ретельно вивчаються і відбираються з метою використання їх для відновлення, а потім — для

підтримання екологічної рівноваги у господарстві і навколо нього. Використання технологій органічного землеробства ще не є гарантією того, що продукція буде повністю вільна від токсичних речовин. Вони можуть надходити з повітря, ґрунтів, води, інших джерел, які фермер не завжди може контролювати.

Продукція органічного сільського господарства отримана внаслідок використання цієї системи і завдяки дотриманню стандартів, що створенні для неї і призначені забезпечити захист продукції від забруднення.

Основні цілі органічних технологій виробництва і переробки:

1. Виробництво продуктів харчування високої якості у достатній кількості.
2. Конструктивна взаємодія з природними системами і кругообігом речовин та енергії зі збереженням і покращанням різноманіття форм життя.
3. Урахування зростаючого соціального і екологічного значення технологій виробництва та переробки продукції органічного землеробства.
4. Інтенсифікація біологічних циклів у межах господарства із залученням у них мікроорганізмів, ґрунтової флори і фауни, рослин і тварин.
5. Створення цінних і стійких водних екосистем.
6. Збереження і підвищення родючості ґрунтів.
7. Збереження природної різноманітності продукційної системи і її природного оточення, включаючи захист дикоростучих рослин та інших організмів.
8. Забезпечення дбайливого ставлення до водних ресурсів та водних екосистем і бережного їх використання.
9. Використання, наскільки можливо, відновлюваних ресурсів власних (внутрішніх) продукційних систем.
10. Створення гармонійного балансу між рослинництвом і тваринництвом.
11. Створення для всієї худоби умов, що відповідають основним аспектам їх природної поведінки.
12. Мінімізація всіх форм забруднення.
13. Переробка продукції з використанням відновлюваних ресурсів.
14. Виробництво тільки такої продукції, яка повністю біологічно розкладається.
15. Виробництво текстильної продукції довготривалого використання високої якості.
16. Забезпечити можливість будь-кому, хто займається органічним землеробством, жити якісним життям із задоволенням основних потреб людини, створення умов для безпечної і продуктивної праці.
17. Соціально і екологічно обґрунтований розвиток виробництва, переробки і реалізації виробленої продукції.

Реалізація всіх цих пунктів можлива при обов'язковому дотриманні наступних правил: захист навколишнього середовища; зменшення забруднення; підтримка здоров'я і оптимізація біологічної продуктивності систем.

Стійке відтворення і збереження родючості ґрунтів відбувається за допомогою створення оптимальних умов біологічної активності ґрунтів.

Здоров'я ґрунту є основою здоров'я всієї екосистеми і може бути оцінене як стабільність його біологічної активності. „Підживлення ґрунтів, а не рослин“ продовжує бути основною тенденцією так званих екологічних агротехнологій. Покращання родючості включає збалансування фізичних, хімічних та біологічних властивостей для оптимізації кількості і різноманітності організмів ґрунту. Така практика включає впровадження сівозмін, ротації пасовищ, використання покривних культур, ущільнюючих посівів, зелених добрив, рослинних решток і гною, спеціального обробітку ґрунту, дозволених необхідних мінеральних сполук поживних елементів.

Забезпечення збереження біорізноманітності усередині господарства і навколо нього, захист середовища для дикоростучих видів і тварин.

Біорізноманіття — основна екологічна заповідь, необхідна для стабільного, а значить, стійкого існування екосистем. Різноманіття необхідно збільшувати в усіх аспектах органічного виробництва, включаючи підбір видів, сортів, культур, порід худоби, циклів ротації, стратегії боротьби з шкідниками.

Повторне використання та переробка матеріалів і ресурсів, наскільки це можливо, у господарстві або біля нього як частина регіональної системи сільського господарства.

Органічна система віддає перевагу використанню таких енергетичних ресурсів, які залучаються ззовні і мають біологічне походження, а не є продуктами переробки нафти. Поживні елементи ґрунту, які виносяться з урожаєм і втрачаються з промиванням або іншими шляхами, повертають за допомогою речовин, що отримують у господарстві або у навколишніх господарствах. Витрати енергії на транспортування, переробку та зберігання цих матеріалів і продукції в міру можливості мінімізують.

Уважне ставлення до потреб і здоров'я худоби.

Домашніх тварини необхідно доглядати так, щоб запобігти їх захворюванню. При цьому основна увага приділяється дотриманню дієти, умовам утримання і догляду. Використання кормів органічного землеробства разом з турботою про умови утримання зменшує стрес, що є основою здорової системи тваринництва. Уважне ставлення до здоров'я тварин є основною заповіддю тваринництва в органічному землеробстві.

Збереження цілісності поняття „органічні продукти“ на кожному етапі їх виробництва від посіву до реалізації.

Продукти органічного землеробства можуть вважатися такими, коли виконані принципи даної системи для кожного етапу їх виробництва — вирощування продукції, її транспортування, переробки, реалізації. Інгредієнти, добавки і технології переробки повинні відповідати загальним принципам органічного землеробства. Споживачі повинні бути впевнені, що продукти з маркою „органічні“ отримані при дотриманні всіх стандартів і мають всі сертифікати засвідчення якості від насіння до права продажу продукції.

Розробка і адаптація нових технологій із урахуванням довготривалості їх соціального і екологічного ефекту

Нові матеріали і технології зазвичай оцінюються згідно з розробленими для органічного землеробства критеріями. Це передбачає розвиток органічної системи сільськогосподарського виробництва у напрямку підвищення стійкості у часі за допомогою технічних новацій і соціальної еволюції.

За даними Міжнародної Федерації органічного сільськогосподарського руху сьогодні у світі налічується понад 37,2 млн га земель, що використовуються для виробництва органічної продукції. Перше місце займає Австралія (12, 1 млн га), друге – Китай (3,5 млн га). В Європі найвищим цей показник є у Швейцарії та скандинавських країн. В Україні площа земель, на якій вирощується органічна продукція, складає 278 тис. га.

Отже, органічне землеробство — це землеробство, яке об'єднує всі ланки сільськогосподарської системи, яке підтримує екологічно-, соціально- та економічно доцільне виробництво сільськогосподарської продукції. В його основі лежить використання локально-специфічної родючості ґрунтів як ключового елементу успішного виробництва і природного потенціалу рослин, тварин і ландшафтів. Таке землеробство спрямоване на гармонізацію сільськогосподарського виробництва і безпеки навколишнього середовища. Органічне землеробство суттєво зменшує використання зовнішніх факторів виробництва (ресурсів) шляхом обмеження застосування синтезованих хімічних шляхом добрив, пестицидів і фармпрепаратів. Замість цього для підвищення врожаїв та для захисту рослин використовуються інші агротехнологічні заходи й різноманітні природні чинники. Органічне землеробство дотримується принципів, які обумовлені місцевими соціально-економічними, кліматичними та історико-культурними особливостями.

Біодинамічне землеробство. В останні десятиріччя в країнах Західної Європи, Австралії поширення набуває також біодинамічне землеробство. Воно виникло як зворотна реакція на деградацію ґрунтів — їх дегуміфікацію, переущільнення, забруднення сільськогосподарської продукції всілякими шкідливими речовинами, погіршення якості питної води та здоров'я людей. Біодинамічне землеробство є одним з найстаріших альтернативних методів ведення сільського господарства. Воно було започатковано Рудольфом Штайнером у 1924 р. Ідейною основою цього землеробства є його антропософське вчення. Біодинамічне землеробство охоплює як духовну, так і матеріальну (природно-наукову) сторону, враховує вплив небесних світил та космосу на землю. Враховується також вплив однієї рослини на іншу.

Біодинамічна система землеробства передбачає відтворення природних сил в агроєкосистемі, відновлення саморегуляції ґрунту і його здатності знешкоджувати токсичні речовини, збудників хвороб, шкідників. Через відновлення родючості і здорового екологічного стану ґрунту передбачається отримувати екологічно стійкі неуражені хворобами рослини і тварини, що сприятиме отриманню екологічно безпечних продуктів харчування і відновленню здоров'я людей.

Основою біодинамічного методу є "оздоровлення" ґрунту прискореними темпами, навіть у порівнянні з біоорганічним землеробством. Виходять з того, що в "здоровому" ґрунті рослина не може бути вражена хворобами. Прискорене відновлення родючості досягається через реалізацію одного з головних постулатів — необхідність удобрення не самих рослин, а власне ґрунту, для чого використовуються спеціально приготовлені компости з гною. Під час виготовлення компостів, а також для підживлення рослин використовуються гомеопатичні препарати.

Р. Штайнером було розроблено шість таких препаратів. Вони виготовляються шляхом компостування коров'яку, різних трав (валеріана лікарська, деревій, кропива, кора дуба, кульбаба, ромашка) та розмеленого гірського кришталю. Компостування проводять у рогах великої рогатої худоби, які закопують у землю. Цими препаратами потім здійснюють підживлення рослин, а також обробку гною при його компостуванні.

Мета біодинамічного господарювання — створення і підтримка максимально замкненого біологічного кругообігу речовин та енергії у господарстві, гармонійних відносин у системі ґрунт — рослина — тварина — людина. Добрива використовуються тільки органічні, що походять від тварин. З цією метою передбачено утримувати строго регламентовану кількість худоби на одиницю площі сільськогосподарських угідь для забезпечення ґрунту і рослин необхідною кількістю органічної речовини і елементів живлення. Наприклад, у Швейцарії ця кількість становить 1,6 одиниць великої рогатої худоби на 1 га землі. Дозволяється також використання розмеленого кам'яного борошна (добрива з природних покладів сировини).

Біогосподарства організовують також свою особливу систему насінництва. Кожне господарство має свої сорти культур, адаптовані до місцевих умов. Фермери говорять, що 90% насіння при традиційному землеробстві міститься в хімічних фірмах, що разом з продажем насіння нав'язують і пестициди. У біоземлеробстві заборонено використовувати насіння з господарств, що займаються традиційним землеробством.

Земля розглядається не як товар, не тільки як чинник виробництва, а й як творіння природи. Землю треба обробляти розумно, свідомо. Утримання здорового ґрунту дозволить виростити чисту, не забруднену поллютантами продукцію. Для підтримання нормальних умов функціонування ґрунту насамперед необхідно створити оптимальні умови для його мікрофлори.

Про високу ґрунто-відновлювальну ефективність біодинамічного землеробства свідчать результати досліджень (табл. 23), проведених у тривалому стаціонарному досліді на бурому лісовому важко-суглинковому ґрунті поблизу м. Базель (Швейцарія).

Використання біодинамічного землеробства навіть протягом 7-8 років підвищило вміст вуглецю органічної речовини ґрунту на 0,18% у порівнянні з традиційною органо-мінеральною системою. Застосування органо-біологічної системи теж значно поступалося біодинамічній.

23. Порівняння ефективності різних систем землеробства

Показник	Система землеробства				
	Традиційна			Органична	Біодинамічна
	без добрив	мін. добрива	органомінер. добрива		
Стабільність агрегатів, мл/10 хв.	345	345	433	562	572
Щільність, г/см ³	1,30	1,20	1,23	1,23	1,25
Вміст органічної речовини, % C _{орг}	1,48	1,45	1,61	1,64	1,77
Вміст загального азоту, %	0,134	0,141	0,147	0,150	0,169
Вміст рухомого фосфору, мг/100 г	2,6	5,5	8,8	5,8	7,7
Вміст розчинного кальцію (НСІ/Н ₂ SO ₄), мг/100 г	181	178	184	196	247
Вміст біомаси мікробів, мг С/100 г	36,1	35,9	44,3	52,8	60,3
Відношення С мікробів до С _{орг}	2,4	2,5	2,7	3,2	3,4
Дихання ґрунту, мгСО ₂ за добу/100 г	25,8	27,3	29,5	30,2	32,4
Вміст біомаси дощових черв'яків, г/м ²	96	114	145	241	216
Активність каталази, мг Н ₂ О ₂ /г за 1 год	3,6	3,97	4,40	5,41	6,05

Біодинамічне землеробство сприяло також збагаченню ґрунту на азот, розчинний кальцій, що допомагає відновленню природної структурності ґрунту. Зростають всі показники, що характеризують "живу речовину ґрунту". Загальна біомаса мікроорганізмів підвищилась на 36,0% порівняно з традиційною і на 14,2% порівняно з біоорганічною системою землеробства, активність каталази — відповідно у 1,37 і 1,12 рази. Кількість дощових черв'яків зросла на варіантах біодинамічного та органіко-біологічного землеробства на 48,9-66,2%.

Біогенність ґрунту, вміст актиноміцетів і стрептоміцетів визначають здатність ґрунту до гумусоутворення. Якщо ґрунт містить 2% і більше цих мікроорганізмів від загальної їх кількості, то накопичення гумусу незадовільне, якщо 5% — відбувається достатнє його утворення.

У веденні біодинамічного господарювання велика роль відводиться удобренню ґрунту компостами та особливій техніці їх приготування. Згідно з даними Е. Пфайффера (1994), при компостуванні органічних добрив слід дотримуватись таких принципів: гній має розкластися до стану "гумусу", в ньому не повинно бути гнильного запаху; не повинно бути надмірної вологості і освітлення, має бути достатнє надходження кисню; залишки вологи відводяться дренажними канавами, викопаними навколо купи гною, що

компостується; підготовлену частину компосту заввишки 1,2 м, площею 2-4 м² обов'язково покривають шаром ґрунту товщиною 6 см (у випадку глинистих малогумусних ґрунтів вдвічі тоншим шаром); спрямування процесів розкладу, ферментації та гуміфікації у бажаному напрямі обробкою рослинними гомеопатичними препаратами (ромашка, валеріана, кропива, кульбаба та ін.). При цьому кількість бактерій зростає у десятки разів, інтенсивно працюють дощові черв'яки, перетворюючи гній на чорно-коричневу, збагачену гумусовими речовинами масу; якість гною залежить від якості корму худоби. Кращий гній тоді, коли худобу годують грубими кормами, коли вона живиться травою на пасовищі або сіном, висівками, соломою бобових тощо; дуже сирий гній слід обезвожити дренажем, а дуже суха купа, навпаки, потребує зволоження; коли перегнивання відбувається нормально, утворюється достатня кількість грибків (актиноміцетів і стрептоміцетів), вони спричиняють утворення на поверхні гною сірого нальоту.

Дуже важливо, щоб гній був не глибоко загорнений у ґрунт, оскільки необхідно, щоб він перетворився на гумус, а це такий біологічний процес, що потребує повітря, активної живої речовини, вологи. Краще загортати в шар 4-20 см, а нижче розташований шар слід глибоко розпушувати. Потрібно намагатися так проводити обробіток, щоб він не порушував природну капілярність ґрунту.

Біодинамічне землеробство має багато спільного з орґано-біологічним, тому що переслідує ту ж саму мету — відновлення родючості деґрадованих ґрунтів, отримання екологічно чистої продукції, що не несе небезпеки для здоров'я людей, охорону і збереження навколишнього середовища, створення гармонійних відносин між людиною і природою. Це реалізується через відновлення природної самореґуляції агроєкосистем і відтворення родючості та здорового екологічного середовища ґрунтової системи. Обидві системи передбачають використання лише механічних, біологічних і агротехнічних заходів боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками. Використовують, наприклад, як засіб захисту рослин екстракт із стебел хвоща польового.

Особливостями біогеодинамічного господарювання є ще й такі: використання гомеопатичних препаратів, приготовлених з коров'яку і розмеленого гірського кришталю в рогах великої рогатої худоби. Гумусовий препарат активізує біологічні процеси у ґрунті, препарат з кришталю зміцнює рослини, підвищує стійкість проти хвороб, інтенсифікує фотосинтез і асиміляцію; технологічні операції (посів, догляд за посівами, обробіток ґрунту, збирання врожаю), а також приготування компостів проводять з урахуванням не тільки природних (тобто земних), а й космічних чинників — розташування небесних світил, оскільки вони взаємопов'язані; захист рослин також забезпечується стимулюванням природних захисних функцій в рослинах, посиленням їх стійкості, відновленням самореґуляції екосистеми, стимулюванням розвитку корисних живих організмів, які знешкоджують паразитів.

Таким чином, використання біодинамічного землеробства може бути ефективним засобом боротьби з деґрадацією ґрунтового покриву, важливим інструментом охорони ґрунтів. Впровадження його має і низку проблем, перша з яких — можливе зменшення врожайності культур приблизно на 20%. Проте

не слід забувати, що деякий недобір врожаю компенсується поліпшенням якості продукції, збереженням ґрунтів, відтворенням здорового навколишнього середовища, поліпшенням якості підґрунтової і питної води, здоров'я людей.

На нашу думку, зменшення врожайності можна уникнути, якщо поєднати біодинамічне землеробство з ґрунтозахисними технологіями безполіцевого вирощування культур з розширеним відтворенням родючості ґрунтів, розроблених кафедрою ґрунтознавства та охорони ґрунтів НАУ. Навпаки, це створить передумови збільшення продуктивності агроєкосистем, формування екологічно чистих агроландшафтів.

У біодинамічному землеробстві дуже важливо дотримуватися принципу Е. Пфайффера, який він назвав "законом гумусу". Згідно з цим принципом, якщо ґрунт містить 2,5-3% колоїдного гумусу у верхньому шарі (оптимальна його потужність 100 см), то цей ґрунт створює оптимальні умови для рослин.

Однак, щоб підтримати вміст гумусу на рівні 3%, він повинен також містити певну кількість органічної речовини, що служить джерелом утворення гумусу черв'яками та мікроорганізмами. Цей вміст органічної речовини різний і залежить від клімату (в посушливих умовах — 5-6, в більш вологих — 10-12%).

Біоінтенсивне міні-землеробство. Тенденція неухильного росту продуктивності в сільському господарстві, яка довго спостерігалась на всій земній кулі, останнім часом уповільнюється. Ерозія і зменшення родючості ґрунту, зниження прибутку при збільшенні витрат — все це ускладнює вирішення проблеми продуктивності та стійкості традиційного землеробства.

Біоінтенсивне міні-землеробство (Grow Biointensive) — один із способів ведення органічного сільського господарства, що дозволяє витрачати менше ресурсів (води енергії, землі) і отримувати більш високі врожаї за рахунок спеціальних технік перекопування ґрунту і посадки культурних рослин. При правильному використанні цього методу збільшується родючість ґрунту, застосування такої технології дозволяє зберігати ресурси. Цей метод розроблено американською організацією Ecology Action і вже успішно практикується більше 30 років у багатьох країнах світу, які відчувають проблеми з продовольством. В умовах України метод може бути застосований для приватного господарства, ферм, городів і дач.

Система високопродуктивного «біоінтенсивного фермерського мінігосподарства» спирається на таких основних принципах: вирощування натуральних овочів без застосування хімічних добрив, глибока обробка ґрунту з метою забезпечення оптимального росту коренів; виробництво компостів для живлення ґрунту; інтенсивне вирощування рослин широкими рядами; змішаний посів різних культур з урахуванням сумісності рослин (поєднання зернових, коренеплодів та овочів). Система не механізована, і в той же час потреба в робочій силі мала. Для обладнання біоінтенсивних грядок на початку роботи потрібні деякі зусилля, але як тільки елементи системи встановлені, обслуговувати їх легко, оскільки більшу частину роботи виконує природа.

У США для забезпечення людині раціону з високим вмістом м'яса, при інтенсивному використанні землі потрібно 4000 м² і більше або 1000 м² необхідно для вегетаріанського раціону. Однак в країнах, що розвиваються на

душу населення сьогодні припадає лише 800 м² орних ділянок. Цей показник значно зменшиться з подальшим зростанням населення і в міру того, як опустелювання, ерозія ґрунту, урбанізація та інші небажані процеси будуть виснажувати і скорочувати площі ґрунтів.

Дослідники з Ecology Action не просто зацікавлені у вирощуванні великої кількості овочів. Їх мета - розробити методи, що дозволяють забезпечувати всі потреби людини, використовуючи при цьому можливо менші площі. Вони проводять експерименти з інтенсивного виробництва зернових, бобових та інших висококалорійних культур. Значна частина їх зусиль спрямована на вирощування культур для компостування, з метою відтворення родючості ґрунту.

Багато з методів біоінтенсивного мініатюризованого сільсько-господарського виробництва відомі в Китаї і інших частинах світу вже протягом століть. Деякі східно-азійські системи, що поєднують сільське господарство з аквакультурою, отримують дуже високий, вихід харчових калорій або білка з дуже невеликих ділянок. Зазвичай кілька елементів системи встановлюються один на одного штабелем по вертикалі: наприклад, кролі, відходи яких потрапляють в ставок, де розводиться риба, або водойму, де плавають качки, і удобрюють його; в свою чергу, водойма з'єднується з рисовими чеками і овочевими грядками, відходами від яких живляться кролі.

ЕМ – технології в рослинництві. Відомо, що урожайність рослин залежить від родючості ґрунту, в свою чергу родючість ґрунту створює “жива речовина”, яка складається з мільярдів ґрунтових бактерій, мікроскопічних грибків, хробаків та інших живих організмів. Так, біомаса мікроорганізмів в 1 г чорнозему налічується до 2-2,5 млрд., що становить 15-20 т/га. Перероблюючи органічні рослинні залишки та мінеральні речовини, бактерії забезпечують харчування хробаків, що виробляють до 123 т/га копролитів, які істотно поліпшують структуру і родючість ґрунту. Ні мінерали, ані органіка, самі по собі не переходять у засвоювану форму. Цю функцію виконують мешканці ґрунтів, про яких і необхідно піклуватися у першу чергу. Така постановка питання в проблемі ґрунтів вимагає від агрономів зміни традиційного мислення, відмови від глибокої полицевої оранки.

У ХХ ст. через інтенсивний обробіток ґрунту із оборотом скиби родючість ґрунту різко знизилась. Вчені переконливо довели, що глибока оранка і перекопування ґрунту є одним з факторів, що пригнічує активність мікроорганізмів та ґрунтової фауни, порушує його структуру. Вже через 3 роки після освоєння нових земель кількість гумусу стрімко падає, урожайність знижується, імунітет рослин ослаблюється, поширюються шкідники і хвороби.

Так, до середини ХХ ст., внаслідок інтенсивного впливу людини на природу, світ втратив 1/5 частину, або 20 % родючого шару ґрунту. Через те що на відновлення природної родючості звичайним шляхом потрібно від 20-30 до 100-200 років, а процес інтенсивного землеробства не зупинити, через 20-40 років багато країн світу стикнуться з проблемою значної втрати родючості.

Розвиток інтенсивних технологій в ХХ ст. також сприяв широкому застосуванню різних хімічних засобів у сільськогосподарському виробництві.

Але хімічні засоби захисту рослин – пестициди – забезпечували лише короткочасне вирішення проблеми урожаю і викликали ланцюг негативних явищ у навколишньому середовищі, в тому числі і погіршення здоров'я населення. Із 4-5 млн. т пестицидів, що використовуються в світі, лише 1% безпосередньо діє на шкідників рослин і збудників хвороб. Решта 99% високотоксичних речовин діють на інші організми, фільтруються в ґрунті, змиваються у водойми, розносяться вітром, забруднюючи навколишнє середовище і погіршують здоров'я людей.

Інтенсивна хімізація полів знищила мікрофлору і фауну ґрунтових організмів – основних виробників родючості ґрунту. Крім того, через привикання шкідників до пестицидів ефективність їх застосування стійко знижується, що потребує для досягнення бажаного результату постійного збільшення їх кількості. Так, на Україні забруднення ґрунтів на березень 2001 р. становила від 3,5 до 16,9 т на гектар.

Саморегуляція в агроценозах відбувається не так активно, як в природних біоценозах. Це призводить до наростання негативних компонентів – чисельності шкідників, ураження рослин хворобами, збільшення кількості забур'янювачів. Одночасно йде забур'янення, порушення мікрофлори ґрунту, а застосування хімічних засобів поглиблює цей процес.

Ще одну серйозну екологічну проблему створило внесення в ґрунт мінеральних добрив, що також призвело до збільшення втрати гумусу ґрунтами. Діючи як допінг, такі добрива вижимають із ґрунту останні соки.

Для того, щоб виснажений ґрунт міг давати достатній урожай, необхідно вносити в нього добрива, збалансовані хоча б за макро- і мікроелементами, що здійснити практично неможливо через високу вартість. Але навіть і внесення всіх необхідних елементів у ґрунт не зможе поповнити в ньому біологічно активні речовини, такі як ферменти, вітаміни, кислоти та ін. А особливо без них ні ґрунт, ні рослина не можуть бути здоровими та забезпечувати достатню урожайність. Надлишкове внесення мінеральних добрив призвело до нагромадження їх залишків у ґрунті, ґрунтових водах, рослинній і тваринній продукції. В результаті нітратного забруднення кормів і продуктів харчування збільшується кількість хвороб рослин, тварин та людини.

Створилась ситуація, коли інтенсивне застосування важкої сільськогосподарської техніки на землі, а також внесення пестицидів, штучних добрив і хімічних фармпрепаратів порушує природні закони еволюції. Порушилась саморегуляція в живій природі, ослабли захисні сили рослин, тварин і людини.

З точки зору інтересів збереження здоров'я людей і біосфери, єдиною правильною стратегією, напевно, є поступова відмова від використання хімічних препаратів у сільському господарстві та застосування комплексу альтернативних, екологічно чистих технологій. Хімічні засоби повинні залишитись лише, як інструмент екстреного впливу в критичних ситуаціях, але не в повсякденній практиці.

Одним із найбільш дієвих шляхів виходу з кризової ситуації є швидке і масове впровадження ЕМ-технології.

ЕМ-технологія (застосування ефективних мікроорганізмів для стійкого симбіозу із рослинами, який сприяє забезпеченню їх живленням і придушенню патогенної мікрофлори) – один із самих перспективних напрямків розвитку аграрного виробництва ХХІ ст. Засновником ЕМ-технології є японський професор, мікробіолог Тєруо Хіга. У 1988 році він створив надскладний комплекс із корисних бактерій, який назвав ефективними мікроорганізмами (ЕМ) – звідси і назва – "ЕМ-технологія". Ним були відібрані 86 штамів, які виконували увесь спектр функцій з живлення рослин, їх захисту від хвороб та оздоровлення ґрунтового середовища.

ЕМ – технології не замінюють традиційні сільськогосподарські технології, але можуть значно підвищити їхню ефективність. Такі препарати будуть насправді ефективними за умови, якщо комплекс мікроорганізмів виділено із природного середовища зони, де планується їх застосовувати.

Складною задачею було поєднання всіх ЕМ у концентрованому розчині, в якому вони могли б тривалий час існувати, при цьому умови життєдіяльності деяких з них прямо протилежні, наприклад, наявність або відсутність кисню. Але складна задача була успішно вирішена і успіх виявився приголомшуючим. Зі створенням ЕМ – препарату була створена нова технологія екологічного землеробства.

Виникнувши в Японії, ЕМ-технологія визнана сьогодні всім світовим товариством, в останні десятиліття вона впроваджується як частина національної політики в багатьох країнах світу: в Японії, Кореї, США, Канаді, Німеччині, Польщі, Австралії, Англії та ін.

При внесенні в ґрунт препарат ЕМ-1 радикально впливає на біоценоз ґрунту, пригнічує його патогенну мікрофлору. В результаті здійснюється налаштування основної маси мікроорганізмів на більш інтенсивне функціонування. Такий ґрунт протягом 3-5 років практично повністю відновлює свою високу природну родючість без застосування хімічних добрив і пестицидів. При мінімальних затратах праці із таких ґрунтів можна буде збирати максимально можливі врожаї високої якості.

Головною причиною виняткової багатофункціональності ЕМ – препарату є дуже широкий діапазон дії мікроорганізмів, які входять до його складу. До найбільш великих груп мікроорганізмів, які входять до складу ЕМ – препарату, належать:

Фотосинтезуючі бактерії – синтезують корисні речовини, що використовують сонячне світло та тепло ґрунту, синтезовані речовини містять у собі амінокислоти, біологічно активні речовини та цукри сприяють розвитку і росту рослин.

Молочнокислі бактерії виробляють молочну кислоту з органічних речовин, утворених фотосинтезуючими бактеріями та дріжджами. Молочна кислота є сильним стерилізатором, який придушує шкідливі мікроорганізми та прискорює розкладання органічної речовини. Молочнокислі бактерії розкладають лігніни та целюлозу, ферментують ці речовини, придушують *Fusarium* та нематоди.

Азотфіксуючі бактерії поглинають атмосферний азот і закріплюють його у вигляді азотних з'єднань, збільшують його запас у ґрунті.

Дріжджі синтезують біологічно активні речовини з амінокислот і цукрів, які продукуються фотосинтезуючими бактеріями та корінням рослин. Секреції дріжджів – корисні субстрати для молочнокислих бактерій і актиноміцетів.

Актиноміцети виробляють антибіотичні речовини – антибіотики, які придушують ріст шкідливих грибів і бактерій.

Ферментуючі гриби роду *Aspergillus* і *Penicillium* швидко розкладають органічні речовини, виробляють етиловий спирт, складні ефіри й антибіотики. Вони запобігають зараженню ґрунту шкідливими комахами та личинками.

Були проведені численні експерименти та промислові дослідження препарату в багатьох російських регіонах і країнах СНД, які показали високу його ефективність. Так, тільки передпосадкове замочування овочевого насіння при наступному вирощуванні культур звичайним способом, збільшує врожай на 10-60%. Однократне обприскування сходів ЕМ – препаратом у концентрації 1:1000 дає збільшення врожайності на 10-30%. ЕМ – технологія істотно підвищує стійкість рослин до хвороб, шкідників, несприятливих погоди їх факторів, зокрема до посухи та заморозків.

Досвід застосування ЕМ – технологій в Запорізькій області ТОВ “Данко”, при вирощуванні озимої пшениці показав суттєву перевагу над звичайними технологіями: в порівнянні із стандартними на кожному гектарі отримано додатково до 15 центнерів пшениці та 10 – соняшнику. На п'ятий рік застосування ЕМ – технологій рентабельність може сягнути двохсот відсотків. Найбільш ефективним в цій технології є внесення ЕМ – препарату в період серпень-вересень до посівів озимих культур.

Дослідженнями Н. М. Волошиної (2007), встановлено, що застосування ЕМ-препаратів на ячмені ярого в рядки при сівбі та обприскуванні вегетуючих рослин культури призводить до швидшого розвитку кореневої системи та збільшення на 30-38% листостебельної маси, зменшення на 16-20% рослин уражених кореневими гнилями, збільшення кількості продуктивних стебел та збільшення врожайності на 0,54 т/га. Крім того внесення ЕМ препарату сприяло зниженню на посівах ячменю ярого чисельності сисних шкідників – попелиць, трипсів, клопів-сліпняків. При застосуванні даного препарату на посівах соняшнику (обробка насіння та на вегетуючих рослинах) зменшилася ураженість сходів гнилями на 9,4–10,2% та бактеріозом на 3,3-4,6%. Відмічено кращий, проти необробленого контролю, розвиток рослин, вирівняність і збереження оптимальної (50 тис./га) густоти стояння навіть в екстремально-посушливих умовах 2007 року.

На українському ринку вже з'явилися американські та канадські біопрепарати для сої. У розвинутих країнах продаж насіння бобових разом із відповідним мікробним препаратом є нормою, адже ці культури дають найкращий ефект від штучної інокуляції.

На основі концентрату ЕМ-1 виробляються цілий ряд похідних спеціалізованих препаратів. Вони використовуються у польових умовах: для обробки ґрунту, посівного матеріалу та вегетативної маси рослин; у закритому

ґрунті: для приготування ґрунтосумішей, обробки ґрунту теплиць, обробки посівного матеріалу, вирощування розсади, обробки рослин.

Але загалом ЕМ-технологія багатофункціональна за своїми можливостями і може знайти застосування в різних галузях народного господарства: при виробництві сільськогосподарської продукції без застосування хімічних добрив і пестицидів, у відновленні природної родючості ґрунту, у виробництві ферментированих добрив, кормів і біодобавок до них, при вирощуванні здорових тварин і птиці, переробці промислових і побутових відходів, при виробництві медпрепаратів для лікування людей, для використання в побуті і т. д.

На сьогоднішній день у сільському господарстві рівних даній технології немає. При дбайливому використанні природних ресурсів і мінімальних фінансових та людських затратах можливо отримати екологічно чисті продукти харчування високої якості і, як наслідок, якісно покращити здоров'я населення.

Підраховано, що комплексне застосування ЕМ-технології в два- три рази зменшує затрати на вирішення екологічних проблем, забезпечення продуктами харчування і на медичне обслуговування!

Переходячи на ЕМ-технологію, необхідно пам'ятати, що ефективність роботи ЕМ залежить від сприйняття і дотримання таких постулатів:

- Будь-яке хімічне підживлення діє на ґрунт як наркотик, погіршуючи його біологічні властивості. Більшість поживних елементів є в достатній кількості навіть у найбідніших ґрунтах. Рослинам вони можуть бути доступні в необхідних кількостях завдяки життєдіяльності мікроорганізмів.
- Слід забезпечити живленням не самі рослини, а підживлюючи їх мікроорганізми, які, в свою чергу, забезпечать рослини необхідними поживними речовинами. Харчуванням для цих мікроорганізмів служить органіка ґрунту.
- Чим більше в ґрунті ЕМ, тим вище її родючість. ЕМ вносяться в ґрунт за допомогою отриманих на основі ЕМ-препарату добрив і препаратів.
- Внесенні мікроорганізми забезпечують живленням рослини, а також сприяють розвитку інших, більш високорозвинених і продуктивних організмів.
- Необхідно обмежитися тільки поверхневою обробкою ґрунту на глибину до 5-10 см.
- Природна структура ґрунту щонайкраще захищається мульчуванням.

Досвід високорозвинених країн світу свідчить про великі перспективи ЕМ-технології, як одного з головних напрямків розвитку органічного землеробства.

Таким чином, сьогодні існує цілий ряд альтернативних систем землеробства, застосування яких дозволяє вирішувати як проблеми збереження і відновлення родючості ґрунту, так і отримання сталих високих і якісних урожаїв вирощуваних культур.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Методичне забезпечення:

1. Конституція України. К., 2005.
2. Земельний кодекс України від 13.03 1992 р.
3. Закон України „Про охорону земель”. Урядовий кур’єр („Орієнтир”). №29. 06.08.2003.
4. Закон України „Про охорону навколишнього природного середовища”. Урядовий кур’єр („Орієнтир”).
5. Закон України „Про державний контроль за використанням та охороною земель”. Урядовий кур’єр („Орієнтир”). № 27. 23.07.2003.
6. Андрейцев В.І. Екологічне та земельне право. К., 1996.
7. Методика моніторингу земель, що перебувають у кризовому стані. Харків : Вид-во ін-ту ґрунтознавства і агрохімії ім.О.Н.Соколовського, 1998. 88с.
8. Охорона ґрунтів : підручник / М.К.Шикула, О.Ф.Гнатенко, Л.Р.Петренко, М.В. Капштик. 2-ге вид., випр. К.: Т-во Знання”, КОО, 2004. 398 с.
9. Сохнич А. Моніторинг земель : підручник / А. Сохнич, М. Богіра, В. Горлачук, Д. Солярчук, І. Песчанська / За ред. д.е.н. Сохнич А.Я. Львів : “Компанія Манускрипт”, 2008. 264 с.
- 10.Єрмоленко В.М. Правове забезпечення охорони та раціонального використання земельних ресурсів : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В.М. Єрмоленко, В.І. Курило, Т.С. Кичилюк / За заг. ред. В.І. Курила. К.: Магістр-XXI ст., 2007. 248 с.

Базова література

1. Шикула М.К., Гнатенко О.Ф., Петренко Л.Р., Капштик М.В. Охорона ґрунтів. К.: Знання, КОО, 2001. 398 с.
2. Городній М.М., Шикула М.К., Гудков І.М. Охорона та відтворення родючості ґрунтів. К.: Вища школа, 1993 416 с.
3. Крикунов В.Г., Полупан Н.И. Почвы СССР и их плодородие. К. Вища школа, 1982. 320 с.
4. Крикунов В.Г. Ґрунти і їх родючість, К. Вища школа, 1993 г. С.288.
5. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т. 1-2 (под ред. Полупана Н.И.), К.: Урожай, 1988.
6. Куценко О.М., Писаренко В.М. Агроекологія. К.: Урожай, 1995. 254 с.
7. Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. Агроекологія М.: Колос, 2000. 536 с.
8. Лабораторний практикум з агроекології. Дніпропетровськ, ДДГАУ, 2001.
9. Черняк В.І., Гнуходід В.П. Ґрунти Дніпропетровської області. Дніпропетровськ: "Промінь", 1969. 82 с.

10. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур / За ред. В.В. Медведева. К.: Аграрная наука, 1997. 162 с.
11. Бегей С.В., Шувар І.А. Екологічне землеробство: Підручник. Львів : Новий світ-2000, 2007. 429 с.
12. Гаськевич В.Г. Теоретичні основи і прикладні аспекти деградації ґрунтів Малого Полісся: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора геогр. наук: спец. 11.00 05 “Біогеографія та географія ґрунтів” / В.Г. Гаськевич. Львів, 2010. 38 с.
13. Гаськевич В.Г., Позняк С.П. Осушенні мінеральні ґрунти Малого Полісся. Львів.: Видавн. Центр ЛНУ ім. І. Франка, 2004. 256 с.
14. Деградация и охрана почв / Под общей ред. акад. РАН Г.В. Добровольского. М.: Изд-во МГУ, 2002. 654 с.
15. Добряк Д.С., Канаш О.П., Розумний І.А. Класифікація та екологіобезпечне використання сільськогосподарських земель. Наукова монографія. К.: Ін-ут землеустрою УААН, 2001. 309 с.
16. Закон України “Про охорону земель” № 962-IV: Прийнятий 19 червня 2003 року // Офіц. Вісн, 2003. № 29. С. 1431.
17. Зайдельман Ф.Р., Шваров А.П. Пирогенная и гидрогенная деградация торфяных почв, их агроэкология, песчаные культуры земледелия, рекультивация. М.: Изд-во МГУ, 2002. 168 с.
18. Земельний кодекс України. Л.: НВФ “Українські технології”, 2001.-80 с.
19. Земельні ресурси України. / За ред. В.В. Медведева. К.: Аграрна наука, 1998. 148 с.
20. Крупеников И.А. Черноземы. Возникновение, совершенство, трагедия деградации, пути охраны и возрождения. Кишинэу : изд-во “Pontos”, 2008. 288 с.
21. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. Харьков: ПФ Антикава, 2002. 428 с.
22. Медведев В.В., Лактіонова Т.М., Греков Л.Д. типологія і оцінка небезпечних явищ у ґрунтовому покриві України / Ґрунтознавство. 2004. Т.5. №3-4. С.13-23.
23. Позняк С.П., Красеха Є.Н., Кіт М.Г. Картографування ґрунтового покриву. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. 500 с.
24. Программа освоения деградированных земель и повышения плодородия почв. Часть I. Мелиорация деградированных земель / Под ред. С.В. Андриеша. Кишинэу : изд-во “Pontos”, 2005. 232 с.
25. Программа освоения деградированных земель и повышения плодородия почв. Часть II. Повышение плодородия почв / Под ред. С.В. Андриеша. Кишинэу : изд-во “Pontos”, 2005. 148 с.
26. Пшевлоцький М.І., Гаськевич В.Г. Ґрунти Сокальського пасма і їх агротехногенна трансформація. Львів.: Видавн. Центр ЛНУ ім. І.Франка, 2002. 180 с.

27. Сохнич А.Я. Моніторинг земель: технологічні засади /Сохнич А.Я., Горлачук В.В., Смірнов Є.І, Сохнич О.А. / За ред. доктора економічних наук А.Я. Сохнича. Львів: НВФ “Українські технології”, 2005. 116 с.
28. Эрозия почв. Сущность процесса. Последствия, минимализация и стабилизация / Отв. ред. Д.Д. Ноур. Кишинэу : изд-во “Pontos”, 2001.— 428 с.

Допоміжна література

1. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / За ред. Є. Г. Дегодюка. К.: Урожай, 1992. 309 с.
2. Кант Гюнтер Биологическое растениеводство: возможности биологических агросистем. М.: Агропромиздат, 1988. 207 с.
3. Куценко А М, Писаренко В Н Охрана окружающей среды в сельском хозяйстве. К.: Урожай, 1991. 197 с.
4. Моргун Ф. Т., Шикула М. К., Тарарико О. Г, Грунтозащитное землеробство. К.: Урожай, 1988 256 с.
5. Моргун Ф.Т., Шикула Н.К. Почвозащитное бесплужное земледелие. М.: Колос, 1984. 279 с.
6. Ю.А. Тарарико Формирование устойчивых агроэкосистем. Киев: ДИА, 2007. 560 с.
7. Городний Н.М; Мельник. И.А., Повхан М.Ф. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве К.: Урожай, 1990. 255 с.
8. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивація земель. /за. ред. П.П. Надточія та Т.М. Мисливої. Житомир : ДАУ, 2007. 540 с.
9. Гудков И. Н Основы общей и сельскохозяйственной радиобиологии К.: из-во УСХА, 1991-326 с.
10. Захаров П. С. Эрозии почв и меры борьбы с ней. М.: Колос, 1971. 187 с.
11. Лазаренко П.И. Эколого-биологические основы сельскохозяйственного районирования территорий. Днепропетровск : Пороги, 1995. 476 с.
12. Микроорганизмы и охрана почв / Под ред. Д. Т. Звягинцева. - М: изд-во Моск. ун-та, 1989. 206 с.
13. Агропочвоведение / В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, И.С. Кочетов, Д.В. Муха; Под ред. В.Д. Мухи. М.: Колос, 1994. 528 с.
14. Агроэкология / Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. М.: Колос, 2000. 536 с.
15. Гаськевич В.Г. Ерозійна деградація ґрунтів Малого Полісся: географія, причини, наслідки, шляхи подолання // Наукові записки ВДПУ ім. Михайла Коцюбинського. Серія : Географія. Вінниця, 2006.— Вип. 12. С. 9-18.

16. Гаськевич В.Г. Ерозійна деградація сірих лісових ґрунтів Пасмового Побужжя // Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2006. Випуск 33. С. 62-69.
17. Гаськевич В., Нецик М. Пірогенна деградація ґрунтів Малого Полісся : ґрунтово-екологічні і соціально-економічні аспекти // Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2008. Випуск 35. С. 49-57.
18. Козловський Б.І. Меліоративний стан осушуваних земель західних областей України. Л.: Євросвіт, 2005. 420 с.
19. Моніторинг земель кризового стану. Львів : ЛДАУ, 1996. 40 с.
20. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т.2. Продуктивность почв, пути ее повышения, мелиорация, защита почв от эрозии и управление плодородием /под ред. Б.С. Носко, В.В. Медведева, Р.С. Трускавецкого, Г.Я. Чесняка. К.: Урожай, 1988. 176 с.
21. Родючість ґрунтів: моніторинг та управління./ За ред. В.В. Медведева. К.: Урожай, 1992. 248 с.
22. Сохнич А. Я. Проблеми використання і охорони земель в умовах ринкової економіки. Монографія. Львів: НВФ "Українські технології", 2002. 252с.
23. Толчельников Ю.С. Эрозия и дефляция почв. Способы борьбы с ними. М.: Агропромиздат, 1990. 158 с.
24. Томашівський З.М., Завірюха П.Д. Адаптивні системи землеробства. Навчальний посібник. Львів : Львів. держ. аграр. Ун-т, 2002. 184 с.
25. Шидула М.К., Антонець С.С. та ін. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні. К.: Оранта, 2000. 390 с.
26. Шляхи підвищення родючості ґрунтів у сучасних умовах сільськогосподарського виробництва. / За ред. Б.С. Носка. К.: Аграрна наука. 1999. 110 с.
27. Статті в наукових журналах "Почвоведение", "Агрохімія і ґрунтознавство", "Земельний кадастр", "Ґрунтознавство", "Вісник аграрної науки", вісниках і наукових записках вузів. Бібліотека, інтернет.